

ANALYSE DE RISQUE QUALITATIVE DU RECOURS A L'ABATTAGE PREVENTIF DANS LA LUTTE CONTRE LA FIEVRE APHTEUSE

*Bernard Toma*¹, *Barbara Dufour*² et *François Moutou*³

RESUME : *L'abattage des animaux des espèces sensibles dans les foyers de fièvre aphteuse est une méthode utilisée depuis des décennies dans des pays indemnes de cette maladie où des foyers apparaissent. Associée à d'autres mesures de prophylaxie sanitaire destinées à limiter la diffusion du virus (interdiction des déplacements, désinfection, etc.), elle le demeurera certainement dans l'avenir.*

L'abattage préventif, c'est-à-dire l'abattage d'animaux apparemment en bonne santé, en dehors des foyers mais ayant pu être contaminés par le virus de la fièvre aphteuse, est une méthode d'emploi plus récent, dans certains pays, qui a pour objectif d'empêcher l'apparition de foyers et qui peut se révéler très efficace pour éviter une épizootie. Cependant, elle peut conduire à l'abattage et à la destruction de nombreux troupeaux d'animaux en bonne santé, ce qui entraîne des difficultés matérielles et provoque une opposition croissante dans l'opinion publique. La décision de sa mise en oeuvre doit donc répondre à une démarche d'analyse de risque prenant en compte différents paramètres. Une telle démarche qualitative est présentée dans cet article. Elle aboutit à un schéma d'aide à la décision qui peut proposer, dans certains cas, une vaccination périfocale.

SUMMARY : *The slaughter of all susceptible species in outbreaks of foot and mouth disease (FMD) has been the method used for decades when an outbreak occurs, in countries normally free of the disease. Used in conjunction with other disease prevention measures aimed at limiting the spread of the virus (including bans on movement and use of disinfectants), it will remain certainly so in the future.*

Preventative culling, or the slaughter of apparently healthy animals that may have been infected by the FMD virus outside of an outbreak, is a method that has been introduced in more recent times. In some countries, where the objective is to prevent outbreaks of the disease, this method can show itself to be a very effective means of preventing an epizootic. However, this can lead to the destruction of numerous herds of healthy animals, in turn bringing financial difficulty and provoking increased public opposition. The decision to employ this method needs to follow on the form of a risk analysis taking relevant factors into account. This article presents one such qualitative line of reasoning, and concludes with a plan to help decision-making that may include ring vaccination.



¹ Ecole vétérinaire d'Alfort, 94704 Maisons-Alfort cedex, France

² AFSSA-DERNS, 23 avenue du Général de Gaulle, BP 19, 94701 Maisons-Alfort cedex, France

³ AFSSA-LERPAZ, 22 rue Pierre Curie, BP 67, 94703 Maisons-Alfort cedex, France

L'abattage des animaux sensibles dans les foyers de maladies épizootiques ou dangereuses pour l'Homme est appliqué depuis longtemps pour lutter contre elles et ne saurait être remis en question pour ces maladies à fort potentiel de diffusion et/ou constituant un danger pour la santé publique.

Ainsi, lors d'apparition de foyer(s) de fièvre aphteuse en pays indemne ne pratiquant pas la vaccination, les mesures classiques d'abattage de tous les animaux des espèces sensibles présents dans le(s) foyer(s), de blocage de la circulation des animaux dans la zone périfocale, d'enquête en amont et en aval, de désinfection, etc. demeureront indispensables pour tenter d'empêcher le développement d'une épizootie.

Il a d'ailleurs été montré [Howard et Donnelly, 2000] que plus l'abattage des animaux dans les foyers est précoce après la suspicion ou le diagnostic, meilleure est la maîtrise de la maladie.

Ceci ne signifie pas que ces mesures sanitaires sont exclusives de toute intervention de prophylaxie médicale. Une analyse évolutive de la situation épidémiologique peut conduire, à un moment donné, à une décision de recourir à la vaccination périfocale, après prise en compte des différents paramètres qui conditionnent le devenir de la maladie et ses conséquences économiques.

A côté de cet abattage dans les foyers pour lutter contre certaines maladies épizootiques comme la fièvre aphteuse, la peste porcine classique et la maladie de Newcastle, on a vu se développer au cours de ces dernières années un abattage préventif, appliqué aux animaux d'élevages ayant pu être contaminés à partir d'un foyer et dont certains sont peut-être en incubation.

Le recours à l'abattage préventif se justifie tout particulièrement en cas de menace d'apparition de foyer(s) de fièvre aphteuse dans un pays indemne et/ou à la suite de premiers foyers dans un pays riche, fortement exportateur dans le domaine agro-alimentaire. Il a démontré son utilité en France en 2001 [Chmitelin et Moutou, 2002]. Il devient plus difficile à justifier et à appliquer, sans l'emploi

de la vaccination, lors du développement d'une épizootie.

La décision de recourir à l'abattage préventif, ou de le cesser, ainsi que l'identification des élevages auxquels l'appliquer sont difficiles. Il n'existe pas de méthode permettant la prise de ce type de décision et garantissant d'éviter les deux écueils qui sont d'une part, un abattage excessif, inutile et coûteux, d'autre part, un abattage insuffisant, incapable d'empêcher l'apparition de foyers.

L'objectif des lignes qui suivent est de proposer une démarche simple d'analyse de risque qualitative [Zepeda, 1997] comme outil d'aide à la décision d'abattage préventif lors de menace ou d'apparition de foyers de fièvre aphteuse dans un pays indemne ne pratiquant pas la vaccination.

Cette méthode est proposée pour aider les gestionnaires du risque à choisir les élevages à soumettre à un abattage préventif, aussi bien en l'absence qu'en présence d'une vaccination d'urgence.

