

PRISE EN COMPTE DE L'ACCEPTABILITÉ DES ABATTAGES MASSIFS D'ANIMAUX PAR L'OPINION PUBLIQUE DANS LE CHOIX DE STRATÉGIES DE LUTTE EN CAS D'ÉPIZOOTIE DE FIÈVRE APHTEUSE EN FRANCE *

Marsot Maud¹, Rautureau Séverine², Dufour Barbara³ et Durand Benoît¹



RÉSUMÉ

Comparer des stratégies de lutte contre des maladies infectieuses permet de déterminer les stratégies optimales en fonction de leurs impacts. Cependant, le choix d'une stratégie de lutte peut dépendre d'autres paramètres, comme l'acceptabilité des mesures par l'opinion publique. L'objectif était d'analyser le choix d'une stratégie de lutte contre la fièvre aphteuse comme un processus de décision « collective » dans lequel le décideur subit plusieurs sources d'influence. Nous avons déterminé comment, en France, la stratégie optimale peut varier en fonction du poids relatif accordé à chaque partie prenante. Les moyennes des coûts publics (État), des pertes à l'export (industries agro-alimentaires) et du nombre d'élevages dont les animaux ont été abattus (opinion publique) à la suite d'épizooties de fièvre aphteuse simulées ont été calculées pour comparer sept stratégies au niveau régional. Nous avons ainsi montré que la stratégie optimale choisie au cours du processus de décision peut varier en fonction de la région considérée et de l'importance donnée à chaque partie prenante.

Mots-clés : fièvre aphteuse, décision « collective », stratégie de lutte, acceptabilité, opinion publique.

ABSTRACT

Comparison of control strategies for infectious animal diseases enables optimal strategies to be determined based on their impacts. However, in real life, the choice of a control strategy could be influenced by other parameters, like the acceptability of control measures by the public opinion. The objective was to analyse the choice of a foot and mouth disease control strategy as a "collective" decision-making process in which the decision-maker is influenced by several stakeholders. We determined how, in France, the optimal control strategy varied according to the relative weights of stakeholders. The mean of public costs (government), export losses (agro-food industries) and the number of herds slaughtered (public opinion) in simulated foot and mouth disease epizootics were quantified in order to compare seven control strategies at the regional level. Thus, we showed that the optimal control strategy chosen during the decision-making varied according to the region considered and to the importance given to each stakeholder.

Keywords: Foot-and-mouth disease, "Collective" decision making, Control strategy, Acceptability, Public opinion.



* Texte de la conférence présentée au cours de la Journée scientifique AEEMA, 31 mai 2018

¹ Université Paris-Est, Anses, Laboratoire de santé animale, Unité Epidémiologie, Maisons-Alfort, France

² Direction générale de l'alimentation, Mission des urgences sanitaires, Paris, France

³ EPIMAI, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, Unité sous contrat Anses, Maisons-Alfort, France

I - INTRODUCTION

La fièvre aphteuse (FA) est une maladie virale très contagieuse affectant principalement les bovins, les ovins, les porcins et les caprins. Elle représente un risque sanitaire majeur dans les pays développés, du fait de ses conséquences sur le commerce et des pertes économiques qu'elle peut engendrer. En plus des mesures sanitaires fixées par la réglementation européenne (euthanasie de tous les animaux réceptifs, destruction de leur carcasses et désinfection des sites infectés, restriction des mouvements autour des foyers ...), le panel des stratégies de lutte disponibles est relativement riche et peut combiner, en fonction des espèces, l'abattage préventif (euthanasie des animaux réceptifs et destruction de leur carcasse pour les animaux en lien épidémiologique, cela avant l'apparition de tout symptôme), la vaccination d'urgence suppressive (euthanasie des animaux vaccinés et destruction de leur cadavre en fin d'épizootie) et la vaccination d'urgence préventive (conservation des animaux vaccinés).

