



Ecole nationale Vétérinaire d'Alfort

MASTER 2^{ème} ANNEE
Santé publique Paris Sud-Saclay et Santé UPEC DOMINANTE
SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE DES MALADIES HUMAINES ET ANIMALES

RAPPORT DE STAGE

Evaluation qualitative du risque d'introduction de la Fièvre de la Vallée du Rift à Maurice à partir du Kenya, de l'Afrique du sud et de Rodrigues

Présenté par
NANGO Audrey Suzie

Réalisé sous la direction de : Dr Éric CARDINALE et Dr Cécile SQUARZONI DIAW

Organisme : Centre de coopération international de recherche agronomique pour le développement (CIRAD), unité ASTRE, Sainte-Clotilde, Réunion

Période du stage : 13 Janvier au 15 juin 2020

Date de soutenance : Jeudi 25 juin 2020

Année universitaire : 2019-2020

DIFFICULTEES RENCONTREES PENDANT LE STAGE EN RAISON DE LA CRISE MONDIALE DU COVID-19

Le début du confinement en république Française (métropole et territoire d'outre-mer) le 17 Mars 2020 engendrant la fermeture des aéroports ne me permettait plus de me rendre à Maurice pour effectuer les travaux de terrain pour le sujet de stage initialement prévu à savoir l'évaluation OASIS de la surveillance des ruminants à Maurice. Face à cette situation, les responsables des services vétérinaires Mauriciens ont approuvé que l'élaboration de ce travail allait s'avérer pénible en distanciel (Appels Skype ou téléphoniques) et qu'ils ne pouvaient pas prendre sur eux l'engagement de nous guider de manière systématique face aux difficultés qu'engendreraient la situation, du fait de leurs occupations et tâches professionnelles qui les incombent.

Aux vues de ces contraintes, un nouveau sujet de stage m'a été octroyé mi-mars. Il fallait donc trouver un sujet réalisable dans le temps qui m'était imparti et qui répondrait aux livrables du projet TROI sur lequel mon stage était financé. Le nouveau thème de travail porte donc sur l'analyse qualitative du risque d'introduction de la Fièvre de la Vallée du Rift à Maurice. Sujet qui a été confirmé le 19 mars 2020 et dont les travaux devaient être restitués le 12 juin 2020. L'essentiel de ce travail a été effectué en télétravail et les quinze derniers jours ont permis de réaliser des réunions en présentiels avec les encadrants. L'équipe d'experts a été constituée d'épidémiologistes, d'experts de la maladie et moi-même.

REMERCIEMENTS

Au Docteur Éric CARDINALE

Du Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, qui m'a guidée, conseillée et accompagnée dans la réalisation de ce travail. Sincère reconnaissance.

Au Docteur Cécile SQUARZONI DIAW

Du Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, qui m'a accompagnée au cours de cet exercice, merci pour ta disponibilité et ton intérêt pour ce travail. Sincères remerciements.

Au Docteur BEEHARY, Directeur des Services Vétérinaires de Maurice.

A l'équipe du CIRAD-ASTRE Réunion, pour leur accueil, leurs bienveillants conseils et les bons moments passés ensemble. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma grande gratitude.

A toute l'équipe enseignante du Master pour tout l'encadrement et les notions reçues. Sincères remerciements.

A mes parents, pour leur amour et soutien indéfectible. Je vous aime !

A mes frères et sœurs, pour leur confiance sans faille et leurs encouragements. Merci.

A tous mes camarades du Master SEHMA, j'ai été ravie de faire votre connaissance et j'espère qu'on restera en contact.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et qui n'ont pas été cités ici, je vous adresse mes remerciements.

RESUME

ANALYSE QUALITATIVE DU RISQUE D'INTRODUCTION DE LA FIEVRE DE LA VALLEE DU RIFT A MAURICE

La Fièvre de la Vallée du Rift est une maladie contagieuse qui affecte principalement les bovins, ovins et caprins. Le pathogène identifié est le *Phlebovirus* appartenant à la famille des *Bunyaviridae*. La clinique est marquée par un fort taux d'avortement surtout chez les ovins, avec des conséquences économiques importantes. Elle est actuellement présente en Afrique, au Moyen-Orient et sur les îles de l'Océan Indien. La méthode d'analyse qualitative de risque proposée par un groupe d'experts de l'AFSSA a été appliquée, basée sur la démarche générale recommandée par l'organisation mondiale de la santé animale (OIE).

L'élaboration de schémas conceptuels a permis de décrire les séquences possibles d'introduction du VFVR à Maurice. Les probabilités de chaque événement ont été estimées, de même que les conséquences de l'apparition d'un éventuel foyer de FVR. Le risque estimé est variable selon les différentes voies d'introduction identifiées, le statut immunitaire des cheptels et les conditions climatiques. Il est globalement qualifié de « nul à peu élevé » (0 à 6 sur une échelle de 0 à 9) et préconise que l'ensemble des mesures de gestion du risque soient mises en œuvre dans les domaines de la circulation des animaux, de la couverture vaccinale et de la surveillance épidémiologique.

Mots clés : Fièvre de la Vallée du Rift, Analyse qualitative de risque, Risque, Maurice, Introduction, Schémas conceptuels, mesures de gestion du risque.

SUMMARY

QUALITATIVE ANALYSIS OF THE RISK OF INTRODUCTION OF RIFT VALLEY FEVER INTO MAURITIUS

Rift Valley Fever is a contagious disease that mainly affects cattle, sheep and goats. The identified danger is the *Phlebovirus* belonging to the family *Bunyaviridae*. It is marked by a high rate of abortion, especially in sheep, with important economic consequences. It is currently present in Africa, the Middle East and on the islands of the Indian Ocean. The qualitative risk analysis method proposed by a group of experts from AFSSA was applied, based on the general approach recommended by the World Organisation for Animal Health (OIE).

The development of concept maps was used to describe the possible sequences for the introduction of RVF in Mauritius. The probabilities of each event were estimated, as well as the consequences of a possible RVF outbreak. The estimated risk is variable according to the different pathways identified, the immune status of the herds and climatic conditions. It is generally described as "zero to low" (0 to 6 on a scale of 0 to 9) and recommends that all risk management measures be implemented in the areas of animal movement, vaccination coverage and epidemiological surveillance.

Keywords: Rift Valley Fever, Qualitative Risk Analysis, Risk, Mauritius, Introduction, Concept maps, risk management measures.

SOMMAIRE

DIFFICULTEES RENCONTREES PENDANT LE STAGE EN RAISON DE LA CRISE MONDIALE DU COVID-19	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME.....	iv
SOMMAIRE	v
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES ABREVIATIONS	x
INTRODUCTION.....	1
PARTIE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	2
CHAPITRE I : NOTIONS SUR LA FIEVRE DE LA VALLEE DU RIFT	2
II.1 GENERALITES	2
II.1.1 Définition.....	2
II.1.2 Etiologie et classification	2
II.1.3 Espèces sensibles et vecteurs.....	2
II.1.4 Historique et répartition géographique – importance	3
II.2 MODALITES DE TRANSMISSION	4
II.2.1 Transmission vectorielle.....	4
II.2.2 Transmission verticale.....	4
II.2.3 Transmission directe.....	5
II.3 ETUDE CLINIQUE DE LA FVR.....	5
II.3.1 Manifestations cliniques de la FVR chez l’animal (incubation, virémie, symptomatologie, lésions).....	5
II.3.2 Manifestations cliniques de la FVR chez l’homme.....	6
II.4 EPIDEMIOLOGIE DESCRIPTIVE	6
II.4.1 Incidence et prévalence chez les animaux domestiques en période d’épizootie	6
II.4.2 Incidence et prévalence chez les animaux domestiques en période inter-épizootique	6
II.4.3 Incidence chez l’homme.....	7
II.5 TRAITEMENT ET PROPHYLAXIE	7
II.5.1 Traitement	7
II.5.2 Prophylaxie.....	7
CHAPITRE II : LA DEMARCHE D’ANALYSE DE RISQUE EN EPIDEMIOLOGIE ANIMALE... 8	
II.1 DEFINITIONS	8
II.2 GENERALITES SUR LA DEMARCHE	8
II.2.1 Notions de danger et de risque	8
II.2.2 Méthode et objectifs	8
II.3 LA DEMARCHE PROPOSEE PAR UN COMITE D’EXPERTS SPECIALISE DE L’AFSSA	
9	
II.3.1 Les étapes de la méthode.....	9
II.3.2 Appréciation des différentes probabilités	9
II.3.3 Modalités de croisement des estimations obtenues	10

PARTIE II : ANALYSE QUALITATIVE DU RISQUE D'INTRODUCTION DE LA FIEVRE DE LA VALLEE DU RIFT A MAURICE A PARTIR DU KENYA, DE RODRIGUES ET DE L'AFRIQUE DU SUD	11
CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODE	11
I.1 CADRE DE L'ETUDE	11
I.2 RECOLTE DES DONNEES	11
I.3 METHODE D'ANALYSE DE RISQUE	11
I.3.1 Détermination des paramètres à considérer	11
I.3.2 Appréciation collégiale des divers paramètres	12
CHAPITRE II : RESULTATS	12
II.1 IDENTIFICATION DU DANGER ET SCHEMAS CONCEPTUELS	12
II.2 APPRECIATION DE L'EMISSION	13
II.2.1 Probabilité d'introduction de la FVR par l'importation d'animaux vivants infectés	13
II.2.1.1 Probabilité d'infection d'un animal	14
II.2.2 Probabilité d'introduction de la FVR par l'importation d'un produit animal infecté	15
II.2.3 Probabilité d'introduction de la FVR par l'introduction de vecteurs infectés	17
II.2.4 Probabilité d'introduction de la FVR par l'introduction de voyageurs virémiques	20
II.3 APPRECIATION DE L'EXPOSITION	21
II.3.1 Quantité de virus importée	22
II.3.2 Probabilité de contact entre un acteur local du cycle (animaux, vecteurs, humains) et la source de virus	22
II.4 ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE SURVENUE D'UNE EPIZOOTIE DE FVR A MAURICE	24
II.4.1 Estimation de la probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir d'un animal vivant infecté	25
II.4.2 Estimation de la probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un produit animal infecté	26
II.4.3 Estimation de la probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un vecteur infecté	27
II.4.4 Estimation de la probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un voyageur virémique	27
II.5 CONSEQUENCES D'UNE EPIDEMIE DE FVR A MAURICE	28
II.5.1 Conséquences en santé animale	28
II.5.2 Conséquences en santé humaine	29
II.5.3 Bilan de l'appréciation des conséquences	30
II.6 ESTIMATION GLOBALE DU RISQUE D'UNE EPIZOOTIE DE FVR A MAURICE	31
II.6.1 Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir d'un animal infecté	31
II.6.2 Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de produits animaux infectés	34
II.6.3 Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir d'un vecteur infecté	35
II.6.4 Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir d'un voyageur infecté	36
CHAPITRE III : DISCUSSION	37
III.1 CADRE DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE	37
III.2 ANALYSE DES RESULTATS	37

III.3 RECOMMANDATIONS POUR LA GESTION DU RISQUE.....	38
III.3.1 Réduction de la probabilité d'émission	38
III.3.2 Anticiper l'apparition d'un cas à Maurice	38
CONCLUSION	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	41
ANNEXES	44

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les genres de la famille des Bunyaviridae (Gaelle Nicolas, 2018)	2
Figure 2 : Composantes de l'analyse de risque, (OIE, 2008b).....	8
Figure 3 : Composition de l'appréciation du risque, (OIE, 2008b).....	9
Figure 4 : République de Maurice (Matthieu ROGER, 2008)	11
Figure 5 : Composition du risque de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice	13
Figure 6 : Composition de la probabilité d'introduction d'un animal infecté à Maurice.....	13
Figure 7 : Composition de la probabilité d'introduction d'un produit d'origine animale contaminé à Maurice.	16
Figure 8 : Composition de la probabilité d'introduction d'un vecteur infecté à Maurice.....	17
Figure 9 : Composition de la probabilité d'introduction d'un voyageur virémique à Maurice.	20

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Sensibilité de plusieurs espèces au virus de la FVR (pouvant varier parfois entre individus jeunes et adultes) (Swanepoel, R. et Coetzer, J.A.W., 2004).....	3
Tableau 2 : Principales épidémies (Afssa, 2008).....	7
Tableau 3 : Correspondance entre l'échelle ordinale et les qualificatifs utilisés pour caractériser les probabilités et le risque en évaluation qualitative du risque (Afssa, 2008).....	10
Tableau 4 : Notation proposée pour l'appréciation des conséquences.....	10
Tableau 5 : Probabilité d'introduction d'un animal infecté à Maurice.....	15
Tableau 6 : Probabilité d'introduction de produits animaux contaminés à Maurice.....	17
Tableau 7 : Probabilité d'introduction de vecteurs infectés à Maurice.....	19
Tableau 8 : Probabilité d'introduction de voyageurs virémiques à Maurice.....	21
Tableau 9 : Probabilité d'exposition à partir des différentes sources de VFVR.....	24
Tableau 10 : Probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir d'un animal infecté.....	25
Tableau 11 : Probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir d'une viande contaminée.....	26
Tableau 12 : Probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un vecteur infecté.....	27
Tableau 13 : Probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un voyageur virémique.....	27
Tableau 14 : Conséquences en santé animale d'une épizootie de FVR à Maurice.....	30
Tableau 15 : Conséquences en santé humaine d'une épizootie de FVR à Maurice.....	30
Tableau 16 : Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un animal vivant infecté.....	32
Tableau 17 : Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un produit animal infecté.....	34
Tableau 18 : Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un vecteur infecté.....	35
Tableau 19 : Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un voyageur infecté.....	36

LISTE DES ABREVIATIONS

AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments, devenue Anses en 2010

CIRAD : Centre de coopération international de recherche agronomique pour le développement

FVR : Fièvre de la Vallée du Rift

OIE : Organisation mondiale de la santé animale, anciennement office international des épizooties

TROI : Traquer les risques dans l’Océan Indien

VFVR : Virus de la fièvre de la vallée du rift

FAO: Food and agriculture organization

WAHID: World Animal Health Information Database

INTRODUCTION

Le virus de la Fièvre de la Vallée du Rift (VFVR) est une arbovirose qui affecte plusieurs espèces animales, principalement les petits ruminants et les bovins et fait intervenir de nombreuses espèces vectrices. Il appartient au genre *Phlebovirus* de la famille des *Bunyaviridae*. La fièvre de la Vallée du Rift est également une maladie zoonotique pouvant provoquer un syndrome pseudo-grippal simple voire la mort chez l'Homme. En plus du danger qu'il représente pour la santé publique, cette zoonose peut également entraîner de grandes pertes animales et économiques.

C'est en 1931 au Kenya que le VFVR a été isolé pour la première fois au cours d'une épizootie. Depuis lors, le virus s'est progressivement propagé sur tout le continent Africain, provoquant de nombreuses épidémies dont les plus sévères sont celles d'Afrique du sud (1950-1951), du Soudan (1976) et d'Égypte (1977). Puis dans les années 2000, le virus s'est étendu hors du continent : d'abord au Moyen Orient, ensuite dans l'Océan Indien où en 2007 la première alerte a été signalée au Comores suite à la confirmation d'un cas humain (FAO, 2003). Au cours des dernières décennies, l'expansion de la FVR a été liée aux changements écologiques drastiques qu'a connus l'Afrique en raison de la construction de barrages, l'irrigation, la déforestation et du changement climatique (Afssa, 2008). Ce virus est devenu une véritable préoccupation de santé publique et animale sur le continent Africain, au Moyen-Orient et sur les îles de l'Océan Indien.

Le virus est détecté dans l'Océan Indien à Madagascar avant 2007 et s'est très vite propagé aux îles voisines (Comores, Mayotte). La propagation du virus intervient dans un contexte de changement global (climatique, économique, politique) et d'amplification des échanges humains et commerciaux (légaux et illégaux) propice à la transmission des arboviroses, soulevant de nombreuses réflexions chez les scientifiques. C'est la raison pour laquelle la mise sur pied du projet TROI (Traquer les Risques sanitaires dans l'Océan Indien avec une approche « ONE HEALTH ») en Mars 2018 fait mention dans l'un de ses objectifs principaux du renforcement de la surveillance des maladies existantes et l'accentuation de la vigilance des maladies exotiques potentiellement à risque pour la zone Océan Indien avec la FVR figurant sur la liste des zoonoses prioritaires du projet.

Dans ce contexte, il semble pertinent de s'intéresser à la possibilité d'introduction de ce virus sur le territoire Mauricien, celui-ci étant jusqu'à présent indemne de cette maladie, en menant une analyse de risque strictement qualitative. Ce rapport débutera par une synthèse bibliographique qui présentera de manière générale la maladie d'intérêt qu'est la FVR ainsi que la méthodologie utilisée selon la méthode proposée par l'Afssa en 2008. Une seconde partie, le travail personnel présentera d'abord le matériel et méthode tout en situant le cadre de l'étude, ensuite les résultats obtenus et enfin une discussion. Des pistes possibles de gestion de risque sont proposées.

PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : NOTIONS SUR LA FIEVRE DE LA VALLEE DU RIFT

II.1 GENERALITES

II.1.1 Définition

La fièvre de la vallée du Rift est une maladie infectieuse zoonotique d'origine virale, affectant de nombreux vertébrés et dont la clinique affecte principalement les ruminants et les humains. C'est une arbovirose dont l'agent pathogène est un virus de la famille des *Bunyaviridae*, du genre *Phlebovirus* (Elliott et al., 2000) transmis par de nombreuses espèces de moustiques.

Elle provoque chez les ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) des avortements et une mortalité élevée chez les plus jeunes. L'homme n'est infecté que quelquefois et l'infection se manifeste alors, habituellement, par un syndrome grippal caractérisé par une forte fièvre. Néanmoins, l'infection peut évoluer vers une encéphalite ou une fièvre hémorragique souvent mortelle, dans 3 à 4% de cas (Afssa, 2008).

II.1.2 Etiologie et classification

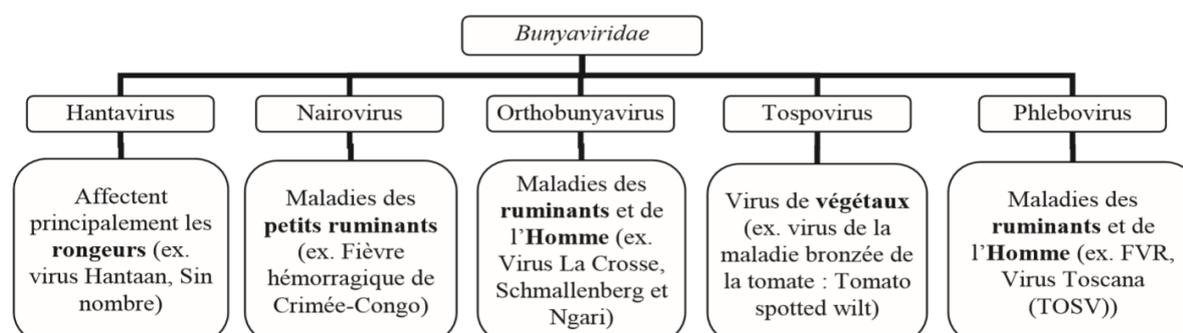
II.1.2.1 Etiologie

La fièvre de la vallée du rift doit son nom à son site de découverte, un élevage ovin près du lac Naivasha, dans la vallée du Rift au Kenya, en 1931. Depuis lors, elle a été isolée dans plusieurs pays en Afrique sub-Saharienne. Il est probable que ce virus existait depuis un certain moment avant sa découverte.

II.1.2.2 Classification

Le virus de la fièvre de la vallée du rift (VFVR) fait partie de la grande famille des *Bunyaviridae*, qui regroupe près de 300 espèces classées en 5 genres : *Hantavirus*, *Nairovirus*, *Orthobunyavirus*, *Phlebovirus* et *Tospovirus*.

Figure 1 : Les genres de la famille des *Bunyaviridae* (Gaelle Nicolas, 2018)



Habituellement présents chez les arthropodes (moustiques et tiques) ou les rongeurs, certains virus de cette famille peuvent occasionnellement infecter l'homme (Elliott and Blakqori, 2011). Le genre *tospovirus* regroupe les virus qui causent des maladies chez les plantes. De nombreux membres de cette famille sont responsables de fièvres hémorragiques mortelles notamment la fièvre de la vallée du rift (*Phlebovirus*), la fièvre hémorragique de crimé-congo (*Nairovirus*), les virus Hantaan et Sin Nombre (*Hantavirus*), ou Ngari (*Orthobunyavirus*), et/ou des abortives (Schmallerberg, FVR). Les taux élevés de mortalité et d'avortement causés par ces maladies ont un impact énorme sur l'économie.