L'approche qualitative a été privilégiée par rapport à l'approche quantitative (au moins dans un premier temps), compte tenu de l'incertitude dans la quantification des nombreux facteurs à prendre en compte dans les situations très diverses pouvant être rencontrées.

Dans un pays indemne ne pratiquant pas la vaccination, comme la France, en cas d'apparition de foyer(s) de fièvre aphteuse dans un pays en relation commerciale avec lui ou en cas d'apparition d'un foyer primaire de fièvre aphteuse, l'estimation qualitative du risque doit intégrer la probabilité d'apparition de foyer(s) secondaire(s) et de leurs conséquences.

Seront donc abordés successivement :

- L'analyse et la conduite à tenir dans un pays indemne de fièvre aphteuse en cas d'apparition de foyer(s) dans un pays ayant des relations commerciales avec ce dernier ;
- L'analyse et la conduite à tenir dans un pays indemne de fièvre aphteuse en cas d'apparition d'un foyer primaire de cette maladie.

I – APPARITION DE FOYER(S) DE FIEVRE APHTEUSE DANS UN PAYS AVEC LEQUEL EXISTENT DES RELATIONS COMMERCIALES

Le pays qui va effectuer l'analyse de la situation et définir sa politique de lutte est un pays indemne de fièvre aphteuse, ne pratiquant pas la vaccination contre cette maladie.

Les relations commerciales à prendre en compte sont, bien sûr, l'importation dans ce pays à partir du pays tout récemment infecté, d'animaux ou de produits risquant d'introduire le virus de la fièvre aphteuse. L'exportation à partir du pays indemne n'est pas en jeu, mis à part les véhicules ayant servi à de telles exportations et qui peuvent constituer un danger lors de retour dans le pays indemne si les opérations de désinfection n'ont pas été parfaitement conduites.

En ce qui concerne les animaux, la logique est d'arrêter immédiatement, dès la connaissance de l'existence de la maladie, toute importation d'animal de toute espèce sensible. Pour les espèces insensibles à la fièvre aphteuse, la question peut se poser, la probabilité d'un portage mécanique, passif, étant très faible, mais non nulle, et variable en fonction de l'espèce et de la distance par rapport à un foyer : ainsi, il est négligeable pour un chien ou un chat urbain alors qu'il peut ne pas l'être pour un cheval de la zone périfocale.

Le même raisonnement s'applique à l'Homme.

En ce qui concerne les produits d'origine animale non traités thermiquement selon un procédé reconnu par le Code de l'O.I.E., la même dichotomie entre les produits provenant d'espèces sensibles et d'espèces insensibles peut être retenue.

Les produits d'origine autre qu'animale (végétale, etc.) représentent un risque négligeable (voire nul) à condition de ne pas provenir du foyer ou de la zone périfocale.

Ce blocage immédiat de toute importation d'animal ou de produit à risque, à condition d'être parfaitement appliqué, supprime le risque d'introduction future à partir du pays récemment infecté, à l'exclusion du risque aérien pour un pays mitoyen et dans l'hypothèse d'une absence d'infection de la faune sauvage.

Mais il demeure le risque passé, correspondant à la possible introduction d'animaux ou de produits d'origine animale pendant la période séparant l'introduction du virus dans le pays récemment infecté de la date d'identification et de déclaration du premier foyer. Cette période peut atteindre plusieurs semaines. Ainsi, en 2001 en Grande-Bretagne, elle a été estimée à près de trois semaines (du 1^{er} au 20 février) et d'après Gibbens et Wilesmith [2002], au 20 février 2001, jour de l'identification du premier foyer britannique, 57 élevages dans diverses régions de Grande-Bretagne étaient déjà infectés.

Dès qu'un pays indemne a connaissance de l'apparition d'un foyer de fièvre aphteuse dans un pays à partir duquel il importe des animaux et des produits d'origine animale, la priorité, après avoir mis en place le blocage des importations évoqué ci-dessus, est de procéder d'urgence à une enquête sur les importations effectuées pendant la période à risque et sur leur devenir.

Cette enquête peut se heurter à des difficultés comme celles rencontrées en France en février-mars 2001 pour retrouver les moutons importés de Grande-Bretagne et qui avaient pu être dispersés largement en cette période précédant l'Aïd-el-Kébir.

A supposer que l'ensemble des animaux des espèces sensibles importés pendant la période à risque soient effectivement recensés et leur devenir parfaitement déterminé (ce qui peut prendre quelques jours), la conduite à tenir vis-à-vis d'eux et des animaux en contact avec eux est fonction de plusieurs facteurs : elle peut consister en un blocage et une surveillance de toutes les exploitations où sont entretenus ces animaux, pendant la période jugée nécessaire à la révélation clinique d'une infection aphteuse en cours d'incubation, ou bien en un abattage préventif de tous ces animaux, voire en une combinaison de ces deux types de mesures.

Les facteurs à prendre en compte sont :

- L'espèce animale des animaux importés. En effet, la probabilité de révélation clinique d'une infection en cours d'incubation est plus élevée chez les bovins et les porcins que chez les ovins. Par ailleurs, la valeur économique des bovins est nettement plus élevée que celle des ovins ;

- Le nombre d'animaux importés et des animaux en contact avec eux. Plus ce nombre est élevé, plus le coût et les difficultés d'un abattage préventif d'urgence seront importants, mais également plus le risque pour que parmi eux se trouve un animal en incubation est élevé ;
- La situation épidémiologique dans le pays récemment infecté. Bien sûr, il existe une incertitude pendant quelques jours sur la réalité de cette situation épidémiologique : stricte localisation géographique des foyers ou large distribution avec comme corollaire la variation du risque représenté par les lots importés de différentes régions. Jour après jour, toute information nouvelle relative à l'ampleur de la distribution géographique des foyers peut conduire à reconsidérer la conduite à tenir.