Du fait des pertes économiques importantes induites par les épizooties de FA et de l'absence de données récentes d'épizooties dans certains pays, des modèles de simulation ont été développés pour comparer des stratégies de lutte et analyser l'influence de l'environnement ou des pratiques d'élevage sur la propagation de la FA. Par exemple, Green *et al.* [2006] ont analysé l'impact respectif des mouvements d'animaux et de la propagation locale sur la taille et l'extension géographique d'épizooties de FA. Tildesley *et al.* [2006] ont comparé des stratégies de vaccination dans différents contextes épidémiologiques et sous différentes contraintes logistiques. Comparer des stratégies de lutte d'épizooties simulées de FA permet de déterminer la stratégie optimale à

mettre en œuvre en fonction de leurs conséquences sur le plan épidémiologique et/ou économique. Cependant, les conséquences d'une épizootie de FA ne sont pas limitées au secteur de l'agriculture ou des industries agro-alimentaires ; d'autres secteurs économiques sont touchés, comme le tourisme notamment. Plus généralement, une épizootie de FA peut avoir un impact social, lié par exemple aux réactions de l'opinion publique contre les mesures d'euthanasie en masse des animaux. C'est ce dernier aspect qui nous intéresse particulièrement dans ce travail. Même si ce problème d'acceptabilité des mesures d'abattage est évident, il n'est pas pris en compte dans la littérature, sauf dans quelques études sur l'épizootie de 2001 au Royaume-Uni soulignant l'importance de l'opinion publique dans la gestion de crise [Haydon, Kao, and Kitching 2004]. D'une façon plus générale, le processus de décision pour la lutte contre des épizooties n'est pas seulement établi à partir de critères scientifiques ; il est aussi stratégique et politique. Rationaliser le choix d'une stratégie de lutte de la FA implique donc de prendre en compte différents critères autres que des critères sanitaires : l'impact économique direct et indirect et l'impact social.

L'objectif de cette étude était d'identifier des impacts selon des points de vue dans le choix de la stratégie de lutte optimale contre la FA en France. Trois impacts ont été pris en compte : les dépenses publiques des pertes directes, les pertes à l'export et le nombre d'élevages dans lesquels les animaux ont été abattus pendant l'épizootie. Ce dernier permettait de prendre en compte l'acceptabilité des mesures par l'opinion publique dans le choix de la stratégie. Cette analyse a été faite indépendamment pour chaque région.

II - SIMULATIONS D'ÉPIZOOTIES DE FIÈVRE APHTEUSE EN FRANCE

Nous avons utilisé un modèle de simulation d'épizooties de FA développé par Rautureau *et al.* [2012]. Cet outil permet de simuler des épizooties réalistes de FA en France, en se fondant sur des données actuelles sur les élevages français et sur les mouvements de bovins et de porcs (les mouvements de petits ruminants étant considérés comme négligeables). L'unité épidémiologique était

l'élevage, constitué d'au maximum trois lots d'espèces différentes : bovins, petits ruminants et porcins. Au sein d'une ferme, les animaux d'une espèce donnée pouvaient être exposés à trois forces d'infection : la force d'infection intra-lot, la force d'infection entre espèces et la force d'infection liée à l'environnement. Trois modes de transmission entre élevages ont été pris en

compte : les mouvements d'animaux vivants, la transmission directe par contact entre élevages sur les pâtures, et la transmission indirecte par des véhicules contaminés ou du matériel.

La lutte contre la maladie était toujours fondée sur la stratégie sanitaire : euthanasie, destruction des carcasses et désinfection des foyers déclarés, enquêtes épidémiologiques et restriction de mouvements dans les élevages contacts et dans les élevages d'une zone de 10 km autour des foyers. Six stratégies supplémentaires ont été définies (tableau 1), qui combinent l'abattage préventif et la vaccination d'urgence. L'abattage préventif correspondait à l'euthanasie avec destruction de carcasses de tous les animaux des élevages identifiés « à risque » par les enquêtes épidémiologiques conduites dans les foyers et dans