II.1.3 Espèces sensibles et vecteurs

II.1.3.1 Espèces sensibles

Le virus peut infecter de nombreux mammifères, mais les symptômes cliniques varient selon l'espèce et l'individu. Les jeunes, plus sensibles que les adultes, ont un taux de mortalité élevé chez de nombreuses espèces, que ces espèces soient considérées comme très sensibles ou non.

La maladie est principalement exprimée chez les petits ruminants (ovins, caprins) et chez les bovins. D'autres espèces domestiques (chameaux, porcs, chevaux et carnivores) peuvent également être infectées, mais de manière inapparente. Plusieurs espèces sauvages sont également réceptives : ruminants (antilopes, buffles, etc.), suidés (phacochères), rongeurs, singes, éléphants, chauves-souris, mais avec des sensibilités différentes. Les humains sont également sensibles à la maladie (Toma, B. et Fabiani, G., 1983). Il existe aussi des espèces réfractaires, tels que les oiseaux, les reptiles ou encore les amphibiens. Le tableau 1 ci-dessous résume la sensibilité de plusieurs espèces vis-à-vis du VFVR.

Tableau 1 : Sensibilité de plusieurs espèces au virus de la FVR (pouvant varier parfois entre individus jeunes et adultes) (Swanepoel, R. et Coetzer, J.A.W., 2004)

Réceptifs				Non réceptifs
Sensibles	Peu sensibles	Très peu ou pas sensibles		
Mortalité > 70%	Mortalité élevée (10-70%)	Maladie parfois grave mais peu mortelle	Elaboration d'anticorps	Réfractaires
Agneaux, Chevreaux, Chiots, Chatons, Souris (adultes), Rats (adultes)	Ovins (adultes), Veaux, Certains rongeurs (adultes)	Bovins (adultes), Buffles africains (adultes), Buffles asiatiques (adultes), Caprins (adultes), Dromadaires (adultes), Humains (adultes), Singes (adultes)	Anes (adultes), Chats (adultes), Chiens (adultes), Chevaux (adultes), Lapins (adultes), Porcs (adultes)	Amphibiens, Oiseaux, Reptiles

II.1.3.2 Les vecteurs

Plusieurs arthropodes (moustiques, phlébotomes, tiques, simulies) ont été retrouvés infectés par le VFVR dans l'environnement (Fontenille, D. et al., 1998a). Cependant, la transmission vectorielle de ce virus dont les moustiques sont les principaux responsables dépend de facteurs tels que : l'existence d'un nombre suffisant de vecteurs compétents, la présence d'hôtes vertébrés sensibles et des conditions environnementales favorables. Ce type de transmission a mis en cause de nombreux de moustiques du genre *Aedes*, *Culex*, *Anophèles*, *Mansonia*, *Eretmapodides*. Toutefois, selon les études faites au cours des trente dernières années, les espèces du genre *Aedes* et *Culex* semblent être principalement impliquées dans la succession d'épizooties ayant affectées la péninsule arabique (Jup et al., 2002, Turell, et al., 2008), le continent Africain (Fontenille, D. et al., 1998b) et les îles de l'océan indien (Balenghien, T, 2013). Des études récentes menées ont également mis en évidence le rôle des moustiques du genre *Mansonia* au Kenya (Logan et al., 1991a) dans la transmission du VFVR, ainsi que du genre *Anophèles* à Madagascar (Ratovonjato et al., 2010) et sur le continent Africain (Sang et al., 2010).

II.1.4 Historique et répartition géographique – importance

II.1.4.1 Historique et répartition géographique

Isolé pour la première fois en 1930 dans la Vallée du Rift au Kenya (Daubney et al., 1931), le VFVR était initialement limité à la zone d'Afrique de l'Est et provoquait des épizooties essentiellement chez les ovins. Cependant, depuis le début des années 1950, une large épizootie et de rare cas humains survinrent en Afrique du Sud (Swanepoel et al., 2004) entraînant la mort de 100 000 ovins et 500 000 avortements. Toujours dans ce même pays, en 1975, la situation se modifia brutalement avec l'apparition de nombreux cas d'encéphalite et une forte mortalité chez les humains. Le virus fut son apparition pour la première fois en Egypte, au Nord du sahel en 1977 (Meegan et al., 1979) où il sera à l'origine d'une flambée épizootique/épidémique de grande envergure. Aussi, en 1987, il fut également sa première apparition en Afrique de l'Ouest, plus précisément au Sénégal et en Mauritanie (Lancelot et al., 1989) et en 2000 il quitte le continent africain et fut détecté sur la Péninsule arabique (Ahmad, 2000). Depuis, les foyers se sont multipliés (Adam et al., 2010, Archer et al., 2011, El Mamy et al., 2011, Sang et al., 2010) et le virus s'est étendu à certains îles (Madagascar, Comores, Mayotte) de l'océan indien

(Andriamandimby et al. 2010, Sissoko et al., 2009). Cette zoonose apparaît désormais sur la liste des maladies notifiables à l'OIE.

II.1.4.2 Importance de la FVR

❖ Importance économique

Responsable d'épizooties meurtrières essentiellement chez les ovins, le taux de morbidité peut atteindre 90 à 100%. Chez les jeunes, le taux de mortalité peut atteindre 90 à 100% et chez les adultes 10 à 20% et de nombreux avortements (jusqu'à 80% des femelles gestantes). En raison de la réduction sévère de la production laitière et du taux de mortalité, les pertes économiques sont considérables. Aussi, la réglementation de l'OIE stipule que dans les trois ans suivant la déclaration d'un foyer, l'exportation de bétail en provenance de pays infectés par la FVR est interdite. La première épizootie égyptienne de 1977 aurait entraînée des pertes directes et indirectes s'élevant à 82 millions de dollars US à la filière élevage (bovins/caprins/ovins) (FAO, 2007).

❖ Importance sanitaire

La FVR est citée dans la liste des maladies qui doivent faire l'objet d'une notification à l'OMS dans le cadre des urgences de santé publique de portée internationale (Afssa, 2008). En 1977, l'épidémie égyptienne a été la première à se propager à un si grand nombre de personnes (623 personnes sont décédées des suites de fièvres hémorragiques et/ou d'encéphalites). En Mauritanie, l'épidémie de 1987 a fait 224 victimes et en 1997/98, l'Afrique de l'Est a enregistré 89 000 personnes infectées. En 2000, le Yémen et l'Arabie Saoudite ont respectivement hospitalisé 1087 et 884 patients ; puis des taux élevés de rétinite et de lésions oculaires ont été observés. Enfin, en 2006-2007, 745 patients ont été recensés dont 209 sont décédés en Afrique de l'Est (Somalie, Tanzanie, Kenya).

II.2 MODALITES DE TRANSMISSION

La caractéristique épidémiologique de la FVR est l'alternance entre période épizootique et période « d'absence apparente » de la maladie (période inter-épizootique). Ces dernières années, les foyers de FVR ont rapidement évolués, ce qui rend nécessaire sa surveillance, ainsi de comprendre les mécanismes de transmission qui en découlent. La transmission de la FVR implique trois modes de transmissions principaux (Pépin et al., 2010).

II.2.1 Transmission vectorielle

Elle se définit par la piqûre d'un moustique infecté provoqué après un repas sanguin sur un hôte virémique. Le virus se multiplie dans les glandes salivaires du moustique à la suite du cycle d'amplification au sein de l'arthropode, qui devient alors infectant à vie. Le vecteur pourra à son tour transmettre le virus sur un nouvel hôte lors d'une piqûre. Cependant, l'infection par les moustiques au cours d'un repas sanguin reste controversée. Bien que certains chercheurs prétendent que le niveau de virémie chez l'homme peut entraîner l'infection des moustiques lors d'une piqûre (Gerdes, 2004), d'autres estiment que ce niveau de virémie chez l'homme est très faible pour permettre l'infection (Pépin et al., 2010). La transmission vectorielle serait *à priori* peu probable dans ce dernier cas, et ne pourrait alors avoir lieu que dans le sens animal-homme. Par conséquent, l'homme serait donc *à priori* un cul de sac épidémiologique.

II.2.2 Transmission verticale

Les moustiques sont des vecteurs hématophages c'est-à-dire qui ne peuvent pondre qu'à la suite d'un repas de sang nécessaire à la maturation des œufs. Le cycle gonotrophique désigne la succession de séquence : repas de sang – maturation des œufs – ponte. Sa durée est spécifique de l'espèce et des conditions environnementales ; et elle se répète continuellement au cours de la vie du moustique femelle. Dans le cas de quelques espèces, un vecteur infecté après un repas infectant pourra alors transmettre le virus à ses œufs dès la première ponte et au cours de chacune des pontes suivantes. Ce passage de l'agent pathogène du moustique femelle adulte à l'œuf fait référence à la transmission verticale. Elle a été démontrée chez *Ae. mcintoshi* (Linthicum et al., 1985) et est fortement suspectée chez certaines autres espèces d'aedes (Logan et al., 1991b). Ainsi, les moustiques adultes qui sortiront des œufs après éclosion seront vecteurs de la maladie dès leur premier repas sanguin.

II.2.3 Transmission directe

Permettant une propagation rapide du virus, elle est considérée comme le principal mode de transmission au cours des épizooties. Habituellement mis en cause lors de flambées épizootiques, elle existerait entre animaux et de l'animal à l'homme. Elle apparaît à la suite d'un contact avec du sang, des tissus ou des fluides corporels infectés. Elle peut se produire principalement à la suite d'un avortement causé par le VFVR et du contact avec un avorton dont la poche et les fluides placentaires contiennent de fortes concentrations de virus (Cêtre-Sossah&Albina, 2009). La transmission directe de l'animal à l'homme ne peut avoir lieu car la virémie chez l'Homme est très faible pour admettre une infection par le sang (Gerdes, 2004). Compte tenu de cette particularité épidémiologique, les infections humaines apparaissent tout particulièrement chez certaines classes socio-professionnelles notamment les vétérinaires, éleveurs ou personnels d'abattoir/boucherie qui font partis des cas humains les plus affectés jusqu'alors répertoriés (Archer et al., 2011, Sissoko et al., 2009). Une éventuelle transmission du virus de la faune sauvage à l'homme dans certains pays peut être envisagée via la chasse (Gurevitz&Spak, 2012) et l'exposition au sang d'animaux éventuellement infectés.

Le code sanitaire des animaux terrestres recommande la pasteurisation du lait et la cuisson suffisante de la viande (OIE, 2013) et la mise en place des campagnes de prévention dans les zones où la FVR existe est indispensable.

II.3 ETUDE CLINIQUE DE LA FVR

II.3.1 Manifestations cliniques de la FVR chez l'animal (incubation, virémie, symptomatologie, lésions)

❖ Incubation

La période d'incubation varie de quelques heures (12 à 72 heures) et peut s'étendre jusqu'à cinq jours (Afssa, 2008).

❖ Virémie

Une virémie est détectable dès 16 heures après l'infection chez les agneaux âgés de moins d'une semaine. Elle n'est détectable que dans les 24 à 48 heures suivant l'infection chez les ruminants plus âgés. Elle peut durer jusqu'à trois jours chez les ovins et entre un à sept jours chez les bovins, avec une intensité maximale du deuxième au cinquième jour. La contamination des moustiques vecteurs devient facile car la charge virale dans le sang est élevée. Cependant, des variabilités individuelles sont observées allant dans certains cas jusqu'à l'absence de virémie (Afssa, 2008).

❖ Symptomatologie

Les petits ruminants suivis des bovins sont les espèces domestiques les plus sensibles. Les vagues d'avortements sont la caractéristique principale des épizooties dont les taux se situaient entre 80 et 100% en Egypte en 1977 et 40% et 100% en Afrique du Sud en 1974-76. La souche virale, l'immunité du troupeau, la dose infectante, la sensibilité de l'hôte, la physiologie de l'animal et l'état nutritionnel sont les facteurs qui influencent la morbidité et la mortalité.

D'une manière globale, les symptômes les plus caractéristiques d'une atteinte de FVR sont (Afssa, 2008):

- Vague soudaine d'avortements, quel que soit le stade de la gestation ;
- Jusqu'à 100% de mortalité chez les agneaux de moins de 6 jours ;
- Diarrhée profuse et fétide, souvent hémorragique ;
- Forte hyperthermie, lymphadénite, écoulement oculo-nasal (chez les animaux adultes)
- Vomissements, coliques ;
- Sévère prostration, dysgalactie, ictère ;
- Période épizootique de 8 à 16 jours.

❖ Lésions

Elles sont plus ou moins sévères selon la sensibilité de l'animal et de la vitesse de propagation de la maladie. Chez les jeunes, la gravité des lésions est réduite car la mort survient plus rapidement. La lésion la plus fréquente trouvée chez tous les animaux sensibles est la nécrose du foie. Au début focal caractérisée par de petits foyers nécrotiques grisâtres de 1 à 2 mm de diamètre, puis générale (fréquent

chez les ovins). Le foie est par ailleurs souvent congestionné, on observe de nombreux pétéchies et une hépatomégalie (FAO, 2003). Parfois le parenchyme hépatique est décoloré dû à une infiltration de monocytes, laissant place à une coloration bronze ou jaune (Afssa, 2008).

De nombreuses ecchymoses et pétéchies peuvent être observées sur l'ensemble des carcasses, tout particulièrement sur le cœur (endocarde et péricarde), la plèvre, les reins, les séreuses, la vésicule biliaire, la vessie, la rate, les nœuds lymphatiques, la muqueuse de l'abomasum et dans la région de la jonction iléo-caecale (FAO, 2003). Des lésions d'encéphalite peuvent être identifiées

Des marques d'inflammation hémorragiques ou nécrotiques sont souvent présentes le long du tube digestif. L'apparition d'un œdème ou emphysème peut être envisagée suite à la congestion des poumons. Les ganglions lymphatiques sont hypertrophiés, marquant une adénopathie généralisée faisant suite à une splénomégalie. Chez le fœtus, les lésions sont similaires auxquelles s'ajoutent une autolyse. Les lésions associées au foie sont généralement moins évolutives et le parenchyme apparaît souvent brun-orangé. Le placenta subit également une nécrose sévère (Geering et al., 2002, Davies et Martin, 2003).

II.3.2 Manifestations cliniques de la FVR chez l'homme

Les patients atteints du VFVR peuvent présenter 4 manifestations cliniques différentes de la maladie : la forme bénigne la plus courante (96% à 97% des cas) (Afssa, 2008) et trois formes graves (Gerdes, G.H., 2004). La période d'incubation est de deux à six jours.

L'infection est soit inapparente, soit elle s'apparente à un syndrome grippal dans les formes bénignes. Le patient souffre ainsi de céphalées, myalgies, arthralgies et fièvre. Des diarrhées, vomissements, perte d'appétit, sensibilité à la lumière et raideur de la nuque peuvent également être observés dans certains cas. Les symptômes durent généralement quatre à sept jours jusqu'à ce que la séroconversion se fasse. Dans la grande majorité des cas, la virémie disparaît progressivement et le patient n'a pas de séquelles après son rétablissement. La convalescence peut durer deux à trois semaines (Afssa, 2008). Cependant, une faible proportion de personnes atteintes manifesterait l'une des trois formes sévères de la maladie : forme rétinienne (0,5 à 2% des patients), forme hémorragique (<1% des patients) et la forme méningo-encéphalite (<1%).

II.4 EPIDEMIOLOGIE DESCRIPTIVE

II.4.1 Incidence et prévalence chez les animaux domestiques en période d'épizootie

Peu d'études ont estimé les taux d'incidence sur les ruminants domestiques au cours d'une épizootie. A la suite de périodes d'épizooties, en particulier chez les ovins, caprins et bovins, une forte prévalence d'anticorps IgM peut être observée (rappelons que le IgM peuvent être détectés dès 4 jours jusqu'à 3 mois après infection) (Paweska et al., 2003). Les bovins détiennent généralement les nombres les plus élevés, dont 60 à 95% d'entre eux sont porteurs d'IgM contre le VFVR. Le taux de prévalence en IgM chez les caprins et les ovins variait de 16 à 80% après l'épizootie de 1987 au Sénégal (Vallée du fleuve Sénégal) (Nabeth et al., 2001; Thonnon et al., 1999). Un taux d'avortement de 50% chez les petits ruminants et un taux de prévalence en IgM de 12,5% ont été signalés en 1994-1995 (Thonnon et al., 1999). Une étude longitudinale menée au Sénégal (Ferlo) a démontré que le taux d'incidence chez les petits ruminants atteignait 20% à certains endroits (Chevalier et al., 2005).

II.4.2 Incidence et prévalence chez les animaux domestiques en période inter-épizootique

L'activité virale dans les zones enzootiques d'Afrique Centrale n'est jamais nulle et dépend des populations de moustiques et de la pluviométrie. Au cours de périodes inter-épizootique, 5 à 10% de séroconversions ont été observées chez les ruminants domestiques et des cas sporadiques ont été découverts chez l'homme (FAO, 2007). La période inter-épizootique en zones semi-arides et arides (période dans lesquelles les épizooties sont les plus sévères) peut correspondre à une absence de circulation virale sur plusieurs années. En Egypte par exemple, après l'épizootie de 1977, l'activité du VFVR a disparue durant deux à trois ans (FAO, 2007).

Dans la vallée du fleuve Sénégal, la prévalence en anticorps neutralisant, qui correspondraient à une période inter-épizootique a diminuée de manière significative entre 1988 et 1989 soit respectivement 24,4% et 19,3% (Thiongane et al., 1991). Toujours au Sénégal, plus précisément dans le Ferlo (Nord

Sénégal) entre 1991 et 1993, période correspondant également à une phase inter-épidémiologique, le taux de séroconversion détecté chez les petits ruminants était de 1,9% (Zeller et al., 1997).

II.4.3 Incidence chez l'homme

Les personnes en relation avec des ruminants infectés notamment vétérinaires, éleveurs, personnel d'abattoirs, bouchers, etc. accordent une attention particulière sur l'ensemble des cas cliniques humains en périodes d'épidémies. Dans les zones épidémiologiques d'Afrique Orientale et Australe, on observe de rares cas hémorragiques mortels. Dans les régions arides et semi-arides, la situation diffère ainsi qu'en Egypte où ont été déclarés de nombreux cas hémorragiques mortels (Nabeth et al., 2001; FAO, 2007).

Tableau 2 : Principales épidémies (Afssa, 2008)

Année	Pays	Cas estimés	Décès
1951	Afrique du sud	20 000	Nd
1977-1978	Egypte	18 000	623
1987	Sénégal, Mauritanie	Nd	224
1997-1998	Kenya	27 000	170
2000	Arabie saoudite/Yémen	20 000	95
2007	Tanzanie	264	109
2006-2007	Kenya	684	155
2007	Somalie	114	51
2007	Soudan	601	211

Nd : données non disponibles

II.5 TRAITEMENT ET PROPHYLAXIE

II.5.1 Traitement

Actuellement, il n'existe aucun traitement spécifique contre la FVR. Seuls des traitements symptomatiques peuvent être utilisés, et généralement que pour les cas les plus graves. Dans la plupart des cas, la maladie se guérit spontanément. La prévention reste donc le meilleur moyen de lutte face à cette maladie, passant notamment par la vaccination chez les animaux.

II.5.2 Prophylaxie

Il n'existe actuellement aucun vaccin à visée humaine commercialisé. Toutefois, il en existe un avec diffusion très limitée qui est utilisé par certains vétérinaires, personnels de laboratoire et l'armée américaine (Bird et al., 2009). Les meilleurs moyens de lutte contre cette maladie chez l'homme restent les bonnes pratiques d'hygiène, la lutte antivectorielle et la vaccination des animaux (Bird&Nichol, 2012).

Plusieurs vaccins pour animaux ont été développés ou sont en cours de développement mais ne peuvent pas être utilisés en dehors des zones d'endémicité. Actuellement, l'« Onderstepoort Biological Products » commercialise trois de ces vaccins : Rift Valley Fever (inactivé), Rift Valley Fever (vivant), RVF Clone 13 et des vaccins vivant atténués sont également vendus par « Kenya Veterinary Vaccines Production Institute » (Lubroth et al., 2007). Plusieurs autres vaccins sont en cours de développement, notamment avec l'espoir de mise en production d'un vaccin utilisable chez l'homme grâce à l'utilisation d'un Adénovirus comme vecteur (Heise et al., 2009 ; Warimwe et al., 2013).