Pour la situation de fin février 2001, en France, l'importation pendant la période à risque d'une majorité de moutons, espèce à valeur économique réduite et surtout à faible probabilité d'expression clinique, ainsi que la révélation de foyers de fièvre aphteuse dans différentes régions de Grande-Bretagne ont très logiquement conduit à une décision d'abattage préventif de l'ensemble des animaux importés pendant la période à risque et encore vivants ainsi que des ovins ayant été en contact avec eux. Seuls les bovins en contact ont été conservés en tant qu'animaux

sentinelles, en raison de la fréquence de l'expression clinique de la maladie dans cette espèce et aussi de leur meilleure identification [Chmitelin et Moutou, 2002].

Ceci a conduit à l'abattage et à la destruction de 57 968 animaux (dont 43% d'importés et 57% de contacts) dans 117 exploitations.

Les examens sérologiques effectués sur les sérums de 5 404 animaux prélevés juste avant l'abattage ont fourni des réponses positives pour des animaux provenant de six exploitations dans lesquelles on n'avait constaté aucun symptôme évoquant la fièvre aphteuse.

On peut donc considérer que six cheptels infectés de fièvre aphteuse ont ainsi été éliminés avant que la maladie se traduise cliniquement et que ceci a contribué à limiter le nombre de foyers tant cliniquement exprimés (deux foyers) que non exprimés. D'ailleurs, ces six exploitations ont fait l'objet de périmètres de sécurité (périmètre de protection de trois kilomètres et de surveillance de 10 kilomètres).

Cet abattage préventif n'a pas empêché l'apparition de tout foyer clinique de fièvre aphteuse, mais il l'a certainement réduit au minimum lié à des fuites inévitables de virus et à de possibles mouvements non déclarés d'animaux.

II – APPARITION D'UN FOYER PRIMAIRE DE FIEVRE APHTEUSE DANS UN PAYS INDEMNÉ

Dans une telle situation, il est possible d'avoir recours à une démarche d'analyse qualitative du risque pour déterminer quels élevages peuvent être proposés en priorité pour un abattage préventif.

L'application de la méthode d'analyse qualitative du risque proposée ici suppose une parfaite connaissance de la situation épidémiologique et donc un haut degré d'épidémiologie.

Seront abordés successivement :

- la probabilité d'apparition de foyer(s) secondaire(s) ;
- les conséquences de foyer(s) secondaire(s) ;
- l'estimation du risque ;

- et des propositions d'aide à la décision.

1. PROBABILITE D'APPARITION DE FOYER(S) SECONDAIRE(S)

La probabilité d'apparition d'un foyer secondaire correspond à la combinaison de la probabilité de contamination d'un élevage et du nombre d'élevages exposés à une contamination.

1.1. PROBABILITE DE CONTAMINATION D'UN ELEVAGE

Pour chaque élevage de la zone menacée par un foyer primaire, la probabilité de contamination résulte du cumul des probabilités liées à chacun des trois

mécanismes fondamentaux de transmission du virus aphteux :

- la transmission par voisinage (lien géographique),
- la transmission par lien épidémiologique (relation fonctionnelle) avec le foyer,
- la transmission par voie aérienne.

Bien sûr, ces trois mécanismes ne sont pas totalement indépendants les uns des autres ; ainsi, transmission par voisinage et par voie aérienne sont en partie liés, du moins pour les élevages situés sous le vent. Mais la distinction de ces trois mécanismes est destinée à une prise en compte à part entière de chacun d'eux, tout en sachant qu'il existe un recoupement partiel entre deux d'entre eux (voisinage et diffusion aérienne).

1.1.1. Transmission par voisinage

La transmission par voisinage avec le foyer englobe en fait tous les contacts possibles entre deux élevages, à l'exclusion de ceux bien identifiés lors de l'enquête épidémiologique et relevant soit des liens épidémiologiques soit de la diffusion aérienne.

La probabilité de contamination par voisinage dépend, pour chaque élevage menacé, notamment de la distance de l'élevage menacé avec le foyer primaire.

La probabilité de transmission par voisinage est globalement inversement proportionnelle à cette distance. Ainsi, Ferguson *et al.* [2001] ont estimé la probabilité moyenne pour un élevage d'être contaminé de fièvre aphteuse en fonction de sa distance à un foyer de fièvre aphteuse, respectivement de 0,5 km, 1 km et 1,5 km à : 26%, 6% et 2%.

On pourrait donc envisager de proposer une appréciation qualitative de la probabilité de contamination par voisinage, inversement proportionnelle à la distance avec le foyer.

Il est cependant plus simple de prendre en compte les **élevages contigus** (mitoyens), c'est-à-dire ayant une limite commune avec le foyer primaire et de les considérer comme élevages à risque élevé de contamination.

1.1.2. Transmission par lien épidémiologique avec le foyer primaire

Les variables à prendre en compte pour apprécier le risque lié à ce paramètre sont les mouvements :

- d'animaux des espèces sensibles,
- de personnes,
- de véhicules,
- de produits divers,
- d'animaux d'espèces non sensibles.

Par ailleurs, la période (par rapport à l'expression clinique de la maladie) des mouvements est également à prendre en compte et peut se décomposer en mouvements :

- pendant l'expression clinique de la maladie,
- pendant les 5 jours précédant l'apparition de la maladie,
- entre le 5^{ème} et le 15^{ème} jour précédant l'apparition de la maladie,
- entre le 15^{ème} et le 21^{ème} jour précédant l'apparition de la maladie.