une zone d'un kilomètre autour des foyers. La vaccination d'urgence était suppressive (les animaux vaccinés étaient éliminés après l'épizootie) ou préventive (conservation des animaux vaccinés). Dans trois des six stratégies supplémentaires, les mesures étaient spécifiques aux espèces (tableau 1) et variaient en fonction de la valeur économique des animaux (forte pour les bovins et porcs reproducteurs et faible pour les petits ruminants et porcs non-reproducteurs). Les enquêtes sérologiques post-épizootiques (nécessaires pour recouvrir le statut indemne de FA) ont été simulées en fonction de la réglementation européenne [Directive 2003/85/EC du Conseil]. Les ressources matérielles et humaines dédiées aux mesures de lutte étaient considérées comme limitées (exemple : un maximum de trois élevages pour lesquels les animaux sont abattus par jour).

Tableau 1
Stratégies simulées de lutte contre la fièvre aphteuse

Code	Nom	Abattage préventif		Vaccination d'urgence		
		Espèce	Rayon	Espèce	Rayon	Abattage
SO	Stratégie sanitaire	-	-	-	-	-
PV	Vaccination d'urgence	-	-	Toutes	10 km	Non
PS	Abattage préventif	Toutes	1 km	-	-	-
SV	Vaccination suppressive	-	-	Toutes	1 km	Oui
SPV	Vaccination d'urgence sélective	-	-	Bovins, porcs reproducteurs	10 km	Non
SPS	Abattage préventif sélectif	Petits ruminants, porcs non-reproducteurs	10 km	-	-	-
SPSV	Vaccination d'urgence sélective et abattage préventif sélectif	Petits ruminants, porcs non-reproducteurs	1 km	Bovins, porcs reproducteurs	10 km	Non

Note : Quelle que soit la stratégie, la stratégie sanitaire était implémentée : abattage et désinfection des foyers, suivi des contacts, restriction de mouvements dans les élevages contacts et dans un rayon de 10 km autour des foyers.

III - ÉVALUATION DE L'IMPACT ÉPIZOOTIQUE

Les dépenses publiques correspondaient aux coûts liés à l'euthanasie, à la destruction des carcasses et à la désinfection, aux compensations aux éleveurs, aux coûts liés aux vaccins et aux opérations de vaccination, et aux opérations de surveillance (analyses de laboratoire et prestations vétérinaires). Le deuxième impact, les pertes à

l'export, était calculé pendant la période de restriction des échanges commerciaux avant le recouvrement du statut indemne de FA (c'est-à-dire le manque à gagner induit par les restrictions des échanges). Cet indicateur correspondait au produit des exportations moyennes journalières de viande et de produits laitiers, par la durée de restriction des

échanges (intervalle de temps entre la date de découverte du premier foyer et l'achèvement des enquêtes sérologiques pour les pays de l'UE ou le

dernier abattage pour les pays tiers). Le dernier impact était le nombre d'élevages dont les animaux ont été abattus pendant l'épizootie.

IV - STRATÉGIES OPTIMALES AU NIVEAU RÉGIONAL

Pour chaque impact, le choix d'une stratégie de lutte a été évalué en fonction de l'impact moyen des épizooties simulées par région ; la stratégie optimale étant celle qui minimise cet impact moyen. Les simulations ont été stratifiées par région. Cinquante élevages, dans lesquels le virus a été introduit, ont été choisis au hasard dans chacune des 21 régions de France. Au total, 7 350 simulations d'épizooties de FA ont été effectuées à l'aide de notre modèle (50 élevages dans lesquels le virus a été introduit, 21 régions, 7 stratégies de lutte). Nous avons ensuite quantifié, pour chaque région, la moyenne des impacts (dépenses publiques, pertes à l'export et nombre total d'élevages dont les animaux ont été abattus) des simulations. Les stratégies de lutte optimales ont été identifiées pour chaque impact et chaque région.