CHAPITRE II : LA DEMARCHE D'ANALYSE DE RISQUE EN EPIDEMIOLOGIE ANIMALE

Nous allons présenter brièvement les principes, avantages et inconvénients de la méthode d'analyse qualitative de risque, et allons exposer les détails de la méthode utilisée au cours de cette étude.

II.1 DEFINITIONS

Le terme « analyse de risque » détient plusieurs définitions. Jean Charles Dubois a donné une première définition très générale : « L'analyse du risque est l'étude systématique des forces et des entités comportant un potentiel d'influence négative sur l'atteinte d'objectifs » (Dubois, 1996). Nous nous concentrerons sur les définitions données dans le contexte de la santé publique vétérinaire généralement basées sur l'énumération de plusieurs étapes.

L'analyse de risque est définie dans le glossaire du Code sanitaire pour les animaux terrestres comme : « la démarche comprenant l'identification des dangers, l'appréciation du risque, la gestion du risque et la communication sur le risque » (OIE, 2008a).

II.2 GENERALITES SUR LA DEMARCHE

II.2.1 Notions de danger et de risque

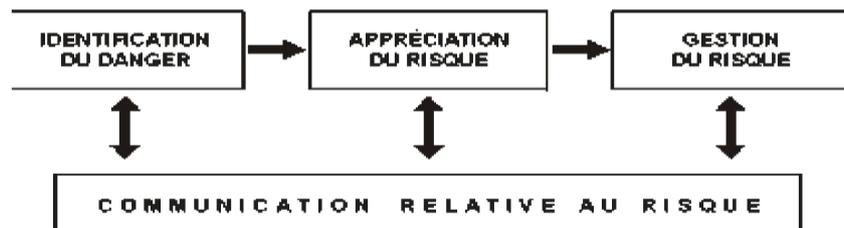
Bien que parfois confondues dans le langage courant, le danger et le risque sont deux notions distinctes. Nous nous focaliserons sur les définitions suivantes.

Un **danger** est tout agent biologique, physique ou chimique pouvant avoir un effet néfaste sur la santé. Le **risque** résulte de la combinaison de la probabilité de survenue d'un événement néfaste ou non désiré et des conséquences qu'entraînera la réalisation de cet événement.

II.2.2 Méthode et objectifs

Nous nous focaliserons sur la démarche adaptée au contexte des importations d'animaux ou de produits d'origine animale décrite par l'OIE (OIE, 2008b). Il s'agit d'une méthode comportant quatre étapes illustrées dans la figure 2.

Figure 2 : Composantes de l'analyse de risque, (OIE, 2008b)

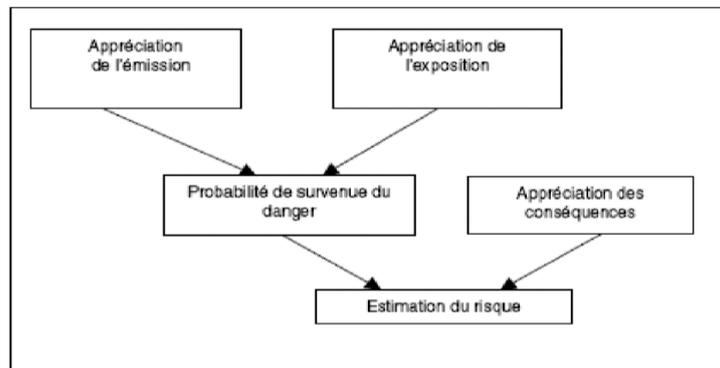


L'**identification du danger** doit prendre en compte le contexte de l'étude et la situation examinée doit être délimiter dans le temps et dans l'espace.

L'**appréciation du risque** est la résultante de l'appréciation de la probabilité de survenue et des conséquences. La probabilité de survenue est elle-même subdivisée en deux probabilités (figure 3) :

- Une probabilité d'émission, correspondant à la probabilité d'introduction de l'agent pathogène considéré sur le territoire étudié ;
- Une probabilité d'exposition, correspondant à la probabilité de succès de l'infection d'un individu indemne à partir du pathogène introduit.

Figure 3: Composition de l'appréciation du risque, (OIE, 2008b)



La gestion du risque quant à elle a pour objectif une diminution du niveau de risque en deçà d'un seuil considéré comme acceptable aussi bien d'un point de vue sanitaire que d'un point de vue commercial. Elle a été définie par l'OIE comme : « une démarche qui consiste à identifier, choisir et mettre en œuvre les mesures dont l'application permet de réduire le niveau de risque ».

Une action de **communication sur le risque** doit accompagner ces étapes. L'OIE l'a définie comme : « démarche interactive d'échange d'informations relatives au risque entre les personnes chargées d'apprécier le risque, celles chargées de le gérer et toutes les autres parties intéressées » (OIE, 2008a).

II.3 LA DEMARCHE PROPOSEE PAR UN COMITE D'EXPERTS SPECIALISE DE L'AFSSA

Il est essentiel d'utiliser une méthode claire et simple pouvant être appliquée par un groupe d'experts qui n'ont pas nécessairement besoin d'être des spécialistes de l'analyse de risque. C'est dans cette optique que nous avons utilisé la méthode développée par le groupe de travail « Analyse qualitative du risque en santé animale », mise sur pied au sein du Comité d'experts spécialisés en « Santé Animale » (CES SA) de l'AFSSA. C'est dans cette perspective que cette méthode a été présentée ci-dessous.

II.3.1 Les étapes de la méthode

Afin de permettre un raisonnement rigoureux de l'estimation du risque étudié, un ensemble de sept étapes ont été décrites (Afssa, 2008):

- Identification des paramètres essentiels à l'appréciation de l'émission, l'exposition et des conséquences ;
- Collecte des données
- Mise en commun et discussion de la validité et de la pertinence des données
- Construction des arbres évènementiels ou arbres de probabilité, décrivant les évènements en cascade requis à la survenue de l'élément final ;
- Appréciation de l'émission, de l'exposition, puis de la probabilité de survenue ;
- Appréciation des conséquences ;
- Estimation du risque par croisement de l'appréciation de la probabilité de survenue et l'appréciation des conséquences.

II.3.2 Appréciation des différentes probabilités

Une grille a été développée répertoriant en détail dix niveaux de qualification, chiffrée de 0 à 9 avec à chaque niveau de grandeur une correspondance suggérée pour faciliter l'attribution des qualificatifs (tableau 3). Ceux-ci ont été sélectionnés à la suite d'une discussion collective autour de chaque paramètre.

Tableau 3: Correspondance entre l'échelle ordinale et les qualificatifs utilisés pour caractériser les probabilités et le risque en évaluation qualitative du risque (Afssa, 2008)

Qualificatifs	Echelle ordinale
Nulle (N)	0
Quasi-nulle (QN)	1
Minime (M)	2
Extrêmement faible (EF)	3
Très faible (TF)	4
Faible (F)	5
Peu élevée (PE)	6
Assez élevée (AE)	7
Elevée (E)	8
Très élevée (TE)	9

En ce qui concerne la probabilité d'émission, les données récoltées vont servir de base pour estimer la probabilité d'introduction par les différentes voies envisagées. Chaque probabilité sera estimée par niveau ou intervalle de niveau sur l'échelle de 0 à 9. Les mêmes critères seront utilisés pour estimer la probabilité d'exposition.

Qu'elles soient sanitaires ou économique, l'appréciation des conséquences se fait également selon une échelle de notation comprenant quatre niveaux, de 0 à 3 (Tableau 4). Elles sont réparties en trois critères évalués séparément, chacun variant de 0 à 3 :

- Conséquences économiques et sanitaires de l'élevage ;
- Diffusibilité de la maladie entre troupeaux ;
- Conséquences au plan national de la maladie pour le pays.

Tableau 4: Notation proposée pour l'appréciation des conséquences

Notes	Correspondances qualitatives
0	Les conséquences pour le critère sont estimées nulles
1	Les conséquences pour le critère sont estimées faibles
2	Les conséquences pour le critère sont estimées moyennes
3	Les conséquences pour le critère sont estimées élevées

L'appréciation globale des conséquences sera faite en additionnant les trois notes attribuées, ce qui permettra d'aboutir à une note sur 9 transposable à la première grille de notation. Une valeur simple ou des intervalles de valeurs peuvent être proposés.

II.3.3 Modalités de croisement des estimations obtenues

Un croisement en deux étapes doit être réalisé à la suite des trois appréciations précédentes afin d'aboutir à une estimation finale du risque. La première étape comprend le croisement entre les probabilités d'émission et d'exposition afin d'aboutir à l'appréciation de la **probabilité de survenue**. Ce croisement s'effectue selon la grille figurant à l'annexe 4. La deuxième étape consiste au croisement entre la probabilité de survenue obtenue et les conséquences économiques et sanitaires pour **estimer le risque**. Grille figurant en annexe 5.

L'application systématique et rigoureuse de cette méthode devrait fournir une estimation qualitative du risque évalué. En raison de l'appréciation collégiale des paramètres, la part de subjectivité de cette méthode est réduite. En revanche, la transparence du raisonnement et les arguments utilisés pour la justification de chacune des estimations doivent garantir une reproductibilité de l'analyse. Nous allons mettre en application cette méthode d'analyse qualitative du risque présentée plus haut à l'analyse du risque d'introduction de la FVR à Maurice à partir du Kenya, d'Afrique du sud et de Rodrigues.

PARTIE II : ANALYSE QUALITATIVE DU RISQUE D'INTRODUCTION DE LA FIEVRE DE LA VALLEE DU RIFT A MAURICE A PARTIR DU KENYA, DE RODRIGUES ET DE L'AFRIQUE DU SUD

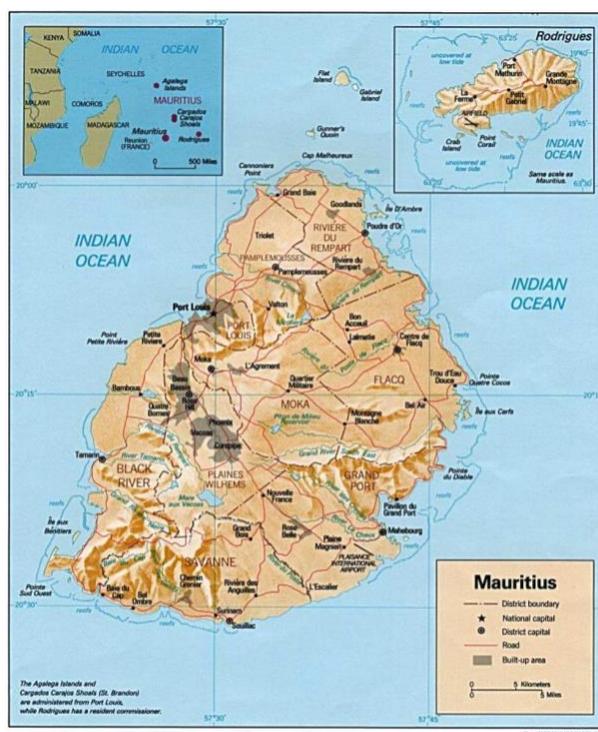
CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODE

I.1 CADRE DE L'ETUDE

Cette étude porte sur l'analyse qualitative du risque d'introduction de la FVR à Maurice à partir de Rodrigues, d'Afrique du sud et du Kenya. Ces trois pays étant exclusivement ceux entretenant des échanges commerciaux de bétails avec Maurice. Le travail d'analyse s'est déroulé de mars à juin 2020.

Le lieu d'étude est l'île Maurice qui est un Etat de l'Archipel des Mascareignes situé dans l'Océan Indien. Elle se situe au Sud-Est de l'Afrique à environ 900 kilomètres à l'Est de Madagascar et à environ 200 kilomètres au Nord-Est de l'île de la Réunion. L'île Maurice comporte 9 districts administratifs. Sa population est estimée à 1 364 283 habitants en 2018 (Matthieu ROGER, 2008). En 2014, le cheptel Mauricien était estimé à 6000 bovins, 26.600 caprins, 2700 ovins, 65.600 cerfs, 17.500 porcs et 2000 lapins (Mauritius Ministry of Agriculture, 2016).

Figure 4 : République de Maurice (Matthieu ROGER, 2008)



I.2 RECOLTE DES DONNEES

L'ensemble des données nécessaires à l'élaboration de ce travail a été obtenu par la littérature (revues bibliographiques, données issues des réseaux de surveillance, travaux de terrain, etc.) et à dire d'experts.

I.3 METHODE D'ANALYSE DE RISQUE

I.3.1 Détermination des paramètres à considérer

L'identification des paramètres indispensables à l'appréciation de l'émission, de l'exposition et des conséquences constitue la première étape de la démarche.

❖ Paramètres nécessaires à l'appréciation de l'émission

Les paramètres influant sur l'émission sont :

- La situation épidémiologique des zones de provenance, fonction de la qualité des réseaux d'épidémiosurveillance locaux ;
- Les mesures de prophylaxie sanitaires et/ou médicales mises en œuvre dans les zones à risque identifiées ;
- Les flux physiques existants pour les différentes sources de danger (nombre d'animaux ou de produits animaux exportés, trafic aérien ou maritime) ;
- Les contrôles aux frontières à l'export et à l'import ;
- Les contrôles sanitaires éventuellement effectués par les autorités locales (services vétérinaires).

❖ Paramètres nécessaires à l'appréciation de l'exposition

Il s'agit de :

- La destination prévue des sources importées ;
- Le statut immunitaire du cheptel réceptif Mauricien vis-à-vis de la FVR ;
- La densité et la répartition de la population sensible à Maurice ;
- Les modalités de transmission de la FVR et le rôle épidémiologique éventuel de la faune sauvage ;
- L'organisation des services vétérinaires et les mesures de gestion prévues en cas d'apparition d'un foyer.

❖ Paramètres nécessaires à l'appréciation des conséquences

Les facteurs à prendre en compte dans la description des conséquences sont :

- La sévérité des signes cliniques et le taux de mortalité dans un foyer de FVR ;
- La structure et les débouchés des filières potentiellement touchées ;
- Les mesures de gestion mises en œuvre en cas d'épizootie ;
- Les mesures sanitaires internationales justifiant le blocage des exportations.

I.3.2 Appréciation collégiale des divers paramètres

Les différents paramètres mis en évidence ci-dessus ont été estimés lors d'un processus de consultation d'un groupe d'experts qui s'est réuni régulièrement. Les éventuelles lacunes et la pertinence des informations collectées ont été discutées et les différents événements ont été appréciés d'après la grille de qualification proposée au tableau 3.

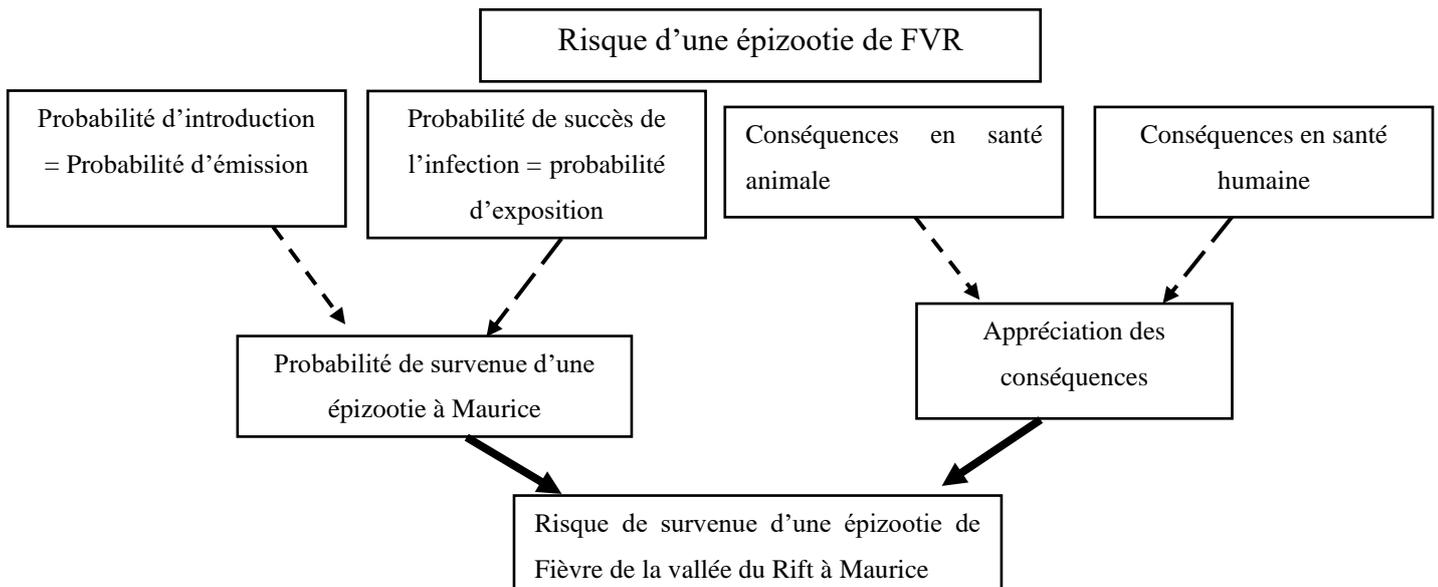
CHAPITRE II : RESULTATS

En premier ressort, la conception de schémas conceptuels montrant les différentes possibilités d'émission et d'exposition a permis de déterminer les données à collecter pour permettre leur appréciation.

II.1 IDENTIFICATION DU DANGER ET SCHEMAS CONCEPTUELS

Le danger considéré dans cette étude est l'agent pathogène qui cause la FVR. Il s'agit du *Phlebovirus* de la famille des *Bunyaviridae*. Il est considéré comme actuellement connu d'après ses caractéristiques virologiques et épidémiologiques. L'estimation du risque d'introduction de la FVR à Maurice peut être décomposée comme dans la figure 5.

Figure 5 : Composition du risque de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice



Quatre chemins possibles d'introduction du VFVR à Maurice ont pu être identifiés.

- Introduction d'un animal infecté par le VFVR
- Introduction d'un produit d'origine animale contaminé par le VFVR
- Introduction d'un vecteur infecté par le VFVR
- Introduction d'un humain infecté

Un schéma conceptuel représentant les différents flux et leur nature a été développé pour les deux premières voies d'introduction citées ci-dessus (cf. Annexe 1 et 2).

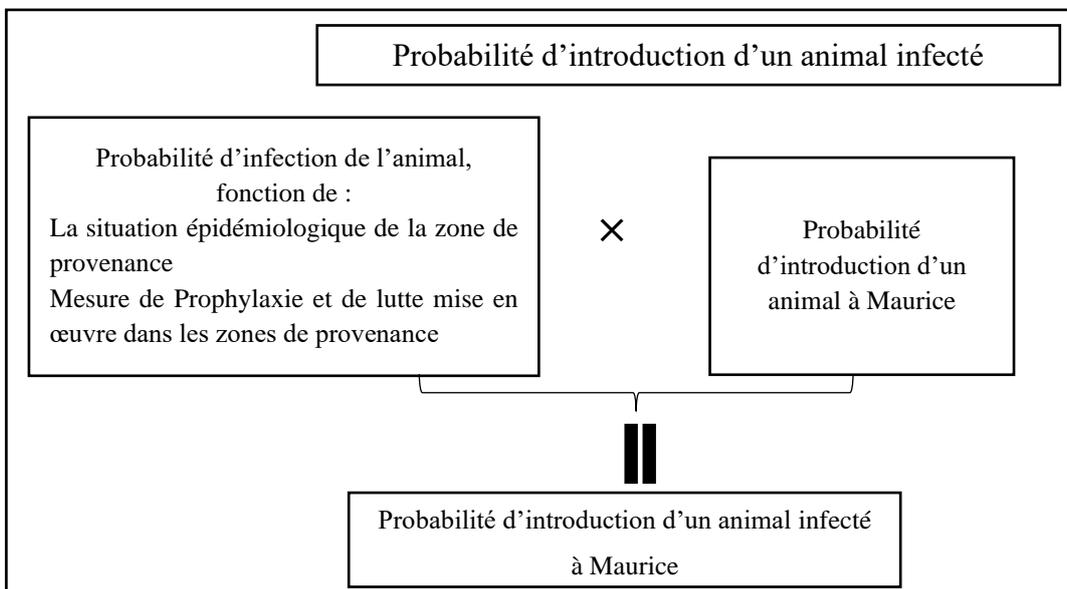
Il n'existe pas d'introduction d'animaux sensibles de la faune sauvage à destination de Maurice en provenance des zones de danger. C'est la raison pour laquelle cette éventualité n'apparaît pas sur ce schéma.