Le tableau I présente une proposition de prise en compte conjointe de ces différents paramètres.

Tableau I

**Proposition d'appréciation qualitative de la probabilité de contamination
par un virus aphteux d'élevages en relation épidémiologique avec le foyer.**

Il est proposé quatre classes de probabilité : négligeable, faible, modérée et élevée.

Période	Type de mouvements				
	Animaux sensibles	Personnes	Véhicules	Produits divers	Animaux non sensibles
Pendant la maladie	Elevée	Elevée	Elevée	Modérée	Modérée
5 jours avant	Elevée	Modérée	Modérée	Modérée	Faible
5 à 15 jours avant	Modérée	Modérée	Faible	Faible	Négligeable
15 à 21 jours avant	Faible	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable

**1.1.3. Transmission par voie
aérienne**

Les variables à prendre en compte pour estimer le risque lié à la contamination par voie aérienne sont :

des variables liées à la source d'infection
(foyer primaire = élevage « émetteur »)

- l'espèce animale du foyer primaire :

Plusieurs travaux ont eu pour objectif de déterminer la quantité de virus excrété par voie aérienne par les espèces animales domestiques réceptives. Les résultats sont convergents sur le fait que **le porc est l'excréteur le plus important**, même si les quantités annoncées varient d'un facteur de l'ordre de 100 en fonction des publications. Donaldson et Alexandersen [2002] ont récemment rappelé les quantités de virus aphteux excrété dans l'air en 24 heures par un porc, un bovin et un mouton infecté par la souche O Pan Asia 2001 :

Pour un porc : 10^6 DECP

Pour un bovin et un mouton : $10^{4,3}$ DECP

Il ne faut prendre ces chiffres que comme des ordres de grandeur de la quantité de virus pouvant être excrétée sous forme d'aérosol, avec des variations en fonction du type du virus, de la souche, de l'individu, etc.

- le nombre d'animaux excréteurs dans le foyer primaire. Pour une maladie très contagieuse comme la fièvre aphteuse, on considérera que tous les animaux présents dans le foyer primaire sont excréteurs en même temps. Il serait toutefois possible de tenir compte de l'évolution au sein du foyer

en fonction du nombre d'animaux atteints au moment de sa découverte.

Donaldson *et al.* [2001] ont estimé la distance en kilomètres correspondant à un risque pour différentes espèces animales présentes dans la zone de diffusion à partir d'un foyer de fièvre aphteuse en fonction de l'espèce animale et du nombre d'animaux du foyer.

des variables météorologiques

- la direction du vent,
- la vitesse du vent,
- l'hygrométrie relative,
- la stabilité thermique,
- le relief.

des variables liées à l'élevage « récepteur »

- l'espèce animale de l'élevage « récepteur »,
- l'effectif animal dans l'élevage « récepteur ».

Les variables liées à la source d'infection et les variables météorologiques sont prises en compte dans le modèle de diffusion aérienne qui produit des isocourbes de distribution de particules virales. Le résultat de ce modèle constitue donc la variable synthétique appelée « modèle météorologique ».

Sachant que pour infecter sûrement un bovin il faut environ entre 10 et 50 unités infectieuses 50% culture cellulaire [Moutou et Durand, 1994], quatre isocourbes correspondant à différentes concentration d'unités infectieuses virales (cumulées par 24 heures) peuvent être prises en compte dans la variable synthétique « modèle météorologique » :

- 100 unités infectieuses 50% par m³
- 50 unités infectieuses 50% par m³
- 10 unités infectieuses 50% par m³
- 1 unité infectieuse 50% par m³

En ce qui concerne l'élevage exposé, le degré de réceptivité est fonction de l'espèce animale hébergée [Donaldson et Alexandersen, 2002].

Afin d'apprécier qualitativement la probabilité de contamination d'un élevage par voie aérienne, il est donc possible de croiser la variable « modèle météorologique » avec l'espèce animale de l'élevage menacé (tableau II).

Cette démarche permet, pour chaque élevage récepteur potentiel, exposé à un ou plusieurs mécanismes de transmission du virus, d'estimer de manière qualitative (**cumulée, en cas de coexistence de deux ou trois mécanismes de transmission**⁴) la probabilité de contamination d'un élevage. On peut également envisager, en cas d'existence de plusieurs foyers, la probabilité de contamination d'un élevage comme résultante de la combinaison des expositions à chacun des foyers.

Tableau II

Proposition d'appréciation qualitative de la probabilité de contamination d'élevages par un virus aphteux lors de transmission aérienne à partir d'un foyer.

Les degrés de probabilité proposés correspondent à l'hypothèse d'excrétion maximale à partir du foyer (excrétion par tous les animaux présents dans le foyer) (mêmes classes de probabilité que dans le tableau I).

Espèce animale de l'élevage menacé	Variable « modèle météorologique »			
	100 UI	50 UI	10 UI	1 UI
Bovins	Elevée	Elevée	Modérée	Faible
Ovins	Elevée	Modérée	Faible	Négligeable
Porcins	Faible	Faible à négligeable	Négligeable	Négligeable

1.2. NOMBRE D'ELEVAGES EXPOSES A UNE CONTAMINATION

Le risque d'apparition d'un foyer secondaire est fonction du nombre d'élevages exposés (d'une manière ou d'une autre) et à risque non nul de devenir foyer secondaire.

La probabilité d'apparition d'au moins un foyer secondaire est voisine de la somme des probabilités relatives à chaque élevage menacé. Ainsi, pour prendre un exemple chiffré, si dans une région à faible densité d'élevages, se trouvent seulement trois

exploitations ayant chacune une probabilité de 5 p. cent d'être contaminée, on peut considérer que la probabilité d'apparition d'un foyer secondaire est de l'ordre de 15 p. cent, ce qui est faible⁵.