Lorsqu'on choisit des stratégies de lutte indépendantes dans chaque région (figure 1), la

stratégie permettant de minimiser les dépenses publiques était toujours fondée sur la vaccination d'urgence dans les régions de l'ouest, potentiellement en lien avec les densités d'élevages plus élevées dans ces régions. La stratégie sanitaire était suffisante dans les autres régions (sauf la région Centre, où des mesures sélectives étaient optimales). Pour minimiser les pertes à l'export, la stratégie optimale était fondée sur l'abattage préventif dans seize des 21 régions françaises, avec la vaccination d'urgence sélective (bovins, porcs reproducteurs) optimale en Basse-Normandie et la vaccination générale optimale en Ile-de-France et en Aquitaine (figure 1). Pour minimiser le nombre d'élevages dont les animaux ont été abattus dans les régions, la stratégie optimale était toujours fondée sur la vaccination d'urgence (figure 1), sauf dans trois régions pour lesquelles la stratégie sanitaire était meilleure (Ile-de-France, Lorraine, Franche-Comté).

V - PRISE DE DÉCISION

Après avoir calculé les impacts séparément (dépenses publiques, pertes à l'export et nombre d'élevages dont les animaux ont été abattus), nous avons obtenu trois cartes de stratégies optimales par région (figure 1). La question était alors de déterminer comment représenter le processus de décision en prenant en compte tous ces indicateurs simultanément. Comment intégrer cela à la prise de décision ? L'idée retenue dans cette étude a été de représenter cette décision comme si elle était un processus de décision « collective » résultant d'un jeu de groupes de pression de différentes parties prenantes, cherchant à minimiser des impacts différents. On a considéré trois points de vue que l'on peut rattacher à des parties prenantes : l'État avec les dépenses publiques, les industries agro-alimentaires et les pertes à l'export, et l'opinion publique avec le nombre d'élevages dont les

animaux ont été abattus. Ainsi, ces points de vue en complément de l'aspect sanitaire pourraient influencer le choix du décideur. L'originalité ici était de considérer l'opinion publique comme une partie prenante afin de prendre en compte l'acceptabilité des mesures dans le processus de décision. Dans une situation réelle, la décision du décideur ne favoriserait pas un seul point de vue, mais résulterait plutôt d'un compromis entre eux. Une telle décision « collective » a été modélisée comme une décision « multicritères », en utilisant une méthode additive simple. Chaque impact spécifique d'une partie prenante a été d'abord standardisé avec la formule suivante :

$$X_{i,p} = \frac{x_{i,p} - x_{SO,p}}{x_{SO,p}}$$

Où $X_{i,p}$ correspond à l'impact standardisé de la $i^{\text{ème}}$ épizootie simulée pour la partie prenante p , $x_{i,p}$ est l'impact simulé de l'épizootie i pour la partie prenante p , et $x_{SO,p}$ est la moyenne d'impact d'une épizootie simulée pour la partie prenante p quand la stratégie sanitaire de base (SO) est appliquée. L'impact standardisé de l'épizootie i , $X_{i,p}$ représente ainsi l'augmentation ou la diminution par rapport à l'impact moyen quand la stratégie sanitaire est appliquée ; l'unité étant aussi l'impact moyen quand la stratégie sanitaire est appliquée. L'impact « collectif » Y_i de la $i^{\text{ème}}$ simulation était défini comme une fonction linéaire des trois impacts standardisés :

$$Y_i = w_e X_{i,e} + w_a X_{i,a} + w_o X_{i,o}$$

Où les indices e , a et o correspondaient à l'État, aux industries agro-alimentaires et à l'opinion publique respectivement et les w_e , w_a et w_o aux poids des trois parties prenantes dans le processus de décision. Finalement, pour un triplet (w_e , w_a , w_o) donné, la stratégie optimale était celle qui minimisait la moyenne de l'impact collectif ainsi calculé.