II.2 APPRECIATION DE L'EMISSION

II.2.1 Probabilité d'introduction de la FVR par l'importation d'animaux vivants infectés

La probabilité d'introduction d'un animal vivant infecté à Maurice correspond à la combinaison de la probabilité qu'un animal soit infecté au sein d'une zone de danger (probabilité qui dépend du statut épidémiologique du pays d'origine), et de la probabilité qu'un tel animal soit introduit à Maurice. (Figure 6)

Figure 6: Composition de la probabilité d'introduction d'un animal infecté à Maurice



II.2.1.1 Probabilité d'infection d'un animal

L'appréciation de la probabilité d'infection d'un animal sensible a été fondée sur les connaissances existantes sur la situation épidémiologique des pays d'exportations considérés comme « à risque », désignés par la suite comme « zone de danger ». Les mesures de gestion sanitaires mises en œuvre par ces pays ont été aussi prises en compte car peuvent être un facteur de réduction de la probabilité d'infection.

❖ Situation épidémiologique de la FVR dans les pays exportateurs

Suivant un classement décroissant en flux d'exportations, Rodrigues, l'Afrique du Sud puis le Kenya sont les pays exportateurs d'animaux sur pied (grands et petits ruminants) à destination de Maurice.

Rodrigues est une zone indemne de FVR et ce depuis de nombreuses années. Aussi, elle dispose d'un système de surveillance opérationnel et de ce fait confère une fiabilité quant aux informations qui en résultent.

Pays dans lequel le premier cas de FVR a été identifié, le **Kenya** compte au total 11 épizooties nationales entre 1951 et 2007 touchant plusieurs districts du pays. Les flambées de FVR ne sont pas rares au Kenya. Une autre « éclosion » s'est produite de novembre 2014 à janvier 2015 dans le nord-est du Kenya ; et plus récemment en 2019, l'OIE a documenté trois nouveaux foyers de FVR apparus (OIE WAHIS). Suite à l'importante épizootie de novembre 2006 à mars 2007, la maladie a atteint six des huit provinces du pays faisant environ 392 cas humains confirmés, une atteinte clinique chez 4434 animaux dont 235 sont morts. Du fait des échanges transfrontaliers, de nombreux mouvements de transhumance et des conditions climatiques favorables à l'activité des vecteurs, le Kenya est actuellement considéré comme une zone enzootique avec des épisodes épizootiques.

Quant à **l'Afrique du sud**, trois épizooties majeures de FVR ont touché une vaste zone du pays (1950-1951, 1974-1976, 2010-2011). Le reste des rapports concernait des épizooties plus petites, des flambées individuelles ou des cas isolés (Pienaar and Thompson, 2013). Plus récemment en 2018, un foyer de FVR a été documenté par l'OIE (OIE WAHIS, n.d.). La situation épidémiologique actuelle se traduit par une circulation enzootique du virus dans les parcs du nord du pays.

❖ Mesure de prophylaxie et de lutte mises en œuvre dans les zones de danger

Lors de la dernière grande épizootie de 2006 au Kenya, 1.050.000 doses de vaccins contre la FVR ont été administrées à des espèces vulnérables dans les points chauds du pays identifiés. Après cette épidémie, une vaccination annuelle continue est pratiquée dans les zones désignées comme « points chauds » c'est-à-dire les zones à forte densité de population (Francis Wanyoike et al., 2019). En Afrique du sud, de manière régulière, s'effectuent de grandes campagnes de vaccination des animaux domestiques contre la FVR.

A l'heure actuelle, il n'existe pas encore de traitement spécifique efficace. Les anticorps protecteurs apparaissent rapidement au bout de quelques jours (4 jours) et les animaux séropositifs sont protégés de manière efficace contre une réinfection, cela permet la création d'une immunité de troupeau.

Le Kenya est doté d'une structure en place de surveillance de maladies animales. Par ailleurs le projet Zoolink (surveillance for zoonoses in Kenyan livestock) développé mais pas encore implémenté a pour but d'apporter un appui à cette surveillance déjà existante plus particulièrement axé sur les zoonoses avec la FVR figurant dans la liste des maladies cibles du projet (Maurice Omondi et al., 2016).

❖ Probabilité qu'un animal vivant soit infecté

La probabilité actuelle qu'un animal soit infecté est estimée à « **très faible à faible** » (4 à 5/9) pour le Kenya et « **minime** » (2/9) pour l'Afrique du Sud. En conditions climatiques propices à la propagation de vecteurs ainsi donc à la circulation virale, la probabilité de rencontrer des animaux infectés pourra alors être considérée comme « **assez élevé à élevé** » (7 à 8/9) pour le Kenya.

II.2.1.2 Probabilité d'introduction d'animaux à Maurice

Les introductions d'animaux vivants pour des raisons commerciales sont faites exclusivement par voie maritime. Il n'existe pas de mouvements clandestins d'animaux vivants vers Maurice. Les côtes Mauriciennes étant difficiles d'accès, il est difficile d'imaginer l'introduction d'animaux vivants à travers des petits bateaux non contrôlés. En plus des inspections effectuées par les pays exportateurs, les responsables des services vétérinaires Mauriciens se rendent également dans ces pays afin de vérifier puis valider le respect des conditions d'exportations des animaux. Au cours des dix dernières années, Maurice a importé annuellement en moyenne 11.000 bovins, 1500 caprins et 1000 ovins (FAOSTAT, 2019). La probabilité d'introduction d'animaux à Maurice est estimée à « **Très élevé** » (9/9).

II.2.1.3 Probabilité résultante d'introduction d'un animal vivant infecté

La probabilité résultante provient du croisement entre la probabilité d'infection d'un animal vivant et la probabilité d'introduction de cet animal à Maurice. Nous avons distingué le cas des ruminants domestiques uniquement car les ruminants de la faune sauvage ne sont pas exportés vers Maurice ; ainsi que la voie maritime comme seule voie d'introduction possible d'animaux sur cette île. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5: Probabilité d'introduction d'un animal infecté à Maurice

	Probabilité d'infection d'un animal vivant fonction de la situation épidémiologique du pays de provenance			
	Kenya		Afrique du sud	Rodrigues
	Situation actuelle : enzootique avec des épisodes épizootiques Très faible à faible (4 à 5/9) (1)	Conditions climatiques favorables Assez élevé à élevé (7 à 8/9) (1)	Situation actuelle : enzootique Minime (2/9) (1)	Situation actuelle : Zone indemne de FVR Nulle (0/9) (1)
Probabilité d'introduction d'un animal (de toutes provenances) à destination de Maurice : Très élevé (9/9) (1)	Très faible à faible (4 à 5/9) (1)	Assez élevé à élevé (7 à 8/9) (1)	Minime (2/9) (1)	Nulle (0/9) (1)

(1) Incertitude Faible ; (2) Incertitude Moyenne ; (3) Incertitude Haute

La probabilité résultante de l'introduction d'un animal vivant infecté à Maurice est estimée à :

Kenya

- « **Très faible à faible** » (4 à 5/9) en situation actuelle ;
- « **Assez élevé à élevé** » (7 à 8/9) en conditions climatiques favorables ;

Afrique du sud : « **Minime** » (2/9) ;

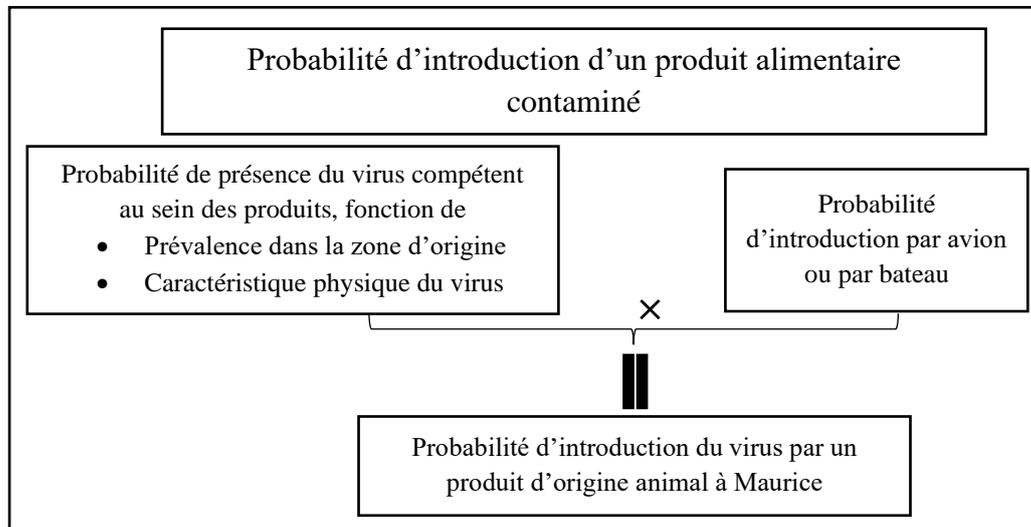
Rodrigues : « **Nulle** » (0/9).

II.2.2 Probabilité d'introduction de la FVR par l'importation d'un produit animal infecté

Les produits animaux considérés sont les viandes fraîches et/ou congelées importées légalement par transport maritime ou illégalement par des particuliers par transport aérien. Pour ce qui est du lait, ceux destinés à l'exportation sont pasteurisés au préalable. La probabilité d'introduction d'un produit d'origine animale contaminé correspond à la combinaison de la probabilité de présence de virus

infectieux au sein d'une pièce de viande dans les pays présentant un danger avec la probabilité d'introduction aérienne ou maritime de cette pièce de viande.

Figure 7 : Composition de la probabilité d'introduction d'un produit d'origine animale contaminé à Maurice.



II.2.2.1 Probabilité de contamination et d'infectiosité d'une pièce de viande

La probabilité d'infectiosité d'une pièce de viande résulte de la probabilité que la pièce de viande soit contaminée et de celle que le virus résiste à un titre suffisamment élevé pour provoquer une infection chez l'homme. La probabilité du premier évènement est similaire à celle estimée pour des animaux vivants infectés.

La contamination d'une carcasse d'un ruminant par le VFVR dépend non seulement de la pathogénie de l'infection virale, en particulier des tissus et organes cibles, du titre viral et des processus spécifiques subit par le virus, mais également des conditions de transport (température, durée, humidité). Aussi, il faut également rappeler que le virus ne résiste ni à la chaleur, ni au processus de maturation de la viande. Toutefois, il est bien conservé dans les produits congelés (directement après abattage) et il peut résister plus de 24h dans le sérum à température ambiante (EFSA 2005). Les carcasses ou pièces de viande sont transportées congelées des zones de danger vers Maurice et l'acheminement dure en moyenne 10 jours.

Par ailleurs, la présence du VFVR dans une viande destinée à la consommation implique qu'aucuns changements ni lésions suspectes n'aient été constatés sur la carcasse après abattage et qu'elle ne soit pas exclue de la chaîne alimentaire. Ces éléments participent également à réduire la probabilité de présence de VFVR dans une viande destinée à la commercialisation.

Il est finalement estimé que la probabilité qu'une viande fraîche soit contaminée avec une dose infectieuse est « **quasi nulle à minime** » (1 à 2 /9) en situation d'enzootie et « **Peu élevé** » (6/9) en situation d'épizootie.

II.2.2.2 Probabilité d'introduction d'une pièce de viande

L'Inde est le principal exportateur de viande vers Maurice, en particulier, de la viande de buffle congelée à destination des supermarchés, magasins et restaurant. Maurice importe annuellement en moyenne sur 10 ans 100 tonnes de viande bovine, 65 tonne de viandes caprine et 5000 tonne de viandes ovine (FAOSTAT, 2019). Par ailleurs, les importations illégales de viandes fraîches peuvent être effectuées par voie aérienne et ce flux ne peut être quantifié. Il n'existe pas de mouvements illégaux de produits animaux à destination de Maurice car des contrôles systématiques sont réalisés à l'arrivée des voyageurs sur l'île. La probabilité d'importation d'une viande à but commercial est estimée à « **élevé** » (8/9) puisque celles-ci sont autorisées officiellement.

II.2.2.3 Probabilité résultante que des produits animaux contaminés soient introduits à Maurice.

Le tableau 5 illustre cette probabilité en croisant la probabilité de l'infectiosité des pièces de viande fraîches et celle de l'importation de ces pièces de viande à Maurice.

Tableau 6: Probabilité d'introduction de produits animaux contaminés à Maurice

	Probabilité qu'une pièce de viande fraîche soit contaminée fonction de la situation épidémiologique du pays de provenance			
	Kenya		Afrique du sud	Rodrigues
	Situation actuelle : enzootique avec des épisodes épizootiques Très faible (4/9) (1)	Conditions climatiques favorables Peu élevé (6/9) (1)	Situation actuelle : enzootique Quasi nulle à minime (1 à 2/9) (1)	Situation actuelle : Zone indemne de FVR Nulle (0/9) (1)
Probabilité d'importation de produits animaux (de toutes provenances) à destination de Maurice : « élevé » (8/9) (1)	Très faible (4/9) (1)	Peu élevé (6/9) (1)	Quasi nulle à minime (2/9) (1)	Nulle (0/9) (1)

(1) Incertitude Faible ; (2) Incertitude Moyenne ; (3) Incertitude Haute

L'estimation résultante de la probabilité d'introduction de produits animaux contaminés à Maurice est évaluée à :

Kenya :

- « **Très faible** » (4/9) en situation actuelle ;
- « **Peu élevé** » (6/9) en conditions climatiques favorables ;

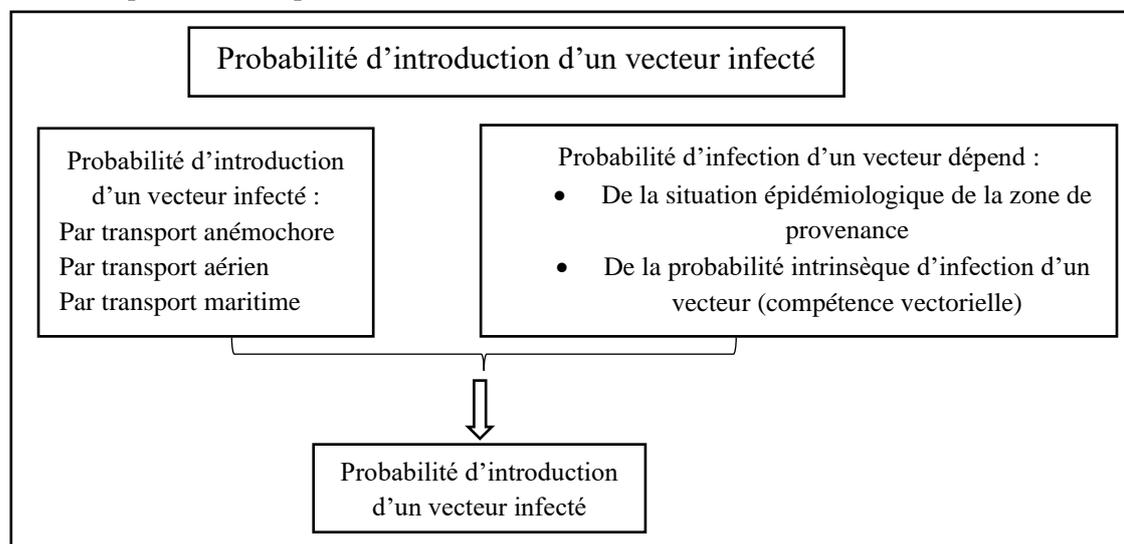
Afrique du sud : « **Quasi nulle à minime** » (1 à 2/9) ;

Rodrigues : « **Nulle** » (0/9).

II.2.3 Probabilité d'introduction de la FVR par l'introduction de vecteurs infectés

Cette probabilité correspond à la combinaison de la probabilité que des vecteurs soient infectés dans les zones de provenance du danger avec la probabilité d'introduction de ces vecteurs.

Figure 8 : Composition de la probabilité d'introduction d'un vecteur infecté à Maurice.



II.2.3.1 Probabilité que des vecteurs soient infectés dans les zones de provenance

Pour cette appréciation, il est indispensable d'associer la situation épidémiologique des zones de provenance avec la probabilité qu'un vecteur soit infecté dans une zone infectée. En situation d'épizootie, il est difficile de quantifier la probabilité qu'un vecteur soit infecté dans une population de vecteurs car soumise à de nombreuses variables (les espèces vectorielles présentes, les endroits de piégeage à savoir cœur ou pourtour du foyer, le lieu dans lequel l'épizootie s'est déclarée, *etc.*) (Afssa, 2008). Des facteurs intrinsèques et extrinsèques influencent également la notion de capacité et compétence vectorielle car la réalisation d'un cycle de transmission d'un pathogène via un vecteur reste intimement dépendante des relations qui lient ce pathogène à son vecteur.

❖ Facteurs intrinsèques

Pour une transmission de virus efficace, il semble que les interactions entre le pathogène et l'hôte sont dépendantes du comportement trophique des vecteurs. Dans le cas des vecteurs majeurs connus du virus de la FVR en Afrique de l'ouest, il existe une préférence plus marquée pour les petits ruminants que les grands ruminants, ce qui explique le degré d'implication de ces derniers dans l'épidémiologie de la FVR (Decome Magali, 2011).

❖ Facteurs extrinsèques

Les conditions climatiques notamment la pluviométrie agissent sur la capacité vectorielle dans le sens où des recherches ont montré qu'il existe une relation évidente entre l'apparition des épizooties et les épisodes de pluies inhabituellement fortes ou en période de pluie longues et abondantes. Davies and coll en 1985 ont mis en évidence cette relation en comparant les données des épizooties de FVR pendant 33 ans (entre 1951 et 1982) à cinq endroits où des épizooties ont eu lieu au Kenya. Toujours au Kenya, la plupart des vecteurs compétents mis en cause dans les épizooties de 1997-1998, puis de décembre 2006 appartiennent aux espèces : *Cx. zombaensis*, *An. coustani*, *Ae. mcintoshi*, *M. africana*, et *M. uniformis*. Compte tenu des différentes captures, l'espèce la plus abondante semblait être le moustique *Aedes mcintoshi*, dont la transmission trans-ovarienne a été prouvée ; c'est un vecteur primaire (Seufi et al., 2010).

Cependant, bien que les données caractérisant le pourcentage de vecteurs infectés pendant une épizootie varient considérablement, les experts interrogés ont convenu qu'une part faible de populations de vecteurs est contaminée en période d'épizootie. Ainsi, en prenant en compte la situation épidémiologique dans la zone de provenance et la probabilité d'infection d'un vecteur, l'estimation de la probabilité qu'un vecteur soit infecté dans les zones de danger est estimée de « **Minime à Extrêmement faible** » (2 à 3/9) au Kenya en situation enzootique et de « **quasi-nulle à minime** » (1 à 2/9) en Afrique du sud.

II.2.3.2 Probabilité d'introduction de vecteurs infectés

Les vecteurs infectés ou non peuvent être introduits naturellement par l'une de ces trois voies : migration naturelle, transport aérien et transport maritime.

❖ Migration naturelle

Les moustiques vecteurs de la FVR ne volent que sur quelques kilomètres. Pour être introduits par les airs à Maurice, ils doivent bénéficier d'un transport anémochore. Il y a très peu de données à ce sujet. Cependant, les caractéristiques biologiques de ces vecteurs les font se réfugier pendant la saison des vents. Contrairement aux données existantes dans la littérature sur le transport en altitude de culicoïdes sur de longues distances, celles sur les moustiques (*Aedes*, *Culex*, *etc.*) n'ont pas été évoquées.

La distance la plus courte entre les pays exportateurs et Maurice est :

- 615 km entre Rodrigues et Maurice
- 3188 km entre le Kenya et Maurice
- 4132 km entre l'Afrique du sud et Maurice

À la vue des informations précédentes, la probabilité d'introduction d'un vecteur par transport anémochore à Maurice en provenance des zones de danger est estimée à « **quasi nulle** » (1/9).

❖ Introduction de vecteurs par transport aérien

Officiellement, les avions sont tous désinfectés. Cependant, cette désinfection n'est pas toujours effectuée et les vérifications sur l'application de cette mesure ne sont pas toujours effectuées.

En 2000, une étude entomologique a été menée afin de mettre en évidence la preuve de ces défaillances. Celle-ci a montré l'existence de moustiques compétents pour le paludisme à l'aéroport de Roissy Charles de Gaulle (Afssa, 2008).

De ce fait, il existe un risque de transport par avion de moustiques contaminés en provenance des zones de circulation du virus. Il existe aussi un risque de transport de vecteurs infectés qui pourraient pénétrer dans les avions au cours des escales dans certaines zones contaminées. On peut ainsi citer l'exemple de l'introduction au Brésil par escale à Abidjan d'*Anopheles gambiae* (Afssa, 2008).

La probabilité d'introduction de vecteur par avion à Maurice en provenance des zones de danger est estimée à « **Extrêmement faible à très faible** » (3 à 4/9).