En revanche, dans une région à forte densité d'élevages comprenant 20 exploitations ayant une probabilité individuelle identique d'être contaminée de 5 p. cent, la probabilité de voir apparaître au moins un foyer secondaire est très proche de 100 p. cent.

⁴ En analyse quantitative, si les probabilités de contamination par voisinage, par lien épidémiologique et par voie aérienne sont respectivement v, e et a, la probabilité de contamination cumulée pour une exploitation est :

$$1 - (1-v)(1-e)(1-a), \text{ ce qui est un peu inférieur à la somme des probabilités } v, e \text{ et } a.$$

En analyse qualitative, on peut proposer que l'addition de deux probabilités de même niveau aboutisse à une probabilité du niveau supérieur (exemple : faible + faible = modéré) et que l'addition de deux probabilités de niveau différent ne change pas le niveau le plus élevé (exemple : négligeable + faible = faible ; faible + modéré = modéré).

⁵ Comme précédemment, la probabilité précise correspond à la formule $1 - (1-p)^n$, ce qui, dans ce cas, donne :

$$1 - (1 - 0,05)^3 = 14 \text{ p. cent}$$

Si l'objectif est bien d'éviter l'apparition de **tout** foyer secondaire, le corollaire, en matière de décision d'abattage préventif, est donc de prendre en compte une probabilité individuelle

d'apparition de foyer secondaire d'autant plus faible que le nombre d'élevages à risque non nul est élevé.

Bien sûr, l'exemple d'estimation quantitative du risque pris ci-dessus est tout à fait transposable à la démarche d'estimation qualitative : en vue d'éviter l'apparition de tout foyer secondaire, l'abattage préventif est davantage indiqué dans une situation où l'on a 20 élevages pour lesquels l'estimation individuelle d'apparition de foyer secondaire a été qualifiée de « faible » que dans une situation où l'on a un seul élevage avec ce même niveau de probabilité.

En ce qui concerne le nombre d'élevages exposés, on doit donc retenir que la probabilité d'apparition d'au moins un foyer secondaire est voisine de la somme des probabilités individuelles de chaque élevage.

2. CONSEQUENCES DE FOYER(S) SECONDAIRE(S)

Il s'agit de conséquences épidémiologiques et de conséquences économiques.

2.1. CONSEQUENCES EPIDEMIOLOGIQUES

Les conséquences épidémiologiques de l'apparition d'un foyer secondaire correspondent au risque qu'il soit à l'origine d'autres foyers (foyers tertiaires).

Les facteurs de risque d'apparition de foyers tertiaires à partir d'un foyer secondaire sont les mêmes que ceux d'apparition de foyers secondaires à partir d'un foyer primaire. Ils dépendent, notamment pour la transmission par voie aérienne :

- de(s) l'espèce(s) animale(s) réceptive(s) présente(s) dans le foyer secondaire (le porc étant le plus dangereux comme « émetteur ») ;
- du nombre d'animaux de ces espèces ;
- de la densité en animaux d'espèce(s) réceptive(s) dans la région.

Pour définir la zone dans laquelle la densité en animaux est prise en considération, on peut proposer de retenir les zones introduites dans la réglementation européenne, c'est-à-dire un territoire de 3 à 10 kilomètres de rayon autour du foyer.

En ce qui concerne le classement de la zone en forte, moyenne ou faible densité d'élevage, on peut proposer de retenir les critères de classement du projet d'étude européen sur les zones à haute densité d'élevage.

Ces notions de densité d'élevage ont fait l'objet d'un projet européen (EU-FAIR5-PL97-3566) dont le rapport a été publié fin novembre 2001 [Michel et Windhorst]. Une zone à forte densité d'élevage héberge plus de 450 animaux des quatre espèces sensibles par km², ou plus de 300, s'il ne s'agit que de porcs. Une zone à moyenne densité d'élevage héberge de 151 à 450 animaux des espèces sensibles au km², ou de 51 à 300 s'il ne s'agit que de porcs.

Les conséquences épidémiologiques proposées de l'apparition d'un foyer secondaire sont indiquées dans le tableau III.

Tableau III

Estimation de l'importance des conséquences épidémiologiques de l'apparition d'un foyer secondaire de fièvre aphteuse.

Espèce et effectif du foyer secondaire	Densité d'élevage dans la zone		
	Forte	Moyenne	Faible
>800 porcs	Elevée*	Elevée	Elevée
100 à 800 porcs	Elevée	Elevée	Modérée
<100 porcs	Elevée	Modérée	Faible
Bovins	Modérée	Faible	Négligeable
Ovins ou/et caprins	Modérée	Faible	Négligeable

* Il s'agit de l'importance des conséquences

2.2. CONSEQUENCES ECONOMIQUES

Parmi d'autres foyers d'une épizootie, les conséquences économiques d'un foyer secondaire peuvent être distinguées en conséquences « directes » et en conséquences « indirectes ».

Les conséquences directes correspondent aux pertes économiques découlant de l'abattage des animaux du foyer, de la destruction de leurs cadavres, du nettoyage et de la désinfection des locaux.

Ces pertes sont directement proportionnelles à l'importance de l'effectif animal dans le foyer.

Toutefois, sans sous-estimer l'importance de ces pertes directes, on peut faire remarquer qu'elles sont à « supporter » dans les deux hypothèses (c'est-à-dire les deux termes de l'alternative), à savoir :

- L'élevage devient un foyer secondaire,
- L'élevage est soumis à un abattage préventif.