Les poids représentant l'importance des différents points de vue dans la prise de décision ne pouvaient pas être fixés *a priori*. En effet, ils représentent les contraintes externes structurales (idéologie, économie) ou conjoncturelles (élections, importance des défenseurs des animaux dans l'opinion publique), qui amènent le décideur à privilégier les points de vue de tel ou tel acteur. Ainsi, les impacts collectifs ont été calculés pour différentes combinaisons de poids des parties prenantes : le poids de l'État (w_e) a été fixé à 1 tandis que les poids des industries agro-alimentaires et de l'opinion publique variaient entre 10^{-3} et 10^3 ⁴. Ces valeurs de poids permettent de favoriser soit l'État (lorsque les poids de l'opinion publique et des industries agro-alimentaires sont autour de 10^{-3}), soit l'opinion publique (si le poids des industries agro-alimentaires est proche de 10^{-3}), soit les industries agro-alimentaires (si le poids de l'opinion publique est proche de 10^{-3}), ou les trois parties prenantes simultanément (lorsque les poids sont tous équivalents à 1). Les variations des stratégies optimales correspondantes en fonction du poids des parties prenantes ont été représentées graphiquement.

Le résultat de la décision « collective » variait et aboutissait parfois à des schémas complexes de

décision en fonction de la région et du poids relatif de chaque partie prenante. La figure 2 représente la stratégie optimale pour des combinaisons spécifiques des poids relatifs des parties prenantes (indiquées par des croix) pour les trois grands schémas de décision « collective » identifiés pour les 21 régions françaises.

Le premier groupe de régions (régions de l'ouest de la France représentées en orange sur la figure 2) avait un schéma de décision divisé en deux parties. La vaccination d'urgence (PV) était la stratégie optimale quand le poids accordé à l'État ou à l'opinion publique était supérieur à celui accordé aux industries agro-alimentaires. Il était remplacé par une autre stratégie quand le poids des industries agro-alimentaires dominait : la stratégie sanitaire (SO) pour la Bretagne par exemple (figure 2), la vaccination d'urgence sélective pour la Basse-Normandie, la vaccination suppressive pour l'Aquitaine et/ou l'abattage préventif (Midi-Pyrénées, Poitou-Charentes et Pays-de-Loire) [Marsot *et al.*, 2014]. Les régions composant ce groupe étaient caractérisées soit par une forte densité de populations de bovins et de porcs, soit par une forte densité de population de petits ruminants associée à une faible ou moyenne densité de population de bovins.

Le deuxième groupe de régions (en jaune sur la figure 2) avait un schéma de décision divisé en trois parties. La stratégie sanitaire (SO) était optimale quand le poids associé à l'État était le plus élevé ou quand les industries agro-alimentaires et l'opinion publique avaient des poids similaires. Quand l'influence de l'opinion publique dominait, une stratégie fondée sur la vaccination était optimale, alors que, lorsque le poids associé aux industries agro-alimentaires était le plus élevé, une stratégie d'abattage préventif était préférée. Les régions qui composent ce groupe étaient caractérisées par une forte ou moyenne densité de populations de bovins et/ou de porcs ; les densités de population de petits ruminants étant toujours faibles dans ces régions.

Le dernier groupe de régions (en vert sur la figure 2) avait des schémas diversifiés de décision en fonction du poids accordé à chaque partie prenante [Marsot *et al.*, 2014]. Ces régions étaient caractérisées par une faible densité de populations de bovins et de porcs, possiblement associée avec une forte (Provence-Alpes-Côte d'Azur) ou moyenne (Languedoc-Roussillon) densité de petits ruminants.

⁴ La gamme très large de poids des parties prenantes autres que l'État (de 1000 fois plus à 1000 fois moins) a été retenue arbitrairement pour faire fonctionner le modèle.

Figure 1

Stratégie optimale régionale par impact (dépenses publiques, pertes à l'export et nombre d'élevages dont les animaux ont été abattus)

SO = stratégie sanitaire, PV = vaccination d'urgence, PS : abattage préventif, SV : vaccination suppressive, SPV : vaccination d'urgence sélective, SPS : abattage préventif sélectif, SPSV : abattage préventif sélectif et vaccination d'urgence sélective