❖ Introduction de vecteurs par transport maritime

La probabilité d'introduire un vecteur par bateau dépend du nombre de navires arrivant à Maurice en provenance de pays à risque et des mesures de désinfection prises lors de ces transports. Il existe, en principe, un traitement des containers au départ des zones à risque et à l'arrivée à Maurice. En revanche, à la connaissance des experts, ce type de traitement n'est pas appliqué.

Par ailleurs, nous observons également un manque de données sur la l'intensité du trafic maritime Mauricien ; et de ce fait, les experts s'accordent à dire qu'il est moyennement intense.

La probabilité d'introduction de vecteurs à Maurice, en provenance de zone de danger par bateau est jugée à « **faible** » (5/9).

II.2.3.3 Probabilité résultante d'introduction de vecteurs infectés

Comme le montre le tableau 7, la combinaison de la probabilité d'infection d'un vecteur infecté avec sa probabilité d'introduction à Maurice a permis d'aboutir à la probabilité d'introduction d'un vecteur infecté.

Tableau 7 : Probabilité d'introduction de vecteurs infectés à Maurice

		Probabilité d'infection d'un vecteur fonction de la situation épidémiologique de la zone de provenance et de la probabilité intrinsèque et extrinsèque d'infection d'un vecteur (compétence vectorielle)			
		Kenya		Afrique du sud	Rodrigues
		Situation actuelle : enzootique avec des épisodes épizootiques Minime à extrêmement faible (2 à 3/9) (1)	Conditions climatiques favorables Très faible à faible (4 à 5/9) (1)	Situation actuelle : enzootique Quasi-nulle à minime (1 à 2/9) (1)	Situation actuelle : Zone indemne Nulle (0/9) (1)
Probabilité d'introduction d'un vecteur	Transport anémochore Quasi nulle (1/9) (1)	Quasi nulle (1/9) (1)	Quasi nulle (1/9) (1)	Quasi-nulle (1/9) (1)	Nulle (0/9) (1)
	Transport aérien Extrêmement faible à Très faible (3 à 4/9) (1)	Quasi nulle à minime (1 à 2/9) (1)	Minime à Extrêmement faible (2 à 3/9) (1)	Quasi-nulle (1/9) (1)	Nulle (0/9) (1)
	Transport maritime Faible (5/9) (1)	Minime (2/9) (1)	Extrêmement faible (3/9) (1)	Quasi-nulle à minime (1 à 2/9) (1)	Nulle (0/9) (1)

(1) Incertitude Faible ; (2) Incertitude Moyenne ; (3) Incertitude Haute

L'estimation résultante de la probabilité d'introduction d'un vecteur infecté à Maurice est de :

Kenya :

- « **Quasi nulle** » (1/9), « **Quasi nulle à minime** » (1 à 2/9) et « **Minime** » (2/9) en situation actuelle suivant respectivement les modes de transport anémochore, aérien et maritime ;
- « **Quasi nulle** » (1/9), « **Minime à extrêmement faible** » (2 à 3/9) et « **Extrêmement faible** » (3/9) en conditions climatiques favorables selon respectivement les modes de transport anémochore, aérien et maritime ;

Afrique du sud :

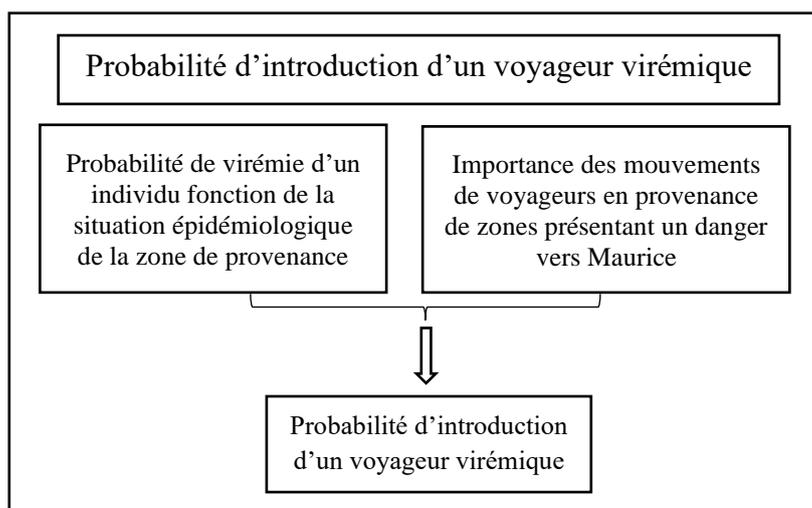
- « **Quasi nulle** » (1/9) pour le transport anémochore et aérien ;
- « **Quasi nulle à minime** » (1 à 2/9) pour le transport maritime ;

Rodrigues : « **Nulle** » (0/9) pour tout mode d'introduction.

II.2.4 Probabilité d'introduction de la FVR par l'introduction de voyageurs virémiques

La probabilité d'introduction d'un voyageur infecté correspond à la combinaison entre la probabilité que des personnes soient infectées dans les pays de provenance des voyageurs (probabilité étroitement liée à la prévalence de l'infection humaine dans les pays de provenance) et l'importance des mouvements de voyageurs.

Figure 9 : Composition de la probabilité d'introduction d'un voyageur virémique à Maurice.



II.2.4.1 Probabilité d'infection d'une personne

Dans les pays enzootiques ou des pays où des épizooties existent, le taux de prévalence chez l'homme est lié à la prévalence de l'infection animale. En cas d'épizootie, des cas humains sont identifiés et beaucoup moins fréquemment dans les pays où la maladie est enzootique. Même si la prévalence des cas cliniques chez l'homme, n'est pas exactement connue dans tous les pays, il apparaît que, même dans le cas d'une forte épidémie (par exemple celle au Kenya en 2007), la morbidité humaine (et donc probablement le taux d'infection) demeure faible.

La probabilité qu'un voyageur soit infecté en provenance des zones de danger à destination de Maurice est estimée à « **minime** » (2/9) pour les zones où le virus circule de façon enzootique et « **Très faible** » (4/9) pour les zones épizootiques et jugée « **nulle** » (0/9) dans les zones indemnes de maladie.

II.2.4.2 Importance des mouvements de voyageurs

Chaque année, il existe de nombreux vols internationaux en provenance ou à destination de Maurice avec de nombreux pays de l'Union Européenne, d'Asie et des autres îles de l'Océan Indien et d'Afrique.

(Richards, 2016). P39. Il existe en moyenne trois à quatre vols par semaine entre le Kenya et Maurice d'une part et un à deux vols journaliers entre l'Afrique du sud et Maurice d'autre part. Les experts s'accordent à dire qu'il n'existe pas sinon très peu de mouvements clandestins de voyageurs vers Maurice. La FVR étant enzootique avec des épisodes épizootiques dans certains pays de l'océan indien tels que Madagascar, Comores et Mayotte, le risque issu de la grande mobilité des voyageurs de ces zones pour Maurice a été pris en compte.

Le trajet des individus malades (montrant une virémie) est probablement limité (la virémie dure dix jours chez l'homme). D'un autre côté, il est envisageable que des individus présentent des symptômes discrets tels que le syndrome pseudo-grippal. La circulation de personnes infectées de façon inapparente est également prise en compte. Les mouvements de voyageurs vers Maurice sont jugés « **Assez élevé** » (7/9).

II.2.4.3 Probabilité résultante que des voyageurs infectés arrivent à Maurice

Le tableau 8 illustre cette probabilité.

Tableau 8: Probabilité d'introduction de voyageurs virémiques à Maurice.

	Probabilité qu'un humain soit virémique fonction de la situation épidémiologique du pays de provenance				
	Kenya		Afrique du sud	Madagascar, Comores, Mayotte	Rodrigues
	Situation actuelle : enzootique avec des épisodes épizootiques Minime (2/9) (1)	Conditions climatiques favorables : Très faible (4/9) (1)	Situation enzootique : Minime (2/9) (1)	Situation actuelle : enzootique avec des épisodes épizootiques Minime (2/9) (1)	Zone indemne : Nulle (0/9) (1)
Probabilité de mouvements de voyageurs vers Maurice Assez élevé (7/9) (1)	Minime (2/9) (1)	Extrêmement faible (3/9) (1)	Minime (2/9) (1)	Minime (2/9) (1)	Nulle (0/9) (1)

(1) Incertitude Faible ; (2) Incertitude Moyenne ; (3) Incertitude Haute

La probabilité résultante de l'introduction d'un voyageur virémique à Maurice est estimée :
Kenya :

- « **Minime** » (2/9) en situation actuelle ;
- « **Extrêmement faible** » (3/9) en conditions climatiques favorables ;

Afrique du sud : « **Minime** » (2/9) ;

Madagascar, Comores, Mayotte : « **Minime** » (2/9) ;

Rodrigues : « **Nulle** » (0/9).

II.3 APPRECIATION DE L'EXPOSITION

La probabilité de succès à savoir celui de la création d'un cycle local suite à l'introduction du virus correspond à la combinaison des deux paramètres ci-après :

- La quantité de virus introduits : fonction du « mode d'introduction » notamment à travers des animaux, des produits animaux, des vecteurs ou des voyageurs ;
- La probabilité de contact entre un acteur local du cycle (animaux, vecteurs, humains) et la source de virus importée.

II.3.1 Quantité de virus importée

❖ Par les vecteurs

Théoriquement, la pique d'un animal sain par un vecteur infecté introduit pourrait transmettre la maladie. Cependant, la probabilité pour qu'un seul vecteur soit en mesure de propager l'infection est très faible. Cela est fonction de sa capacité vectorielle n'étant pas de 100%, mais aussi de sa capacité de survie dépendant des conditions environnementales. Ainsi, par rapport à l'introduction du virus via des animaux virémiques, la quantité de virus introduite par un vecteur demeure toutefois très limitée. Elle est estimée à « **quasi-nulle** » (1/9).

❖ Par les animaux

Sont pris en compte : l'excrétion virale massive et le titre virémique pouvant être élevé qui permettent une éventuelle contamination par contact direct ou indirect avec d'autres animaux domestiques ainsi que la contamination d'autres vecteurs locaux potentiellement compétents. La quantité de virus importée peut être décrite comme très élevée chez des animaux présentant des signes cliniques (avortement en particulier). Toutefois, étant donné les variations dépendant du titre virémique atteint par un animal infecté, de la sensibilité des différentes espèces animales (sensibilité minimale chez les bovins et maximale chez les ovins et caprins), la quantité de virus importée qualifiée de « **élevée à très élevée** » (8 à 9/9).

❖ Par les produits animaux

Le virus est sensible aux pH acides mais en cas de mauvaise maturation lactique, il n'est pas exclu que celui-ci puisse persister dans des carcasses d'animaux infectées. Toutefois, le virus étant détruit par l'acidité produite par l'estomac, on peut considérer comme quasi nulle une contamination stricte par voie alimentaire. Chez les bouchers et autres manipulateurs de viande, la contamination observée est très probablement causée par de petites coupures par voie transcutanée ou par des micro-projections sur les muqueuses (en particulier lors de saignements d'animaux). La durée de vie du virus dans la viande fraîche est relativement courte et quelques heures après l'abattage (>6 heures), la contamination n'est plus possible. La quantité de virus introduite par des viandes a de ce fait été qualifiée de « **quasi-nulle à minime** » (1 à 2/9) pour les viandes congelées et « **très faible à faible** » (4 à 5/9) pour les viandes fraîches.

❖ Par les voyageurs

Il y a très peu d'éléments disponibles qui indiquent si un cycle local (homme-vecteur-homme) peut réellement se créer après introduction d'un voyageur virémique sur un territoire comprenant des vecteurs compétents, ceci en l'absence de relais par des ruminants domestiques. Des réponses objectives sur ce sujet ne peuvent pas être formulées par la bibliographie existante. En Egypte et en Mauritanie par exemple, les atteintes humaines observées pour la plupart sont celles en faveur d'une probable manipulation d'animaux malades (éleveurs, bouchers) et non aux vecteurs contaminés. Au Kenya, aucune contamination interhumaine n'a été identifiée au sein de l'hôpital, malgré l'absence d'isolement des malades infectés par le VFVR et soignés en centre hospitalier. Ces facteurs ne démontrent pas un rôle épidémiologique joué par l'homme, qui se comporterait vraisemblablement plus comme un cul-de-sac épidémiologique. Par conséquent, la probabilité de transmission du virus à partir d'un voyageur virémique est qualifiée de « **Nulle à quasi-nulle** » (0 à 1/9).

II.3.2 Probabilité de contact entre un acteur local du cycle (animaux, vecteurs, humains) et la source de virus.

❖ Pour les vecteurs

En générale, la transmission vectorielle du VFVR n'est pas très efficace (compétence vectorielle faible) mais est possible par de nombreuses espèces vectrices. L'apparition d'un cycle enzootique requière la présence d'un bon vecteur. Ces cycles sont maintenus par un certain nombre de vecteurs présentement connus, notamment *Aedes neomelaniconion* (présent en Afrique du Sud et en Afrique de l'Est). La densité des vecteurs potentiellement compétents à Maurice est mal connue. A priori, de nombreux

vecteurs comme *Culex pipiens quinquefasciatus* ont une mauvaise compétence vectorielle tandis que d'autres faiblement représenté dans les îles voisines mais probablement absente à Maurice notamment *Aedes circumluteolus* présente une bonne compétence vectorielle. Compte tenu des connaissances actuelles, la densité de vecteurs potentiellement compétents est évaluée à « **Quasi-nulle** » (1/9).

❖ Pour les ruminants

La probabilité de contact entre un animal infecté introduit et la population de cerf rufus qui constitue la faune sauvage de l'île est estimé à « **nulle à quasi-nulle** » (0 à 1/9) car malgré le fait qu'ils ne soient retrouvés que sur une partie de l'île complètement séparée du reste, ils sont entourés d'une double barrière rendant plus difficile leur contact avec des humains ou d'autres animaux domestiques. La densité des ruminants de l'île est peu élevée comptant 6000 bovins, 26 600 chèvres, 2700 ovins en 2014 (Book final). La grande majorité de ruminants importés (grands ou petits) sont acheminés vers l'abattoir. Une autre partie, notamment les vaches laitières après avoir été mises en quarantaine (quarantaine de Richelieu) pour contrôle, sont acheminées vers les élevages. Le dernier cas de figure est celle de petits ruminants qui, de manière légale sont introduits pour abattage et qui sortent illégalement de ce circuit et iront enrichir le patrimoine génétique de certains élevages. Toutefois, l'une des destinations d'un animal introduit sera un élevage et par conséquent le risque de transmission virale est évalué à « **très élevé** » (9/9) avec un ruminant domestique local.

❖ Pour les humains

Les paramètres précédents décrivent l'homme comme un probable cul-de-sac épidémiologique car celui-ci ne jouant aucun rôle dans le cycle de transmission de la FVR. Par conséquent, est qualifié de « **nulle à quasi nulle** » (0 à 1/9) la probabilité de transmission virale à partir d'un humain virémique, par un vecteur. Cependant, il peut exister des cas humains de FVR à travers la contamination par un animal malade. La densité de population en contact avec les ruminants domestiques à Maurice peut être décrite comme « **Très faible à faible** » (4 à 5/9)

De même, il est admis que le contact éventuel avec des pièces de **viandes infectés importées**, concernerait principalement la population urbaine de l'île à destination de magasins, restaurants et supermarchés. Le nombre de personnes susceptible d'être en contact avec cette source de virus a été jugée « **très faible** » (4/9).

En somme, la probabilité de création d'un cycle local à la vue de l'ensemble des éléments précités est présentée dans le tableau 9.

Tableau 9: Probabilité d'exposition à partir des différentes sources de VFVR

			Quantité de virus importé				
			Vecteurs	Animaux	Produits animaux		Hommes
			Quasi-nulle (1/9) (1)	Elevée à très élevée (8 à 9/9) (1)	Viande fraîche Très faible à faible (4 à 5/9) (1)	Viande congelée Quasi-nulle à minime (1 à 2/9) (1)	Nulle à quasi-nulle (1/9) (1)
Probabilité de contact entre un acteur local du cycle (à Maurice) et la source de virus.	Vecteurs	Quasi-nulle (1/9) (1)	X	Quasi-nulle (1/9).	X	X	Nulle à quasi-nulle (0 à 1/9)
	Ruminants	Domestiques Très élevé (9/9) (1)	Quasi-nulle (1/9)	Elevée à très élevée (8 à 9/9)	X	X	X
		Sauvages Nulle à quasi-nulle (0 à 1/9) (1)	Nulle à quasi-nulle (0 à 1/9)	Nulle à quasi-nulle (0 à 1/9)	X	X	X
	Humains	Très faible à faible (4 à 5/9) (1)	Quasi-nulle (1/9)	Très faible à faible (4 à 5/9)	Minime à extrêmement faible (2 à 3/9)	Quasi-nulle à minime (1 à 2/9)	X
	Produits animaux	Très faible (4/9) (1)	X	X	X	X	X

(1) Incertitude Faible ; (2) Incertitude Moyenne ; (3) Incertitude Haute

Lorsque le croisement ne peut se réaliser, une croix l'indique dans la case correspondante.

La probabilité d'exposition, correspondant à la probabilité de succès, a des estimations qui varient de :

- « **Elevée à très élevée** » (8 à 9/9) pour un animal infecté qui serait introduit au sein d'un troupeau Mauricien ;
- « **Très faible à faible** » (4 à 5/9) pour un humain local qui entrerait au contact d'un animal importé infecté
- « **Minime à extrêmement faible** » (2 à 3/9) pour un humain local qui manipulerait une viande fraîche importée contaminée ;
- « **Quasi nulle à Minime** » (1 à 2/9) pour un humain local qui manipulerait une viande congelée importée contaminée ;
- « **Quasi-nulle** » (1/9) pour les autres situations envisagées :
 - Vecteurs locaux au contact d'un animal infecté ;
 - Ruminants locaux au contact d'un vecteur infecté ;
 - Humains locaux au contact d'un vecteur infecté ;
- « **Nulle à quasi nulle** » (0 à 1/9) pour un vecteur local au contact d'un voyageur infecté ou d'un ruminant sauvage local qui entrerait en contact avec voyageur infecté.

II.4 ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE SURVENUE D'UNE EPIZOOTIE DE FVR A MAURICE

Cette probabilité résulte du croisement des probabilités d'émission et d'exposition décrites plus haut. La combinaison de ces probabilités va être déclinée pour chaque type d'introduction possible du VFVR.

II.4.1 Estimation de la probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir d'un animal vivant infecté

Le tableau 10 présente la probabilité de survenue d'un cas de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un animal vivant infecté.

Tableau 10 : Probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir d'un animal infecté

		Probabilité d'introduction d'un animal infecté			
		Kenya		Afrique du sud	Rodrigues
		Situation actuelle : enzootique avec des épisodes épizootiques Très faible à faible (4 à 5/9)	Conditions climatiques favorables Assez élevé à élevé (7 à 8/9)	Situation actuelle : enzootique Minime (2/9)	Situation actuelle : zone indemne Nulle (0/9)
	Animal-vecteur : Quasi nulle (1/9)	Quasi nulle (1/9)	Quasi nulle (1/9)	Quasi nulle (1/9)	Nulle (0/9)
	Animal-animal : Elevée à très élevée (8 à 9/9)	Très faible à faible (4 à 5/9)	Assez élevé à élevé (7 à 8/9)	Minime (2/9)	Nulle (0/9)
	Animal-homme : Très faible à faible (4 à 5/9)	Minime à Extrêmement faible (2 à 3/9)	Extrêmement faible à faible (3 à 5/9)	Quasi nulle à minime (1 à 2/9)	Nulle (0/9)

La probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice comme indiqué dans le tableau 9 varie de :

En conditions climatiques favorables au Kenya :

- « **Assez élevé à élevé** » (7 à 8/9) pour un animal infecté en importé qui serait introduit au sein d'un cheptel Mauricien ;
- « **Extrêmement faible à faible** » (3 à 5/9) pour un animal infecté introduit qui entrerait au contact d'un humain local

En situation actuelle au Kenya :

- « **Très faible à faible** » (4 à 5/9) pour un animal infecté en provenance du Kenya qui serait introduit au sein d'un cheptel Mauricien ;
- « **Minime à extrêmement faible** » (2 à 3/9) pour un animal infecté en provenance du Kenya au contact d'un humain local ;

En provenance d'Afrique du sud

- « **Minime** » (2/9) pour un animal infecté en provenance d'Afrique du sud qui serait mis au contact d'un cheptel Mauricien
- « **Quasi nulle à minime** » (1 à 2/9) pour un animal infecté en provenance d'Afrique du sud qui entrerait au contact d'un humain local ;

- « **Quasi nulle** » (1/9) pour un animal infecté en provenance du Kenya ou d'Afrique du sud qui entrerait au contact d'un vecteur local ;

- « **Nulle** » (0/9) pour un animal infecté en provenance de Rodrigues quel que soit le type d'acteur local avec lequel cet animal entrerait en contact.