Les conséquences indirectes correspondent, d'une part, aux foyers tertiaires potentiels dus à ce foyer secondaire et, d'autre

part, au blocage (supplémentaire) des élevages de la région provoqué par l'apparition du foyer secondaire.

Ces pertes indirectes sont donc proportionnelles aux conséquences épidémiologiques (cf. tableau III).

3. ESTIMATION DU RISQUE

La combinaison de la probabilité d'apparition d'un foyer secondaire et de l'importance des conséquences de cette apparition conduit au tableau IV.

Tableau IV

Proposition d'estimation qualitative du risque correspondant à l'apparition d'un foyer secondaire de fièvre aphteuse (probabilité de survenue et conséquences).

Il est proposé de ne pas prendre en compte les exploitations pour lesquelles la probabilité de survenue du foyer est estimée négligeable.

Probabilité de survenue du foyer	Conséquences d'un foyer secondaire			
	Elevées	Modérées	Faibles	Négligeables
Elevée	Elevé*	Elevé	Modéré	Modéré
Modérée	Elevé	Modéré	Modéré	Faible
Faible	Modéré	Modéré	Faible	Faible

* Il s'agit du risque

Pour chaque exploitation menacée, le risque d'apparition de la maladie est modulé par les conséquences potentielles d'une telle apparition.

En fonction de la probabilité estimée de survenue d'un foyer dans l'exploitation soumise à analyse de risque, de son effectif en animaux et de la densité de l'élevage dans la région où elle est située, le tableau V permet de disposer d'emblée du risque estimé.

Les appréciations proposées dans les différents tableaux (élevé, modéré, faible, négligeable) correspondent aux quatre

catégories faites par Zepeda [1997] et comportent une part de subjectivité importante. Le choix de chacune d'entre elles dans les tableaux a davantage été fait en fonction d'une probabilité relative (les unes par rapport aux autres) que d'une probabilité absolue (toujours discutable).

La méthode proposée doit donc être considérée comme une aide à l'évaluation devant être utilisée par des personnes compétentes et en charge de la gestion locale ou nationale.

Tableau V

Proposition d'estimation qualitative du risque correspondant à l'apparition d'un foyer secondaire de fièvre aphteuse (probabilité de survenue et conséquences)

Il est proposé de ne pas prendre en compte les exploitations pour lesquelles la probabilité de survenue du foyer est estimée négligeable.

Pour une même probabilité de survenue d'un foyer secondaire et une même densité d'élevage dans la zone, la nature de l'espèce animale et son effectif dans l'exploitation menacée peuvent modifier le niveau du risque estimé.

Probabilité de survenue du foyer	Forte densité d'élevage	Densité moyenne d'élevage	Faible densité d'élevage	Espèce et effectif de l'exploitation menacée
Elevée	Risque élevé			Bovins, ovins, caprins, porcins
				>800 porcs
Modérée	Risque modéré			100 à 800 porcs
				<100 porcs
				Bovins
Faible	Risque faible			Ovins/Caprins
				>800 porcs
				100 à 800 porcs
				<100 porcs
				Bovins
				Ovins/Caprins

4. PROPOSITIONS D'AIDE A LA DECISION

Après estimation qualitative du risque de fièvre aphteuse, la démarche conduisant à une décision de recours à l'abattage préventif doit tenir compte de plusieurs facteurs :

- L'incidence de la maladie,
- La densité d'élevage dans la zone,
- Les moyens disponibles pour l'abattage des animaux et la destruction des cadavres,
- Les avantages et inconvénients de la vaccination périefocale versus un abattage préventif,
- L'acceptabilité sociale de l'abattage préventif.

➤ **L'incidence de la maladie**

A l'évidence, les décisions en matière d'abattage préventif ne seront pas exactement les mêmes en cas d'un seul foyer primaire ou bien si l'on se trouve en pleine phase de

développement d'une épizootie avec une incidence quotidienne de l'ordre de 30 à 50 foyers (cf. l'épizootie du Royaume-Uni de 2001). Un tel niveau d'incidence rend à la fois très difficile le travail quotidien d'enquête épidémiologique relatif aux foyers existants (et qui conditionne la qualité des propositions d'aide à l'abattage) et celui correspondant à l'application de l'abattage préventif dans un nombre considérable d'exploitations (avec le problème corollaire des moyens nécessaires).

Le point de départ du schéma d'aide à la décision est donc constitué par la situation épidémiologique (figure 1).

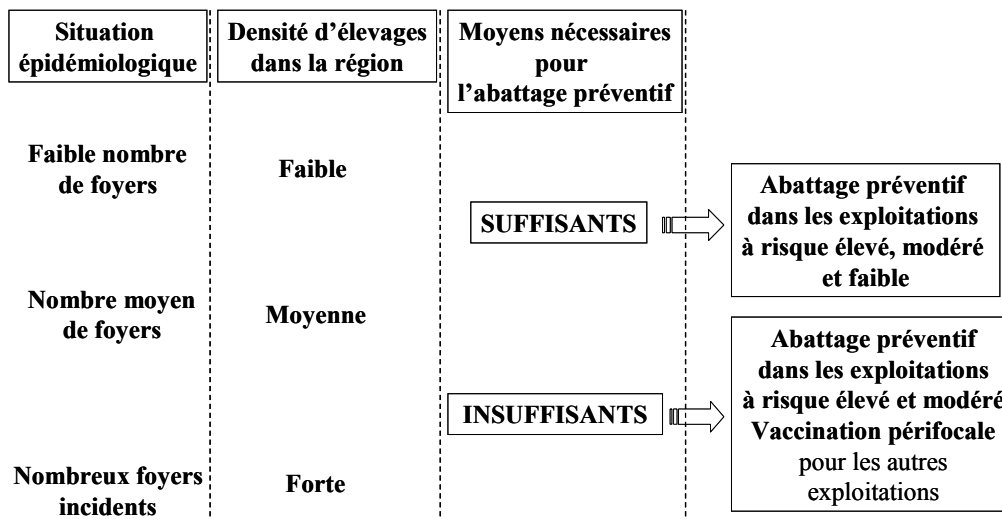
➤ **La densité d'élevage dans la zone**

Comme nous l'avons vu, cette densité conditionne grandement le risque estimé et par conséquent détermine les moyens nécessaires pour l'abattage préventif à envisager (deuxième étape de la figure 1).