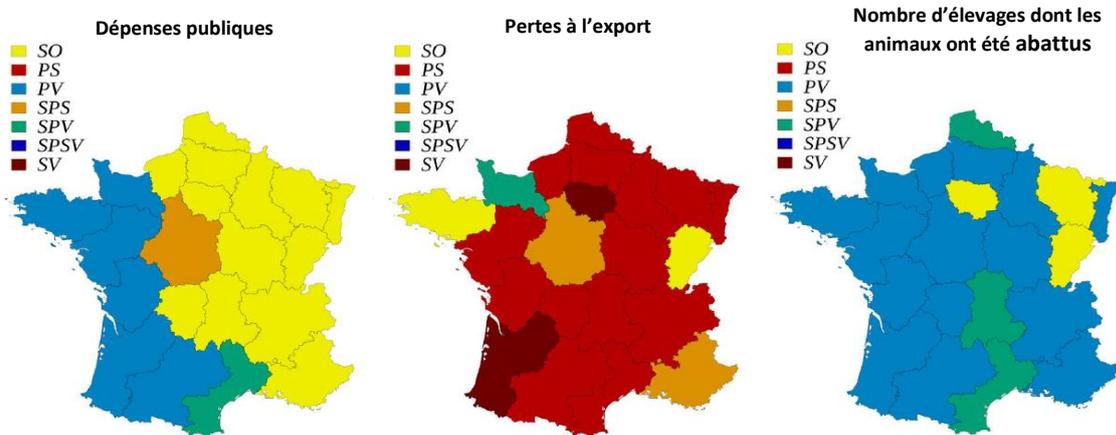
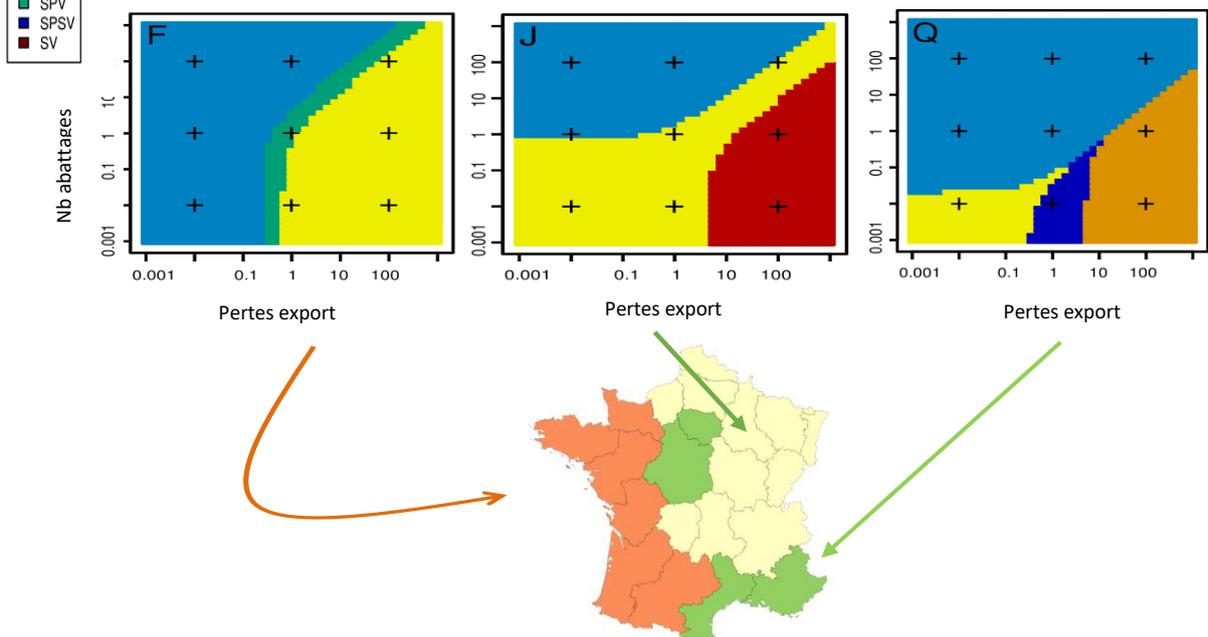


Figure 2

Exemples de trois schémas de prise de décision « collective » pour trois régions en fonction des poids accordés à chaque partie prenante et groupes de régions ayant un schéma de prise de décision « collective » similaire