II.4.2 Estimation de la probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un produit animal infecté

La probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'importation de produits animaux contaminés est représenté dans le tableau 11

Tableau 11 : Probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir d'une viande contaminée

		Probabilité d'introduction d'un produit animal infecté			
		Kenya		Afrique du sud	Rodrigues
		Situation actuelle : enzootique avec des épisodes épizootiques Très faible (4/9)	Conditions climatiques favorables Peu élevé (6/9)	Situation actuelle : enzootique Quasi nulle à minime (1 à 2 /9)	Situation actuelle : zone indemne Nulle (0/9)
Probabilité de succès	Viande fraîche-homme : Minime à extrêmement faible (2à 3/9)	Quasi nulle à minime (1 à 2/9)	Minime (2/9)	Quasi nulle (1/9)	Nulle (0/9)
	Viande congelée-homme : Quasi-nulle à minime (1 à 2/9)	Quasi nulle (1/9)	Quasi-nulle à minime (1 à 2/9)	Quasi nulle (1/9)	Nulle (0/9)

La probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice suite à l'introduction d'un produit animal infecté varie de :

En conditions climatiques favorables au Kenya :

- « **Minime** » (2/9) pour une viande fraîche contaminée importée qui serait manipulée par des hommes locaux ;
- « **Quasi-nulle à minime** » (1 à 2/9) pour une viande congelée contaminée importée qui serait manipulée par des hommes locaux ;

En situation actuelle au Kenya :

- « **Quasi nulle à minime** » (1 à 2/9) pour une viande fraîche contaminée importée qui serait manipulée par des hommes locaux ;
- « **Quasi nulle** » (1/9) pour une viande congelée contaminée importée qui serait manipulée par des hommes locaux ;

En provenance d'Afrique du sud :

- « **Quasi nulle** » (1/9) pour une viande fraîche ou congelée contaminée introduite qui serait manipulée par des Mauriciens ;

- « **Nulle** » (0/9) pour une viande aussi bien fraîche que congelée en provenance de Rodrigues qui serait manipulée par des humains locaux.

II.4.3 Estimation de la probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un vecteur infecté

La probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un vecteur infecté est présentée dans le tableau 12.

Tableau 12 : Probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un vecteur infecté

		Probabilité d'introduction d'un vecteur infecté			
		Kenya		Afrique du sud	Rodrigues
		Situation actuelle : enzootique avec des épisodes épizootiques Minime (2/9)	Conditions climatiques favorables Extrêmement faible (3/9)	Situation actuelle : enzootique Quasi-nulle à minime (1 à 2/9)	Situation actuelle : zone indemne Nulle (0/9)
Probabilité de succès	Vecteur-animal : Quasi-nulle (1/9)	Quasi-nulle (1/9)	Quasi-nulle (1/9)	Quasi-nulle (1/9)	Nulle (0/9)
	Vecteur-homme : Quasi-nulle (1/9)	Quasi-nulle (1/9)	Quasi-nulle (1/9)	Quasi-nulle (1/9)	Nulle (0/9)

La probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un vecteur infecté en provenance du Kenya et d'Afrique du sud est estimée à « **Quasi nulle** » (1/9) et « **Nulle** » (0/9) en provenance de Rodrigues.

II.4.4 Estimation de la probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un voyageur virémique

La probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice suite à l'introduction d'un voyageur virémique est présentée dans le tableau 13.

Tableau 13 : Probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un voyageur virémique

		Probabilité d'introduction d'un voyageur virémique				
		Kenya		Afrique du sud	Madagascar, Comores, Mayotte	Rodrigues
		Situation actuelle : enzootique avec des épisodes épizootiques Minime (2/9)	Conditions climatiques favorables Extrêmement faible (3/9)	Situation actuelle : enzootique Minime (2/9)	Situation actuelle : enzootique avec des épisodes épizootiques Minime (2/9)	Situation actuelle : zone indemne Nulle (0/9)
Probabilité de succès	Homme-vecteur : Nulle à quasi-nulle (0 à 1/9)	Nulle à quasi-nulle (0 à 1/9)	Nulle à quasi-nulle (0 à 1/9)	Nulle à quasi-nulle (0 à 1/9)	Nulle (0/9)	

La probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un voyageur infecté est estimée à « **Nulle à quasi nulle** » (0 à 1/9).

Afin d'achever le processus d'analyse de risque, il est nécessaire d'évaluer les conséquences qu'entraînerait la survenue d'une épizootie de FVR en territoire Mauricien.

II.5 CONSEQUENCES D'UNE EPIDEMIE DE FVR A MAURICE

Le risque est le produit de la probabilité de survenue d'un évènement par ses conséquences. La FVR étant une maladie zoonotique, les conséquences envisagées seront d'une part en santé animale et d'autre part en santé humaine. On considère trois échelles de conséquences différentes pour l'appréciation de chacune d'entre elles.

Conséquences en santé animale

- Les conséquences économiques pour un élevage suite à la déclaration d'un foyer au sein du cheptel ;
- La diffusibilité de la maladie entre troupeaux, qui détermine l'ampleur et la gravité de l'épizootie ;
- Les conséquences économiques à l'échelle nationale, aussi bien pour l'ensemble de la filière et pour l'Etat.

Conséquences en santé humaine

- La sévérité individuelle de la maladie
- La diffusibilité de la maladie dans la population humaine
- Le coût sanitaire global

II.5.1 Conséquences en santé animale

• Conséquences pour un élevage

Plusieurs facteurs contribuent à l'impact économique sur une exploitation lors de la déclaration d'un foyer de FVR dans un élevage :

- L'impact direct de l'apparition de la maladie dans le troupeau :
 - o Avortements, diminution de la production laitière,
 - o Morbidité et mortalité animale
- L'impact lié aux mesures de gestion sanitaires mises en place au sein du foyer :
 - o Abattage de bétail entraînant une perte de potentiel génétique
 - o Retard dans la reconstitution du cheptel et de ce fait dans la reprise de la production

Sur la base des connaissances actuelles sur la FVR selon l'espèce affectée, nous pouvons distinguer deux situations possibles. Les petits ruminants sont connus pour être les plus sensibles à la FVR et lorsqu'ils sont atteints, présenter des formes plus graves de la maladie. Par conséquent, dans le cas d'un foyer déclaré dans un cheptel de petits ruminants, nous pouvons penser que les signes cliniques seraient marqués et le taux de mortalité élevé. Par contre, les manifestations cliniques peuvent être moins évidentes et la mortalité plus limitée si la FVR touche un cheptel de grands ruminants. Les conséquences économiques directement liées à la maladie seraient de ce fait plus importante pour un élevage de petits ruminants que pour un élevage de grands ruminants.

Les conséquences économiques pour un cheptel varient selon les espèces :

- Pour un cheptel de grands ruminants, elles sont estimées à « **faibles** » (1/3) ;
- Pour un cheptel de petits ruminants, elles sont estimées à « **moyennes** » (2/3).

• Diffusibilité de la maladie entre troupeaux

Suite à la survenue d'un premier foyer de FVR à Maurice, la maladie peut s'étendre d'un cheptel infecté vers des cheptels indemnes, entraînant l'apparition d'une épizootie. L'estimation de la diffusibilité doit

prendre en compte le temps entre l'infection d'un animal et l'établissement d'un diagnostic. En effet, plus le délai de diagnostic est long, plus la probabilité de transmission de la maladie à d'autres troupeaux augmente et donc la propagation de l'épizootie grande. Plus les symptômes sont marqués (mortalité élevée, avortements élevés), plus l'intervention vétérinaire sera précoce et plus vite les examens seront réalisés du fait de la gravité de la maladie. Par conséquent, les mesures de blocage de l'exploitation et la création de zones de protection et de surveillance canaliseront l'épizootie du fait de la suspicion et la déclaration rapide du foyer. Cette situation est plus susceptible de se produire si les premières exploitations touchées sont celles de petits ruminants, qui sont susceptibles d'exprimer une forme de maladie plus sévère.

A l'opposé, si l'expression clinique de la FVR est légère et que peu d'animaux meurent malgré la progression de la maladie dans le cheptel, le diagnostic de certitude sera retardé et les échanges ou contacts pourront se produire avant la mise en œuvre des mesures de protection. Cette situation est plus susceptible de se produire dans le cas d'une atteinte d'un cheptel de grands ruminants. Par conséquent, la faible sévérité de la maladie est un facteur qui favorise sa propagation.

Nous avons distingué l'estimation de la diffusibilité selon les espèces.

La diffusibilité de la FVR à partir d'un premier foyer est estimé :

- A « **faibles** » (1/3) pour une exploitation de grands ruminants ;
- A « **moyennes** » (2/3) pour une exploitation de petits ruminants.

• Conséquences à l'échelle nationale

A l'échelle nationale, deux types de conséquences sont à prendre en compte :

- L'impact économique sur le secteur de l'élevage, dû à :
 - o La fermeture des marchés à l'export, ce qui entrave certains circuits commerciaux ;
 - o La déstabilisation de filières déjà structurellement affaiblies
- Les coûts engendrés pour l'Etat par la mise en œuvre des mesures de gestion sanitaire
 - o Dépenses liées à la mise en place d'un plan d'urgence
 - o Indemnisation financière des abattages des cheptels

L'annonce de foyers de FVR à Maurice et la perte du statut « indemne de FVR » occasionnerait la mise sur pied de barrière sanitaire suivant les normes édictées par l'OIE. Les débouchés à l'export vont être limités. Si l'application des mesures d'urgence permet le contrôle rapide de l'épisode, la durée de ces blocages peut être courte de sorte qu'il n'y a pas de répercussions trop graves. La durée et l'ampleur des blocages varieront en fonction de l'évolution de l'épizootie.

La crise de la fièvre aphteuse qui a sévi en 2016 a participé à la fragilisation des filières. L'apparition de FVR contribuerait encore plus à la déstabilisation des élevages Mauriciens. L'établissement d'un plan d'urgence en cas de survenue d'un foyer d'une maladie contagieuse engendre des coûts importants en matériel (prélèvements, désinfection, abattage) et en personnel affecté aux activités d'abattage et l'installation des périmètres de blocage aux alentours des foyers. L'indemnisation par l'Etat des propriétaires de troupeaux abattus génère des coûts supplémentaires.

A l'échelle nationale, les conséquences économiques de l'apparition d'une épizootie de FVR à Maurice sont qualifiées de « **faibles à moyennes** » (1 à 2 /3) en fonction de l'étendu de l'épizootie et de la rapidité de résolution de l'épisode.

II.5.2 Conséquences en santé humaine

• Sévérité individuelle de la maladie

Elle comprend les conséquences sanitaires de la maladie sur le plan individuel (intensité et gravité de la maladie, séquelles possibles, risque de mortalité) d'une part et le coût du traitement d'un malade (arrêt de travail, hospitalisation, nécessité de soins ultérieurs) d'autre part. Dans la plupart des cas, les signes

cliniques sont discrets (95% des cas sont pauci-asymptomatiques) et seul le tableau de la fièvre hémorragique (environ 2 à 3% des cas) est sévère.

La sévérité individuelle de la maladie est qualifiée de « **faible** » (1/3)

- **Diffusibilité de la maladie dans la population humaine**

Elle est estimée en tenant compte du fait que la population Mauricienne exposée n'est pas très élevée (1 265 000 d'habitants sur l'île) et que l'évolution de la maladie en nombre de cas humains possibles, serait de ce fait limité. Cette information suggère que la population la plus vulnérable (éleveurs, bouchers, travailleurs en abattoir, vétérinaires, équarisseurs, etc.) est encore plus restreinte. De plus, l'homme est considéré comme un cul-de-sac épidémiologique et une transmission majeure d'un individu à un autre n'est pas à envisager, même médiée par des vecteurs. La contamination humaine se fait principalement par contact direct ou indirect avec des ruminants contaminés.

La diffusibilité de la FVR dans la population humaine est estimée à « **faible** » (1/3)

- **Coût pour la santé publique**

Il comporte :

- Le coût de la clinique (morbidité et risque de mortalité, rare mais réel, chez les personnes les plus exposées)
- Le coût des séquelles, notamment, oculaires et neurologiques ;
- Le coût du traitement des malades pendant la période symptomatique et possiblement des séquelles ;
- Le coût de la réalisation d'un grand nombre d'analyses en cas d'épidémie ;
- Le coût de la prise de mesures préventives en cas d'épidémie

Le coût pour la santé publique est estimé à « **moyen** » (2/3)

II.5.3 Bilan de l'appréciation des conséquences

Les tableaux 14 et 15 récapitulent les estimations des éléments pris en compte dans l'appréciation des conséquences en santé animale d'une part et en santé humaine d'autre part et leur addition pour obtenir l'appréciation globale.

Tableau 14 : Conséquences en santé animale d'une épizootie de FVR à Maurice

Conséquence santé animale		Economie de l'élevage	Diffusibilité de la maladie	Coût au plan nationale	Total
Note	Petits ruminants	2/3	2/3	1 à 2/3	5 à 6/9
	Grands ruminants	1/3	1/3	1 à 2/3	3 à 4/9

Les conséquences globales en santé animale de l'apparition d'une épizootie de FVR à Maurice sont qualifiées « **Extrêmement faibles à très faibles** » (3 à 4/9) pour les grands ruminants (espèce bovine) et « **Faibles à peu élevées** » (5 à 6/9) pour les petits ruminants (espèces ovine et caprine).

Tableau 15 : Conséquences en santé humaine d'une épizootie de FVR à Maurice

Conséquences en santé humaine	Sévérité individuelle	Diffusibilité dans la population humaine	Coût sanitaire global	Total
Note	1/3	1/3	2/3	4/9

Les conséquences globales en santé humaine suite à l'apparition d'une épizootie de FVR à Maurice sont qualifiées de « **très faibles** » (4/9).

II.6 ESTIMATION GLOBALE DU RISQUE D'UNE ÉPIZOOTIE DE FVR A MAURICE

L'appréciation générale du risque d'une épizootie de FVR découle du croisement de la probabilité de survenue d'une épizootie et des conséquences engendrées par cet évènement. La grille présentée en annexe 5, proposée par le groupe de travail de l'AFSSA (AFSSA 2008) en est celle qui a permis d'effectuer ce croisement. Les tableaux suivants présenteront les différents résultats de ces combinaisons, en conservant les différentes sources d'introduction possibles.

II.6.1 Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir d'un animal infecté

Le risque (probabilité de survenue × conséquences) d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un animal infecté est présenté dans le tableau 16.

Tableau 16 : Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un animal vivant infecté

		Probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice, à partir d'animaux infectés											
		Animaux infectés en provenance du Kenya						Animaux infectés en provenance d'Afrique du Sud			Animaux infectés en provenance de Rodrigues		
		Situation actuelle			Conditions climatiques favorables			Situation enzootique			Zone indemne		
		Animal - vecteur : Quasi nulle (1/9)	Animal-animal : Très faible à faible (4 à 5/9)	Animal-homme : Minimement Extrême faible (2 à 3/9)	Animal - vecteur : Quasi nulle (1/9)	Animal-animal : Assez élevé à élevé (7 à 8/9)	Animal-homme : Extrêmement faible à faible (3 à 5/9)	Animal - vecteur : Quasi nulle (1/9)	Animal-animal : Minimement (2/9)	Animal-homme : Quasi nulle à minimale (1 à 2/9)	Animal - vecteur : Nulle (0/9)	Animal - animal : Nulle (0/9)	Animal - homme : Nulle (0/9)
Conséquences en santé animale	Petits ruminants : Faibles à peu élevées (5 à 6/9)	Quasi nul à minimale (1 à 2/9)	Extrêmement faible à très faible (3 à 4/9)	Minimement extrême faible (2 à 3/9)	Quasi nul à minimale (1 à 2/9)	Très faible à peu élevé (4 à 6/9)	Minimement très faible (2 à 4/9)	Quasi nul à minimale (1 à 2/9)	Minimement extrême faible (2 à 3/9)	Quasi nul à extrême faible (1 à 3/9)	Nul (0/9)	Nul (0/9)	Nul (0/9)
	Grands ruminants : Extrêmement faibles à très faibles (3 à 4/9)	Quasi nul (1/9)	Minimement (2/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul à très faible (1 à 4/9)	Quasi nul à minimale (1 à 2/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Nul (0/9)	Nul (0/9)	Nul (0/9)
Conséquences en santé humaine	Très faible (4/9)	Quasi nul (1/9)	Minimement (2/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Extrêmement faible à très faible (3 à 4/9)	Quasi nul à minimale (1 à 2/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Nul (0/9)	Nul (0/9)	Nul (0/9)

❖ Le risque d'une **épidémie** de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un animal vivant infecté est variable :

Si ces animaux proviendraient du Kenya, le risque estimé est directement dépendant des conditions climatiques et de l'immunité de cheptels de ce pays. Dans la situation **actuelle**, ce risque est estimé :

- « **Extrêmement faible à très faible** » (3 à 4/9) et « **Minime** » (2/9) pour des animaux (petits et grands ruminants respectivement) introduit dans des élevages Mauriciens ;
- « **Minime à extrêmement faible** » (2 à 3/9) et « **Quasi nul** » (1/9) pour des animaux (petits et grands ruminants respectivement) qui rentreraient en contact direct avec des hommes locaux ;
- « **Quasi nulle à minime** » (1 à 2/9) et « **Quasi nul** (1/9) » pour ces mêmes animaux (petits et grands ruminants respectivement) en cas de contact avec des vecteurs compétents.

Si ces animaux proviendraient d'Afrique du sud, le risque est estimé :

- « **Minime à extrêmement faible** » (2 à 3/9) et « **Quasi nul** » (1/9) pour des animaux (petits et grands ruminants respectivement) qui seraient introduit dans les élevages Mauriciens ;
- « **Quasi nul à extrêmement faible** » (1 à 3/9) et « **Quasi nul** » (1/9) si ces mêmes animaux (petits et grands ruminants respectivement) n'entraient en contact direct qu'avec des hommes locaux ;
- « **Quasi nul à minime** » (1 à 2/9) et « **Quasi nul** » (1/9) si ces mêmes animaux (petits et grands ruminants respectivement) entraient au seul contact de vecteurs compétents.

Si ces animaux proviendraient de Rodrigues, le risque global est estimé « **Nul** » (0/9)

❖ Le risque d'une **épidémie** de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un animal vivant infecté est jugé « **nul à minime** » (0 à 2/9) dans la grande majorité des cas avec une exception pour des animaux importés en conditions climatiques favorables et introduit dans des élevages Mauriciens ; le risque dans ce cas est jugé « **Extrêmement faible à très faible** » (3 à 4/9).

II.6.2 Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de produits animaux infectés

Le risque (probabilité de survenue × conséquences) d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction de produits animaux infectés est présenté dans le tableau 17.

Tableau 17 : Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un produit animal infecté

		Probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice, à partir de produits animaux infectés							
		Produits animaux infectés en provenance du Kenya				Produits animaux infectés en provenance d'Afrique du Sud		Produits animaux infectés en provenance de Rodrigues	
		Situation actuelle		Conditions climatiques favorables		Situation enzootique		Zone indemne	
		Viande fraîche-homme : Quasi nulle à minime (1 à 2/9)	Viande congelée-homme : Quasi nulle (1/9)	Viande fraîche-homme : Minime (2/9)	Viande congelée-homme : Quasi-nulle à minime (1 à 2/9)	Viande fraîche-homme : Quasi nulle (1/9)	Viande congelée-homme : Quasi nulle (1/9)	Viande fraîche-homme : Nulle (0/9)	Viande congelée-homme : Nulle (0/9)
Conséquences en santé animale	Petits ruminants : Faibles à peu élevées (5 à 6/9)	Quasi nul à extrêmement faible (1 à 3/9)	Quasi nul à minime (1 à 2/9)	Minime à Extrêmement faible (2 à 3/9)	Quasi nul à extrêmement faible (1 à 3/9)	Quasi nul à minime (1 à 2/9)	Quasi nul à minime (1 à 2/9)	Nul (0/9)	Nul (0/9)
	Grands ruminants : Extrêmement faibles à très faibles (3 à 4/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Nul (0/9)	Nul (0/9)
Conséquences en santé humaine	Très faible (4/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Quasi nul (1/9)	Nul (0/9)	Nul (0/9)

❖ Le risque d'une **épizootie** de FVR à Maurice à partir de l'introduction de produits animaux infectés est variable :

Si ces produits animaux proviendraient du Kenya, le risque estimé est directement dépendant des conditions climatiques de ce pays. Dans la situation **actuelle**, ce risque est estimé :

- « **Quasi nulle à extrêmement faible** » (1 à 3/9) pour des viandes fraîches qui seraient manipulées par des hommes locaux
- **Quasi nulle à minime** (1 à 2/9) pour des viandes congelées qui seraient manipulées par des hommes locaux

Si ces produits animaux proviendraient d'Afrique du sud, le risque est estimé

- **Quasi nulle à minime** (1 à 2/9) aussi bien pour des viandes fraîches que congelées qui seraient manipulées par des hommes locaux

Si ces produits animaux proviendraient de Rodrigues, le risque global est estimé « **Nul** » (0/9)

❖ Le risque d'une **épidémie** de FVR à Maurice à partir de l'introduction de produits animaux infectés est jugé « **nul à quasi nul** » (0 à 1/9).