Figure 1

Schéma de proposition d'aide à la décision concernant l'abattage préventif et la vaccination périfocale après analyse de risque qualitative

Le point de départ de l'utilisation de ce schéma est la colonne de gauche. La progression se fait de la gauche vers la droite. L'aboutissement du trajet et la décision proposée se situent dans la colonne de droite. Selon les cas, l'abattage préventif est recommandé pour toutes les exploitations à risque non négligeable ou bien il est proposé d'associer l'abattage préventif pour les exploitations à risque estimé élevé ou modéré, à la vaccination périfocale pour les autres exploitations.



➤ Les moyens disponibles

Il s'agit des moyens en personnel, en matériel, en établissements d'équarrissage et en gestion de l'environnement (zones pour enfouissement par exemple) nécessaires pour la réalisation de l'abattage préventif dans des conditions de sécurité vis-à-vis de la diffusion du virus.

La décision d'abattage préventif et son ampleur sont conditionnées par la disponibilité de ces moyens.

Ce facteur correspond à l'étape suivante du schéma d'aide à la décision (figure 1).

Si les moyens disponibles pour l'abattage et la destruction des cadavres sont jugés suffisants par rapport à la situation, il est possible d'appliquer l'abattage préventif aux animaux de toutes les exploitations pour lesquelles le risque a été estimé non négligeable.

Si les moyens disponibles sont jugés insuffisants, il est nécessaire d'envisager le recours à la vaccination périfocale.

➤ La vaccination périfocale

Ses avantages et ses inconvénients peuvent être résumés en tenant compte de revues

récentes [Barnett *et al.*, 2002 ; Leforban, 2002 ; Toma *et al.*, 2002]. Ils peuvent évoluer dans l'avenir.

L'avantage majeur est l'obtention d'une protection chez les animaux vaccinés, protection qui, d'une part, permet d'éviter l'apparition de nouveaux foyers, d'autre part, diminue considérablement l'excrétion du virus par des animaux vaccinés puis infectés, par rapport à celle d'animaux non vaccinés.

Le second avantage, psychologique, correspond à l'acceptabilité de ce moyen de lutte par rapport à l'abattage.

Les facteurs limitants ou les inconvénients sont :

- Le délai nécessaire pour l'installation de la protection : même si il a été démontré qu'un début de protection était décelable quatre jours après la vaccination chez des bovins, des porcs et des moutons, on ne peut pas considérer que la protection est aussi rapide quels que soient le vaccin utilisé et le mode de contamination.

Le délai nécessaire après la vaccination pour obtenir une protection clinique contre la maladie est compris entre 4 et 21 jours en fonction de l'espèce, du vaccin

disponible et de conditions locales. Ceci permet de comprendre qu'une vaccination périfocale ne protège pas les exploitations déjà contaminées par un foyer donné, mais qu'elle ne peut être efficace que vis-à-vis de la contamination résultant de foyers secondaires dus à ce foyer.

- Le marquage sérologique des animaux vaccinés. Cet inconvénient semble être en cours de résolution grâce à l'emploi de coffrets permettant la recherche d'anticorps contre les protéines non structurales et l'usage de vaccins hautement purifiés. Toutefois, le recul disponible dans ce domaine est encore limité et on peut être assuré dès maintenant que la fiabilité d'un tel dépistage ne sera acceptable qu'au plan du troupeau et non pas au plan individuel (animal). En effet, pour d'autres maladies vis-à-vis desquelles on dispose depuis plusieurs années de vaccins à virus comportant une délétion (la maladie d'Aujeszky par exemple), l'expérience a montré que des anticorps témoins de l'infection peuvent n'être produits qu'en quantité insuffisante pour être décelés chez certains animaux vaccinés puis infectés (et devenant néanmoins porteurs de virus).
- Le portage viral par des ruminants vaccinés puis infectés. Ceci correspond à un phénomène classique. Le risque épidémiologique représenté par de tels animaux est sans doute faible, mais il n'est pas nul et interdit donc l'expédition d'animaux vaccinés vers des pays indemnes de fièvre aphteuse. Cet inconvénient est variable selon l'importance des exportations pour le pays ou la région concerné.

En ce qui concerne la consommation de la viande d'animaux vaccinés autour de foyers, deux problèmes se posent :

- Un problème psychologique vis-à-vis des consommateurs ; probablement, une information bien conduite devrait être de nature à réduire ce risque, mais

les réactions des médias et du public au cours de ces dernières années, en matière d'encéphalopathie spongiforme bovine, ont montré leur caractère excessif.

- Un problème épidémiologique qui correspond au risque potentiel de transport, d'utilisation, voire de retour vers l'animal de tissus hébergeant le virus (eaux grasses utilisées de façon frauduleuse). Ce risque est probablement très faible à partir d'un mois après la constatation du dernier foyer de fièvre aphteuse.