Chaque croix sur les schémas correspond à un triplet de poids spécifique. Par exemple, la croix centrale du premier schéma (région F = Bretagne) donne un poids de 1 à chaque partie prenante. Ainsi, aucune partie prenante n'est favorisée par rapport à une autre. Dans ces conditions, pour la région F, la stratégie optimale est alors la vaccination d'urgence sélective. Les régions représentées en orange sur la carte de France ont un schéma de décision « collective » similaire à celui de la région F (Bretagne), les régions jaunes à celui de la région J (Haute-Normandie) et les régions représentées en vert ont le même type de schéma de prise de décision « collective » que la région Q (Provence-Alpes-Côte d'Azur). Pour le détail des schémas de décision des autres régions, se reporter à l'article correspondant [Marsot et al., 2014].

SO = stratégie sanitaire, PV = vaccination d'urgence, PS : abattage préventif, SV : vaccination suppressive, SPV : vaccination d'urgence sélective, SPS : abattage préventif sélectif, SPSV : abattage préventif sélectif et vaccination d'urgence sélective



VI - CONCLUSION

Dans cette étude, le choix de la stratégie de lutte à mettre en œuvre en cas d'épizootie de FA a été analysé en fonction de l'impact considéré (dépenses publiques, pertes à l'export et nombre d'élevages dont les animaux ont été abattus) et des points de vue souhaitant minimiser ces impacts (respectivement l'État, les industries agro-alimentaires et l'opinion publique). Sept stratégies de lutte réalistes ont été implémentées et comparées à partir d'un modèle mathématique de simulation au niveau régional, pour lequel des stratégies indépendantes sont prises en fonction des régions concernées. Le poids du type d'impact influençant la stratégie optimale est très hétérogène au niveau régional. Le choix d'une stratégie de lutte diffère donc selon les régions et le poids donné à chaque partie prenante dans la prise

de décision « collective ». Parfois la vaccination est privilégiée, parfois il s'agit de l'abattage préventif et parfois la stratégie sanitaire suffit. Ainsi, en fonction de l'impact à minimiser, les différences régionales doivent être prises en compte pour choisir la stratégie de lutte adaptée contre la FA en France. Cette étude avait pour objectif principal d'illustrer une approche pour prendre en compte l'acceptabilité des mesures par l'opinion publique dans le choix d'une stratégie de lutte contre la FA en France, en se fondant sur un modèle mathématique de simulation d'épizooties et sur une décision « multicritères » donnant des poids plus ou moins importants aux différentes parties prenantes pouvant influencer le décideur en santé publique dans sa prise de décision.

BIBLIOGRAPHIE

Green D.M., Kiss I.Z., Kao R.R. - Modelling the initial spread of foot-and-mouth disease through animal movements. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 2006, **273**, 2729-2735.

Haydon D.T., Kao R.R., Kitching R.P. - The UK foot-and-mouth disease outbreak - the aftermath. *Nature Reviews Microbiology*, 2004, **2**, 675-681.

Marsot M., Rautureau S., Dufour B., Durand B. - Impact of stakeholders influence, geographic level and risk perception on strategic decisions in simulated foot and mouth disease epizootics in France. *PLoS One*, 2014, **9**, e86323.

Rautureau S., Dufour B., Durand B. - Structuring the passive surveillance network improves epizootic detection and control efficacy: a simulation study on foot-and-mouth disease in France. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2012, **59**, 311-322.

Tildesley M.J., Savill N.J., Shaw D.J., Deardon R., Brooks S.P., Woolhouse M.E.J., Grenfell B.T., Keeling M.J. - Optimal reactive vaccination strategies for a foot-and-mouth outbreak in the UK. *Nature*, 2006, **440**, 83-86.



Remerciements

Les auteurs remercient les scientifiques et vétérinaires suivants pour leur aide et opinion d'expert : Pascal Hendrixx, Labib Bakkali Kassimi, Yves Leforban, François Moutou, Xavier Rosières, Bernard Toma, Gina Zanella et Stephan Zientara