II.6.3 Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir d'un vecteur infecté

Le risque (probabilité de survenue × conséquences) d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un vecteur infecté est présenté dans le tableau 18.

Tableau 18 : Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un vecteur infecté

		Probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice, à partir d'un vecteur infecté	
		Vecteurs en provenance du Kenya et d'Afrique du sud Quasi-nulle (1/9)	Vecteur en provenance de Rodrigues Nulle (0/9)
Conséquences en santé animale	Petits ruminants Faibles à peu élevées (5 à 6/9)	Quasi nul à minime (1 à 2/3)	Nul (0/9)
	Grands ruminants : Extrêmement faibles à très faibles (3 à 4/9)	Quasi nul (1/9)	Nul (0/9)
Conséquences en santé humaine	Très faible (4/9)	Quasi nul (1/9)	Nul (0/9)

❖ Le risque d'une **épizootie** de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un vecteur infecté varie de « **nul à minime** » (0 à 2/9) selon les voies d'introduction ;

❖ Le risque d'une **épidémie** de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un vecteur infecté varie de « **nul à quasi nul** » (0 à 1/9) selon les voies d'introduction.

II.6.4 Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir d'un voyageur infecté

Le risque (probabilité de survenue × conséquences) d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un voyageur infecté est présenté dans le tableau 19.

Tableau 19 : Risque d'une épizootie de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un voyageur infecté

		Probabilité de survenue d'une épizootie de FVR à Maurice, à partir d'un voyageur infecté	
		Voyageur en provenance du Kenya, d'Afrique du sud, Madagascar, Comores, Mayotte Nulle à quasi-nulle (1/9)	Voyageur en provenance de Rodrigues Nulle (0/9)
Conséquences en santé animale	Petits ruminant : Faibles à peu élevées (5 à 6/9)	Nul à minime (0 à 2/9)	Nul (0/9)
	Grands ruminants : Extrêmement faibles à très faibles (3 à 4/9)	Nul à quasi nul (0 à 1/9)	Nul (0/9)
Conséquences en santé humaine	Très faible (4/9)	Nul à quasi nul (0 à 1/9)	Nul (0/9)

- ❖ Le risque d'une **épizootie** de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un voyageur infecté varie de « **nul à minime** » (**0 à 2/9**) selon les voies d'introduction ;
- ❖ Le risque d'une **épidémie** de FVR à Maurice à partir de l'introduction d'un voyageur infecté varie de « **nul à quasi nul** » (**0 à 1/9**) selon les voies d'introduction.

CHAPITRE III : DISCUSSION

Vont être discutés à tour de rôle la méthodologie utilisée et les résultats de cette étude, suite auxquels nous formulerons quelques remarques et recommandations quant à la gestion du risque de FVR à Maurice.

III.1 CADRE DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE

Durant cette étude portant sur l'évaluation qualitative du risque d'introduction de la FVR à Maurice, étude motivée par le projet TROI, nous nous sommes limités au Kenya, l'Afrique du sud et Rodrigues comme zone de provenance à risque. Cette limite correspond aux pays qui entretiennent des échanges commerciaux de bétails avec l'île Maurice.

Le choix d'une méthode qualitative pour l'analyse de risque se justifie par plusieurs raisons. Malgré la grande majorité des îles de l'Océan Indien touchée par cette maladie et la circulation enzootique de cette maladie dans la plupart des zones de provenance, la préoccupation au sujet d'une éventuelle apparition de FVR à Maurice ne justifie pas la réalisation d'une étude quantitative longue et lourde. De plus, les données existantes quant à la situation épidémiologique de la FVR sont trop peu précises pour permettre une exploitation mathématique. Enfin, dans le cadre de ce travail, la contrainte de temps faisait obstacle au développement d'un modèle quantitatif complexe. Le choix de la méthode proposée par l'AFSSA se justifie par la clarté de son explication, la rigueur de sa démarche et la collégialité des estimations requises.

❖ Discussion des biais

- La subjectivité des appréciations émises est un problème inhérent à l'analyse qualitative du risque. Cette difficulté est en partie réduite par la collégialité (évaluation collective) de la démarche ;
- Un panel d'experts insuffisant pour l'étude, nous confrontant à des difficultés de qualité ou d'actualité de certaines données pour estimer le risque d'introduction. Ce biais a été en parti réduit par les différents niveaux d'incertitudes alloués aux probabilités.

III.2 ANALYSE DES RESULTATS

Les résultats obtenus à la suite de l'analyse de risque ont permis de qualifier le risque global de « nul à peu élevé » (0 à 6/9), ce qui laisse penser à une priorité de mise en place d'un dispositif de gestion de risque. Toutefois, ces résultats doivent être examinés dans le détail pour mettre en évidence des points de vigilance spécifiques sur lesquels les efforts doivent être portés ou maintenus. Deux « profils à risque » ont été mis en évidence, c'est-à-dire deux situations qui représentent une part plus marquée de risque global. Il s'agit des possibilités d'apparition d'un foyer suite à :

- L'introduction dans un cheptel Mauricien d'un animal vivant infecté en provenance du Kenya qui serait mis sans précaution particulière au sein d'un troupeau indemne ;
- L'introduction d'un animal vivant infecté en provenance du Kenya qui entrerait au contact d'un humain local ;

Dans le premier cas, la probabilité d'apparition d'un foyer à partir de l'introduction dans un cheptel Mauricien d'un animal vivant infecté en provenance du Kenya est la plus élevée parmi les voies considérées et est variable selon les conditions climatiques. En conditions climatiques favorables, cette probabilité a été estimée à **Assez élevé à élevé (7 à 8/9)** contre « **Très faible à faible** » (4 à 5/9) en situation actuelle.

Pour ce qui est du deuxième cas, la probabilité d'apparition d'un foyer à partir de l'introduction d'un animal vivant infecté en provenance du Kenya et qui rentrerait en contact avec un homme local est également variable selon les conditions climatiques. En conditions climatiques favorables, cette probabilité a été estimée à **Extrêmement faible à faible (3 à 5/9)** contre « **Minime à extrêmement faible** » (2 à 3/9) en situation actuelle.

Dans les deux cas de figure, la particularité de ces situations mérite une vigilance permanente qu'il convient de rappeler.

La probabilité de survenue d'un foyer à partir des autres voies d'introduction identifiées varient de « **Nulle à minime** » (0 à 2/9). Ces résultats sont sensiblement similaires à ceux issus de l'étude faite par l'Afssa en 2008.

Nous remarquons également que le risque augmente avec l'apport des conséquences en santé animale surtout chez les petits ruminants « **Faibles à peu élevées** » (5 à 6/9). Dans la grande majorité des cas, le risque peut être considéré comme négligeable, mais l'estimation des conséquences indique que la survenue d'un seul foyer de FVR serait dommageable au secteur d'élevage de ruminants (les petits ruminants en particulier) et à l'économie nationale. Par conséquent, il semble nécessaire de maintenir des moyens permettant de garder ce risque à un faible niveau, et de vérifier que les capacités de réponse en cas d'épizootie sont effectives.

III.3 RECOMMANDATIONS POUR LA GESTION DU RISQUE

Dans cette partie, deux options de gestion de risque seront développées. La première sera des moyens de prévention de l'émission, en s'efforçant de contrôler la propagation de la maladie à la source (c'est-à-dire dans les zones déjà touchées par la FVR). Le deuxième axe s'articulera sur les possibilités d'amélioration de la gestion qui serait mise en place en cas d'apparition d'un réel foyer, voire d'une épizootie qui pourrait en résulter sur le territoire Mauricien.

III.3.1 Réduction de la probabilité d'émission

De deux types d'actions dépend la réduction de la probabilité d'émission : la réduction de la probabilité d'infection et la réduction de la probabilité d'introduction d'une source potentielle.

- **Réduction de la probabilité d'infection**

L'intervalle correspondant à la probabilité d'infection d'un animal est large (4 à 8/9). Cet écart est dû à la variabilité saisonnière. Cette probabilité peut être réduite. Un réseau de surveillance épidémiologique efficace doit être mis en place, avec préférentiellement une surveillance active fondée sur des enquêtes épidémiologiques. Ceci permet non seulement de réagir rapidement en cas de survenue de la maladie dans une zone indemne, mais aussi de surveiller l'évolution du statut sanitaire des animaux en zone de danger. Il doit également y avoir un renforcement de la vigilance avec les pays voisins et ceux en lien commerciaux infectés par la FVR. Un renforcement de la couverture vaccinale doit également être envisagé. De même, un soutien scientifique et technique voire financier pour les flambées de maladies dans les pays touchés peut être un moyen d'encourager la notification des foyers et d'aider à établir des systèmes de gestion efficaces.

- **Réduction de la probabilité d'introduction d'une source potentielle**

Le public n'est pas régulièrement avisé sur la législation en matière d'importation de produits animaux et n'est pas conscient des risques de sanctions associés, ni des dangers éventuellement transmis par les produits importés. Une large diffusion de l'information dans les aéroports peut avoir un effet dissuasif sur les tentatives d'introductions illégales. Aussi, une plus grande coordination entre les agents de contrôle Mauriciens à l'aéroport et les services vétérinaires permettrait d'éviter que les produits normalement interdits à l'importation ne soient introduits par simple ignorance de la problématique.

III.3.2 Anticiper l'apparition d'un cas à Maurice

Selon les voies d'introduction, la probabilité de survenue de la FVR est globalement estimée de « nulle à élevée ». De même, compte tenu des conséquences relativement importantes (5 à 6/9) que pourraient entraîner cette apparition, il est nécessaire de prévoir une aptitude de réponse rapide face à une telle situation. Ainsi, à l'issue de cette analyse, une surveillance basée sur le risque doit directement être mise en place. Une surveillance syndromique des avortements avec intégration des vétérinaires privés et de filières doit également être mise en place.

Un large communication et sensibilisation des populations, vétérinaires et éleveurs doit également être mise en place. Les vétérinaires qui assurent le maillage sanitaire du pays doivent être encouragés à informer fréquemment les éleveurs sur l'importance d'identifier correctement leur bétail et de se conformer aux réglementations commerciales d'animaux. Les mesures de biosécurité en ce qui concerne l'introduction de nouveaux animaux dans les troupeaux doivent être évoquées dès que possible, notamment auprès des éleveurs connus pour être moins consciencieux. Les agents des services vétérinaires sont également indexés par cette mission d'information dans le sens où ceux-ci peuvent identifier au cours de leurs inspections de terrain les exploitations les plus à risque face à l'introduction de nouveaux animaux.

Il doit être possible de réaliser un diagnostic précoce de FVR et de le confirmer dans les meilleurs délais. Maurice étant un territoire indemne de FVR, il est nécessaire de s'assurer que les vétérinaires sanitaires en tant que premier maillon de la chaîne de diagnostic aient une connaissance de base sur la maladie, notamment en termes de signes cliniques et de diagnostic différentiel.

Il convient également de veiller à ce que les services vétérinaires élaborent des dispositions pratiques d'application des plans d'urgences opérationnels. En cas de suspicion d'un cas de maladie infectieuse, les procédures d'interventions doivent être connues du personnel et leur utilisation sur le terrain doit être testée à travers des exercices. Il faut s'assurer que les services vétérinaires disposent des équipements nécessaires à l'application du plan d'urgence (matériel de désinfection, d'abattage et de prélèvement pour analyse) et que son utilisation effective est contrôlée par les agents mis en œuvre pour effectuer les opérations de terrain. Les différentes mesures énumérées s'inscrivent dans le cadre d'efforts réguliers et à long terme afin de les rendre efficaces.

CONCLUSION

Le risque d'apparition du VFVR à Maurice est bien réel. La croissance des échanges commerciaux, des transports internationaux et les conditions climatiques favorables à l'activité vectorielle sont des facteurs qui peuvent accroître ce risque, donnant suite à un risque d'introduction, d'exposition et de persistance du virus à Maurice plus grand.

L'importation d'animaux infectés en provenance du Kenya s'est avéré la voie d'introduction la plus à risque ; risque amplifié en saison des pluies. L'importation de viande infectée dans la grande majorité des cas se fait de manière illégale par des voyageurs, mais ne représente qu'une part très faible de risque. L'importation de vecteurs infectés peut être effectuée par le biais de transport de marchandises telles que les pneus, de transports internationaux, ou de transport anémochore en cas d'enzootie ou d'épizootie dans les pays à proximité. Les risques d'exposition du cheptel Mauricien ainsi que des vecteurs locaux compétents une fois le virus introduit seraient non négligeables.

Compte tenu de l'importance économique et sanitaire que pourrait engendrer ce virus aussi bien en santé animale qu'en santé humaine, il serait primordial d'établir des moyens de prévention plus spécifiques. Il pourrait s'agir de renforcer les contrôles d'importation des animaux sur pied, renforcer les méthodes de démoustication et leur contrôle dans les aéroports, mettre en place des systèmes de détection précoce du virus, ainsi que des plans d'action et lutte.

Cependant, il s'agit d'une évaluation qualitative du risque et les différents scénarii envisagés ne sont pas exhaustifs. Il serait intéressant de réaliser une analyse qualitative un peu plus poussée en prenant en compte le maximum de voies d'introduction possibles, avec éventuellement des descentes sur le terrain à envisager afin d'actualiser certaines données ou fournir des réponses aux données manquantes. La réalisation d'une analyse quantitative pourrait mesurer de manière plus précise le risque d'émergence de la FVR à Maurice.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

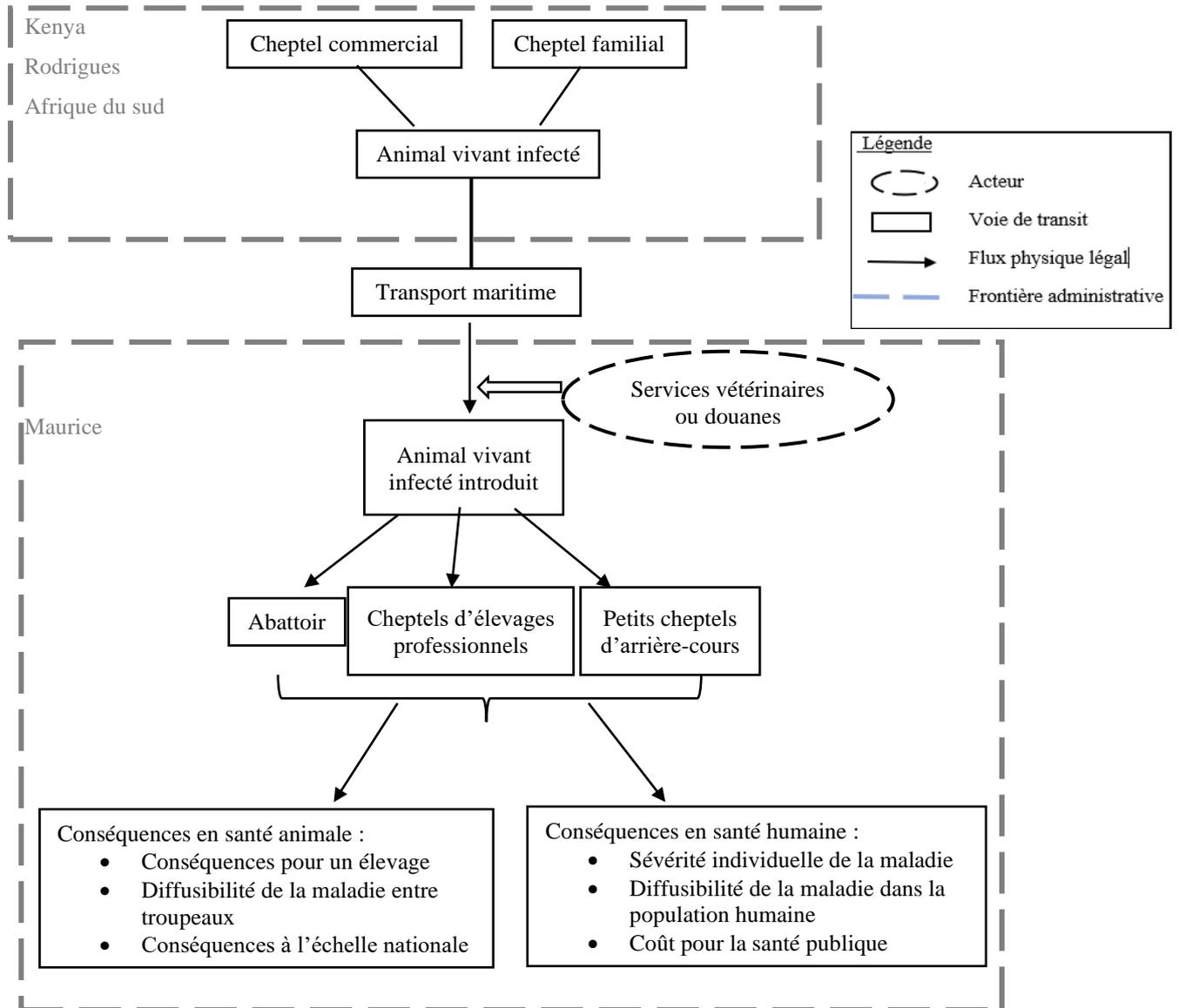
- Adam, A. A., Karsany, M. S. and Adam, I., 2010. Manifestations of severe Rift Valley fever in Sudan. *Int. J. Infect. Dis*, 14:179–180.
- AFSSA, 2008. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments sur le risque de propagation de la fièvre de la vallée du rift (FVR) dans un département et une collectivité départementale française de l'Océan Indien (la Réunion et Mayotte).
- Ahmad, K., 2000. More deaths from Rift Valley fever in Saudi Arabia and Yemen. *Lancet*, 356:1422.
- Andriamandimby, S. F., Randrianarivo-Solofoniaina, A. E., Jeanmaire, E. M., Ravololomanana, L., Razafimanantsoa, L. T., Rakotojoelinandrasana, T., Razainirina, J., Hoffmann, J., Ravalohery, J. P., Rafisandratantsoa, J. T., Rollin, P. E. and Reynes, J. M., 2010. Rift Valley fever during rainy seasons, Madagascar, 2008 and 2009. *Emerg Infect Dis*, 16: 963-970.
- Archer, B. N., Weyer, J., Paweska, J., Nkosi, D., Leman, P. A., Tint, K. S. and Blumberg, L., 2011. Outbreak of Rift Valley fever affecting veterinarians and farmers in South Africa, 2008. *S Afr Med J*, 101: 263-266.
- Balenghien, T., Cardinale, E., Chevalier, V., Elissa, N., Failloux, A.-B., Jean José Nipomichene, T. N., Nicolas, G., Rakotoharinome, V. M., Roger, M. and Zumbo, B., 2013. Towards a better understanding of Rift Valley fever epidemiology in the South-West of the Indian Ocean. *Vet Res*, 44: 78.
- Bird, B. H., & Nichol, S. T. 2012. Breaking the chain: Rift Valley fever virus control via livestock vaccination. *Current Opinion in Virology*, 2(3), 315–23.
- Bird, B. H., Ksiazek, T. G., Nichol, S. T., & Maclachlan, N. J., 2009. Zoonosis Update Rift Valley fever virus. *JAVMA*, 243(7), 883–893.
- Cêtre-Sossah, C. and Albina, E., 2009. Rift Valley fever: veterinary aspects and impact for human health. *Med Trop*, 69: 358-361.
- Chevalier, V., Lancelot, R., Thiongane, Y., Sall, B., Diaite, A. et Mondet, B. (2005) Rift Valley Fever in small ruminants, Senegal, 2003. *Emerging Infectious Diseases* 11, (11), 1693-1700.
- Daubney, R., Hudson, J. and Garnham, P. C., 1931. Enzootic hepatitis or Rift Valley fever: an undescribed disease of sheep, cattle and man from east Africa. *J. Pathol. Bacteriol*, 34: 545-579.
- Davies, F.G. et Martin, V. (2003) Recognizing Rift Valley Fever. *FAO Animal Health Manual*.
- Decome Magali, 2011. APPRECIATION DU RISQUE D'EMERGENCE DE LA FIEVRE DE LA VALLEE DU RIFT EN FRANCE METROPOLITAINE. Thèse. Université Paul-Sabatier de Toulouse.
- Dubois, JC., 1996. L'analyse du risque. Une approche conceptuelle et systémique. 1996 éd. Ediscience International.
- El Mamy, A. B. O., Baba, M. O., Barry, Y., Isselmou, K., Dia, M. L., Hampate, B., Diallo, M. Y., El Kory, M. O. B., Diop, M., Lo, M. M., Thiongane, Y., Bengoumi, M., Puech, L., Plée, L., Claes, F., De La Rocque, S. and Doumbia, B., 2011. Unexpected Rift Valley fever outbreak, northern Mauritania. *Emerg Infect Dis*, 17: 1894-1896.
- Elliott, R. M., Blakqori, G., 2011. *Bunyaviridae: Molecular and Cellular Biology*. Ed. Caister Academic Press, Wymondham, United Kingdom, 250. p. 1–39.
- Elliott, Rm., Bouloy, M., Calisher, Ch., Goldbach, R., Moyer, Jr., Nichol, St., et al. (2000) Family Bunyaviridae. In: *Virus taxonomy VIIth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*, Van Regenmortel, M.H.V., Fauquet, C.M., Bishop, D.H.L., Carsten, E.B., Estes, M.K., Lemon, S.M., Maniloff, J., Mayo, M.A., McGeoch, D.J., Pringle, C.R., Wickner, R.B. Editors, Academic Press, San Diego. 599-621. FAO, 2007. Diseases cards : Rift valley fever.
- FAO, 2003. Recognizing rift valley fever. *FAO Animal Health Manual*, (17).
- FAO (2007) Diseases cards : Rift valley fever. <http://www.fao.org/ag/AGInfo/subjects/en/health/diseasescards/rvf.html>.
- FAOSTAT. On-line Consulté le 29.05.2020. <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/TA>.
- Fontenille, D., Traore-Lamizan, M., Diallo, M., Thonnon, J., Digoutte, J. P. and Zeller, H. G., 1998. New Vectors of Rift Valley Fever in West Africa. *Emerg Infect Dis*, 4: 289-293