Bref, en l'attente de décisions à venir quant à une éventuelle modification du sort réservé aux animaux vaccinés en urgence autour de foyers, il faut sans doute rester prudent quant à l'ampleur de telles vaccinations et les limiter (en priorité) aux exploitations à risque estimé faible lorsque les moyens nécessaires pour l'abattage préventif sont jugés insuffisants (figure 1). Bien sûr, dans l'avenir, en cas de modification de la réglementation internationale (Code zoosanitaire international de l'OIE), l'arbre de décision pourrait être révisé et adapté à d'éventuels aménagements de la gestion des produits en provenance des animaux vaccinés de manière périfocale.

➤ **L'acceptabilité sociale de l'abattage préventif**

L'abattage en vue de la destruction d'un nombre important d'animaux d'élevage a été mal accepté par l'opinion publique européenne au cours de l'épizootie de 2001. Cet élément doit également être pris en compte dans la décision de recours ou non à l'abattage préventif. Il est évident que plus le nombre d'élevages et d'animaux à détruire est élevé, plus l'acceptabilité sociale de telles mesures baisse. C'est probablement la raison essentielle qui limitera dans l'avenir le recours à l'abattage préventif à large échelle.

III - CONCLUSION

L'épizootie de fièvre aphteuse de 2001 au Royaume-Uni a attiré intensément l'attention des médias et du public sur cette maladie quelque peu « oubliée » dans les pays occidentaux, mais dont l'extraordinaire potentiel de diffusion a été démontré une nouvelle fois.

Le Royaume-Uni a apporté la preuve que des mesures sanitaires exclusives permettaient de maîtriser une telle maladie ; l'abattage, curatif et préventif, associé aux autres mesures sanitaires classiques a, une nouvelle fois, fait la démonstration de son efficacité, mais à quel prix : six millions d'animaux abattus et détruits !

Ce nombre d'animaux sacrifiés et détruits ainsi que les images correspondantes ont frappé l'opinion publique. Ceci va conduire à une réflexion, déjà entamée, sur la pertinence et l'opportunité des moyens à mettre en oeuvre pour une maîtrise au meilleur rapport coût/bénéfice de la prochaine épizootie, tout en tenant compte d'aspects éthiques et de protection animale. L'abattage demeurera un outil indispensable dans les pays développés, mais à associer, dans certains cas, à la vaccination périfocale surtout si les performances des coffrets de dépistage différentiel sont validées et si le devenir des animaux vaccinés est reconsidéré dans la réglementation internationale.

BIBLIOGRAPHIE

- Alexandersen S., Zhang Z., Reid S., Hutchings G. and Donaldson A.I. ~ Quantities of infectious virus and viral RNA recovered from sheep and cattle experimentally infected with foot-and-mouth disease virus O UK 2001. Session of the Research Group of the Standing Technical Committee, Report, FAO, Moen, Denmark, 12-15 September 2001, 129-141.
- Barnett P., Garland A.J.M., Kitching R.P. and Schermbrucker C.G. ~ Aspects of emergency vaccination against foot-and-mouth disease. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 2002, **25**, 345-364.
- Chmitelin I. et Moutou F. ~ Fièvre aphteuse : les leçons de l'expérience française. *Rev. sci. techn. Offic. int. Epiz.*, 2002, **21**(3), 723-737.
- Donaldson A.I., Alexandersen S., Sorensen J.H. and Mikkelsen T. ~ Relative risks of the uncontrollable (airborne) spread of FMD by different species. *Veterinary Record*, 2001, **148**, 602-604.
- Donaldson A.I. and Alexandersen S. ~ Predicting the spread of foot and mouth disease by airborne virus. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 2002, **21** (3), 569-575.
- Ferguson N.M., Donnelly C.A., Anderson R.M. ~ The Foot-and-Mouth Epidemic in Great Britain : Pattern of Spread and Impact of Interventions. *Science*, 2001, **292**, 1155-1160.
- Gibbens J.C. and Wilesmith J.W. ~ Temporal and geographical distribution of cases of foot-and-mouth disease during the early weeks of the 2001 epidemic in Great-Britain. *Veterinary Record*, 2002, **151**, 407-412.
- Howard S.C. and Donnelly C.A. ~ The importance of immediate destruction in epidemics of foot and mouth disease. *Research in Veterinary Science*, 2000, **69**, 189-196.
- Joubert L. et Mackowiak C. ~ La fièvre aphteuse. Volume II : La fièvre aphteuse spontanée, Expansion scientifique française éd., 1968, 298 p.
- Leforban Y. ~ L'épisode de fièvre aphteuse en Europe en 2001 était-il prévisible ? La vaccination constitue-t-elle une solution ? *Rev. sci. tech. Off. Int. Epiz.*, 2002, **21**, 539-556.
- Michel I. and Windhorst H.-W. ~ Densely populated livestock areas : definition and spatial distribution in the European Union – A case study for five member states. FAIR5- PL97-3566, Final report, Chapter 2, 17p.

Moutou F. and Durand B. ~ Modelling the spread of foot-and-mouth disease virus. *Vet. Res.* 1994, **25**, 279-285.

Toma B., Moutou F., Dufour B. and Durand B. ~ Ring vaccination against foot-and-mouth disease. *Comparative Microbiology, Immunology and Infectious Diseases*, 2002, **25**, 365-372.

Zepeda C. ~ Méthodes d'évaluation des risques zoonosaires lors des échanges internationaux. Séminaire sur la sécurité zoonositaire des échanges dans les Caraïbes. Port of Spain (Trinidad et Tobago), 9-11 décembre 1997, 2-17.



Remerciements

Nous exprimons nos vifs remerciements à B. Durand, T. Chillaud, Y. Leforban et C. Rogy qui ont accepté de relire le manuscrit et de nous faire profiter de leurs commentaires.