- Francis Wanyoike, Nadhem, Bernard Bett Mtimet, 2019. RVF vaccination campaign in Kenya .On-line Consulté le 08.04.2020. <https://www.google.com/search?q=RVF+vaccination+campaign+in+Kenya&aq=chrome..69i57.1196j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>.
- Gaëlle Nicolas, 2018. Diffusion de la fièvre de la Vallée du Rift par les mouvements de bovins: modélisation de la circulation virale dans un écosystème tempéré et montagneux, l'exemple de Madagascar. p20.
- Geering, W.A., Davies, F.G. et Martin, V. (2002) Preparation of Rift Valley Fever Contingency Plans. FAO Animal Health Manual 15.
- Gerdes, G. H., 2004. Rift Valley fever. *Rev Sci Tech*, 23: 613-623.
- Gurevitz, S. A. and Spak, C. W., 2012. 33-Years-Old Liver transplant recipient returns from hunting trip in Sudan with intermittent fevers and gross hematuria. *Lab Medicine*, 43: 3-6.
- Heise, M. T., Whitmore, A., Thompson, J., Parsons, M., Grobbelaar, A., Kemp, A., Burt, F. J., 2009. An alphavirus replicon-derived candidate vaccine against Rift Valley fever virus. *Epidemiology and Infection*. 137(9), 1309–18.
- Jupp, P. G., Kemp, A., Grobbelaar, A., Lema, P., Burt, F. J., Alahmed, A. M., Al Mujalli, D., Al Khamees, M. and Swanepoel, R., 2002. The 2000 epidemic of Rift Valley fever in Saudi Arabia: mosquito vector studies. *Med Vet Entomol*, 16: 245–252.
- Lancelot, R., Gonzalez, J. P., Leguenno, B., Diallo, B. C., Gandega, Y. and Guillaud, M., 1989. Epidémiologie descriptive de la fièvre de la Vallée du Rift chez les petits ruminants dans le Sud de la Mauritanie après l'hivernage. *Rev Elev Med Vet Pays Trop*, 42: 485-491.
- Linthicum, K. J., Davies, F. G., Kairo, A. and Bailey, C. L., 1985. Rift Valley fever virus (family: Bunyaviridae, genus: Phlebovirus). Isolations from Diptera collected during interepizootic period in Kenya. *J Hyg (Lond)*, 95: 197-209.
- Logan, T. M., Linthicum, K. J., Davies, F. G., Binepal, Y. S. and Roberts, C. R., 1991a. Isolation of Rift Valley fever virus from mosquitoes (Diptera: Culicidae) collected during an outbreak in domestic animals in Kenya. *J Med Entomol*, 28: 293-295.
- Logan, T. M., Linthicum, K. J., Thande, P. C., Wagatoh, J. N., Nelson, G. O. and Roberts, C. R., 1991b. Egg hatching of Aedes mosquitoes during successive floodings in a Rift Valley fever endemic area in Kenya. *J Am Mosq Control Assoc*, 7: 109-112.
- Lubroth, J., Rweyemamu, M. M., Viljoen, G., Diallo, A., & Dungu, B., 2007. Veterinary vaccines and their use in developing countries, 26(1), 179–201.
- Matthieu ROGER, 2008. Bilan sanitaire des populations de cerfs rusa (*Cervus timorensis russa*) de l'île Maurice : Dépistage de huit maladies infectieuses. (stage académique). CIRAD, Maurice.
- Maurice Omondi, Isaac Ngere, Caren Ndeti, 2016. Report on the Evaluation of Surveillance Systems Relevant to Zoonotic Diseases in Kenya- 2015: A Basis for Design of an Integrated Human Livestock Surveillance System.
- Mauritius Ministry of Agriculture, 2016. Strategic Plan (2016 - 2020) For The Food Crop, Livestock and Forestry Sectors.
- Meegan, J. M., Hoogstraal, H. and Moussa, M., 1979. An epizootic of Rift Valley fever in Egypt in 1977. *Vet Rec*, 105: 124-125.
- Nabeth, P., Kane, Y., Abdalahi, M.O., Diallo, M., Ndiaye, K., Ba, K., et al. (2001) Rift Valley fever outbreak, Mauritania, 1998 : Seroepidemiologic, virologic, entomologic, and zoologic investigations. *Emerging Infectious Diseases* 7, (6), 1052-1054.
- OIE, 2013. Rift Valley fever, Senegal. WAHID weekly disease information, 26:
- OIE. 2008a. Glossaire. Code sanitaire pour les animaux terrestres (On-line) Consulté le 11.06.2020. http://www.oie.int/fr/normes/mcode/fr_glossaire.htm#sous-chapitre-2.
- OIE, 2008b. Analyse de risque. Code sanitaire pour les animaux terrestres Titre 2. (On-line) Consulté le 11.06.2020. http://www.oie.int/fr/normes/mcode/fr_titre_1.2.htm.
- OIE WAHIS. Portail wahis: Données de santé animale: OIE - World Organisation for Animal Health. On-line Consulté le 15.04.2020. <https://www.oie.int/fr/sante-animale-dans-le-monde/portail-wahis-donnees-de-sante-animale/>.
- Paweska, J. T., Weyer, J., van Vuren, P. J., Kemp, A., le Roux, C., Leman, P., Grobbelaar, A., Archer, B., Thomas, J., Last, R., de Klerk, G., Pienaar, H., Blumberg, L. and Swanepoel, R., 2010.

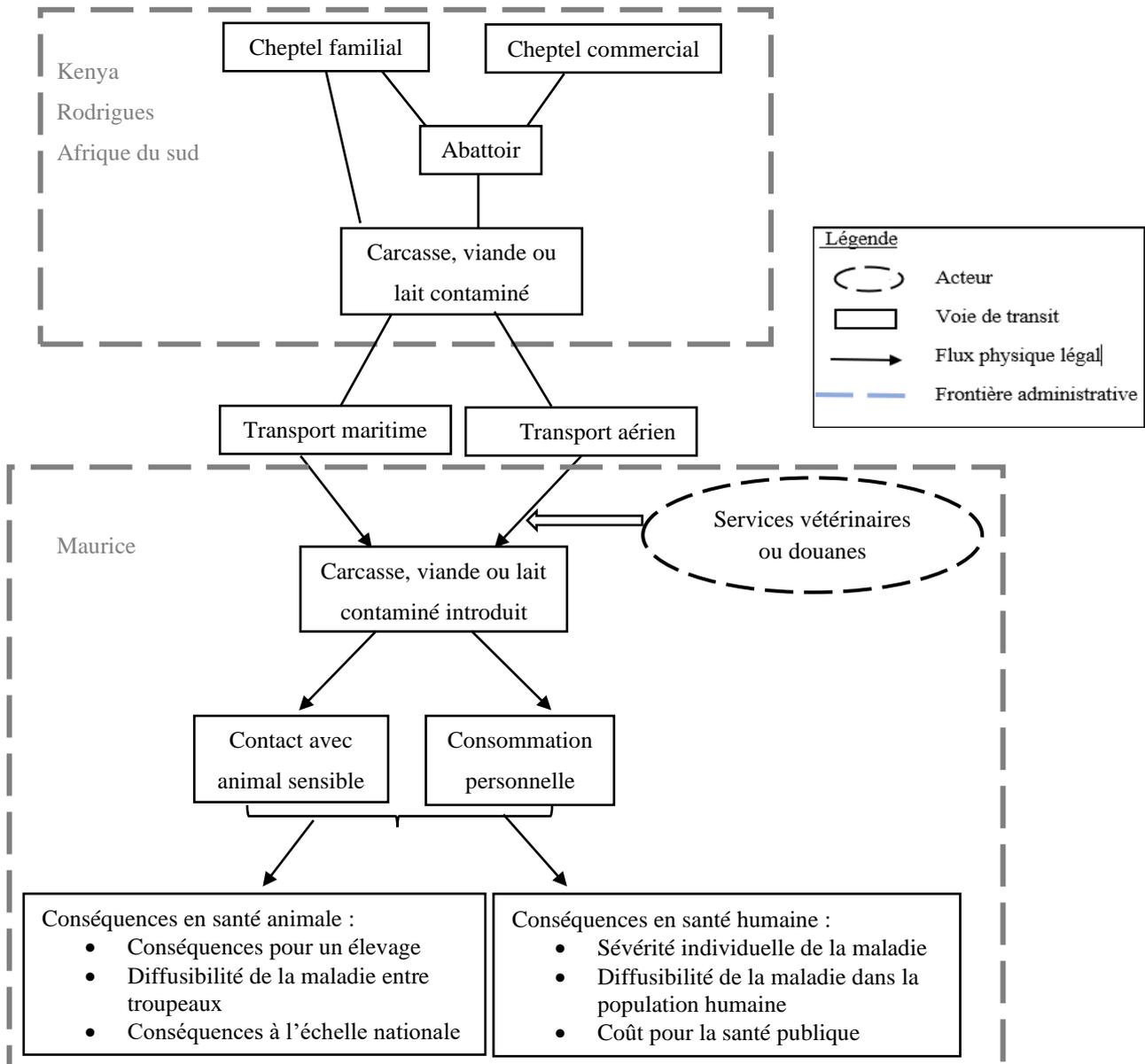
- Update on the 2010 Rift Valley fever outbreak in South Africa. *ArboZoonet News*, 5: 7-13. Available on: http://www.arbo-zoo.net/_data/arbozoonet-news_No15.pdf.
- Pépin, M., Bouloy, M., Bird, B. H., Kemp, A. and Paweska, J. T., 2010. Rift Valley fever virus (Bunyaviridae: Phlebovirus): an update on pathogenesis, molecular epidemiology, vectors, diagnostics and prevention. *Vet Res*, 41: 61
- Pienaar, N.J., Thompson, P.N., 2013. Temporal and spatial history of Rift Valley fever in South Africa: 1950 to 2011. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 80:1–13.
- Ratovonjato, J., Olive, M.-M., Tantely, L. M., Andrianaivolambo, L., Tata, E., Razainirina, J., Jeanmaire, E. M., Reynes, J.-M. and Elissa, N., 2010. Detection, Isolation, and Genetic Characterization of Rift Valley Fever Virus from *Anopheles (Anopheles) coustani*, *Anopheles (Anopheles) squamosus*, and *Culex (Culex) antennatus* of the Haute Matsiatra Region, Madagascar. *Vector Borne Zoonotic Dis* 11:753–759.
- Richards, A., 2016. Mauritius: Rodrigues. Reunion. Bradt Travel Guides. On-ligne Consulté le 11.06.2020
<https://www.google.com/search?q=Richards%2C+A.%2C+2016.+Mauritius%3A+Rodrigues.+Reunion.+Bradt+Travel+Guides.&oq=Richards%2C+A.%2C+2016.+Mauritius%3A+Rodrigues.+Reunion.+Bradt+Travel+Guides.&aqs=chrome..69i57.885j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Sang, R., Kioko, E., Lutomiah, J., Warigia, M., Ochieng, C., O'Guinn, M., Lee, J. S., Koka, H., Godsey, M., Hoel, D., Hanafi, H., Miller, B., Schnabel, D., Breiman, R. F. and Richardson, J., 2010. Rift Valley Fever Virus Epidemic in Kenya, 2006/2007: The Entomologic Investigations. *Am J Trop Med Hyg*, 83:28–37.
- Seufi, A.M. & Galal, F.H., 2010. Role of *Culex* and *Anopheles* mosquito species as potential vectors of rift valley fever virus in Sudan outbreak, 2007. *BMC Infectious Diseases*, 10(1), p.65.
- Sissoko, D., Giry, C., Gabrie, P., Tarantola, A., Pettinelli, F., Collet, L., D'Ortenzio, E., Renault, P. and Pierre, V., 2009. Rift Valley fever, Mayotte, 2007-2008. *Emerg Infect Dis*, 15: 568-570.
- Swanepoel, R. et Coetzer, J.A.W., 2004. Rift Valley fever. In: *Infectious Diseases of Livestock*, In : Coetzer, J.A., Tustin, R.C. Editors, second edition. Cape Town: Oxford university Press, Southern Africa 1037–1070.
- Thiongane, Y., Gonzalez, J.P., Fati, A. et Akakpo, J.A. (1991) Changes in Rift Valley fever neutralizing antibody prevalence among small domestic ruminants following the 1987 outbreak in the Senegal River basin. *Research in Virology* 142, (1), 67-70.
- Thonnon, J., Picquet, M., Thiongane, Y., Lo, M., Sylla, R. et Vercruysse, J, 1999. Rift valley fever surveillance in the lower Senegal River Basin : Update 10 years after the epidemic. *Tropical Medicine and International Health* 4, 580–585.
- Toma, B. et Fabiani, G. (1983) *Les Zoonoses. Maladies animales transmissibles à l'homme*. Presses Universitaires de France. Paris. 127 pages.
- Turell, M. J., Linthicum, K. J., Patrican, L., Davies, F. G., Kairo, A. and Bailey, C., 2008. Vector competence of selected African mosquito (Diptera: Culicidae) species for Rift Valley fever virus. *J Med Entomol*, 45: 102-108
- Warimwe, G. M., Lorenzo, G., Lopez-Gil, E., Reyes-Sandoval, A., Cottingham, M. G., Spencer, A. J., Gilbert, S. C., 2013. Immunogenicity and efficacy of a chimpanzee adenovirus-vectored Rift Valley Fever vaccine in mice. *Virology. Journal*. 10(1), 349.
- Zeller, H.G., Fontenille, D., Traore-Lamizana, M., Thiongane, Y. et Digoutte, J.-P. (1997) Enzootic activity of Rift valley fever virus in Senegal. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 56, (3), 265-272.

ANNEXES

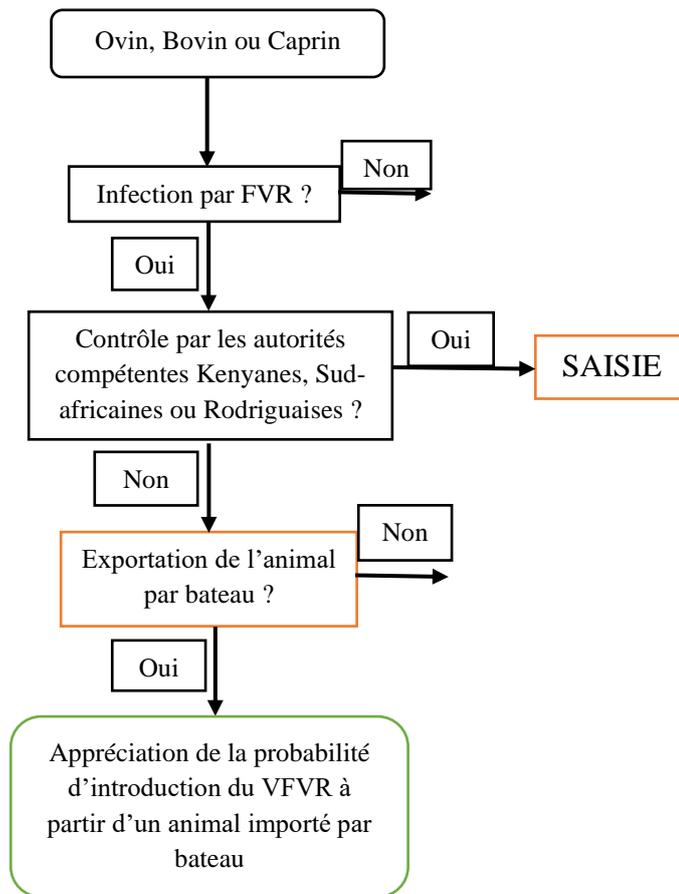
Annexe 1 : Schéma conceptuel d'introduction du VFVR à Maurice par l'importation d'un animal vivant infecté



Annexe 2 : schéma conceptuel d'introduction du VFVR à Maurice à partir de l'importation d'un produit d'origine animale contaminé



Annexe 3 : Arbre évènementiel d'introduction du VFVR à partir d'un animal importé par voie maritime



Annexe 4 : Tableau de croisement des probabilités d'émission et d'exposition

		Probabilité d'émission										
			N	QN	M	EF	TF	F	PE	AE	E	TE
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Probabilité d'exposition	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	QN	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	M	2	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2
	EF	3	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3
	TF	4	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4
	F	5	0	1	2	2	3	3	4	4	5	5
	PE	6	0	1	2	2	3	4	5	5	6	6
	AE	7	0	1	2	3	3	4	5	6	7	7
	E	8	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8
	TE	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

(N=Nulle, QN=Quasi-nulle, M=Minime, EF=Extrêmement faible, TF=Très faible, F=Faible, PE=Peu élevé, AE= Assez élevé, E=Elevé, TE=Très élevé)

Source : AFSSA 2008

Annexe 5 : Tableau de croisement de la probabilité de survenue et des conséquences (estimation du risque)

		Probabilité de survenue											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
		N	QN	M	EF	TF	F	PE	AE	E	TE		
Conséquences	0	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
	1-3	QN	N	QN									
		M	N	QN	M								
		EF	N	QN	M	EF							
	4-6	TF	N	QN	QN	QN	M	M	EF	EF	TF	TF	TF
		F	N	QN	M	M	EF	EF	TF	TF	F	F	F
		PE	N	M	EF	EF	TF	TF	F	F	PE	PE	PE
	7-9	AE	N	F	F	F	PE	PE	PE	AE	AE	AE	AE
		E	N	PE	PE	PE	AE	AE	AE	E	E	E	E
		TE	N	AE	AE	AE	E	E	E	TE	TE	TE	TE

(N=Nul, QN=Quasi-nul, M=Minime, EF=Extrêmement faible, TF=Très faible, F=Faible, PE=Peu élevé, AE= Assez élevé, E=Elevé, TE=Très élevé)

Source : AFSSA 2008

Annexe 6 : Liste des membres du groupe d'expertise

M. Eric Cardinale

Epidémiologiste, coordinateur ONE HEALTH Ocean Indien
Cirad, Réunion

Mme. Cécile Squarzoni Diaw

Epidémiologiste
Cirad Réunion

M. Beehary

Directeur des services vétérinaires de Maurice
DSV de Réduit, Mauritius