

UTILISATIONS DES OUTILS INFORMATIQUES MODERNES DANS LES SITUATIONS D'URGENCE : L'EXEMPLE DE LA FIEVRE APHTEUSE AU ROYAUME UNI EN 2001 *

G. Gerbier¹, B. Durand² et P. Hendrikx³

RESUME : Au cours de l'épizootie de fièvre aphteuse de 2001 en Angleterre, les outils informatiques ont été utilisés de façon intensive. Cet article présente un bilan de leur utilisation dans ce contexte typique de situation d'urgence. L'utilité, les données nécessaires et les limites de ces outils sont analysées selon quatre volets : la gestion de l'épizootie, l'évaluation des risques, la modélisation et enfin la communication.

SUMMARY : During the FMD epidemic in UK, computer tools have been intensely used. This article summarizes the use of these tools in the context of emergency situation. Characteristics, needed data and limits are presented. Four fields are distinguished : emergency management, risk evaluation, modelling of the epidemic and communication.



I - INTRODUCTION

L'intérêt des « nouvelles technologies » en santé animale recouvre selon les auteurs des domaines assez divers. D'après la FAO [1999a], ces apports relèvent du domaine des outils de laboratoire, des vaccins et des méthodes en épidémiologie et en économie. Cet article porte sur les nouvelles technologies dans le domaine de l'épidémiologie et plus particulièrement sur les méthodes informatiques, dans des situations d'urgence. Par situation d'urgence, nous entendons l'apparition de foyers de maladies très contagieuses ou ayant un fort

impact économique. La fièvre aphteuse (FA) entre tout à fait dans cette définition. Nous avons distingué quatre types d'utilisation : la gestion de l'épizootie, l'évaluation du risque, la modélisation de l'épizootie et des stratégies de lutte et enfin la communication. Pour chaque type, les possibilités, les données nécessaires et les limites sont présentées et illustrées grâce à un exemple d'actualité : la récente épizootie de FA au Royaume-uni.

II - GESTION DE L'ÉPIZOOTIE

Une des avancées majeures de ces dernières années a été le développement et l'utilisation du concept de système d'information en santé animale (SISA ou *Animal Health Information System* en Anglais). Un SISA est un système qui permet la collecte, le stockage, l'analyse et la diffusion d'informations

relatives à la santé animale. Le terme « système » doit être entendu comme un ensemble de procédures qui ont pour objectif d'améliorer la santé animale. Comme le montre le diagramme suivant (figure 1), l'informatique n'est qu'un des aspects d'un tel système.

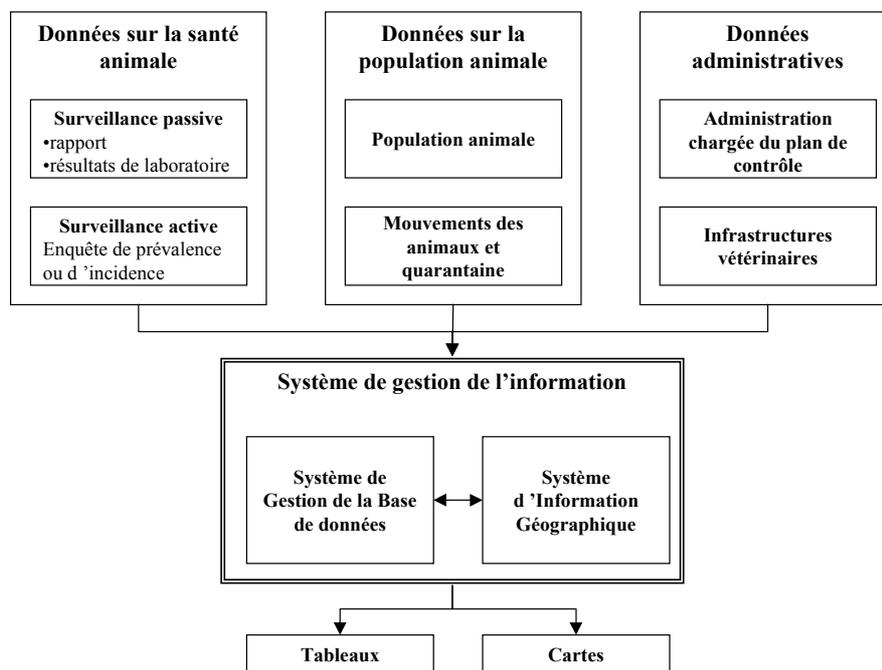
* Texte de l'exposé présenté lors de la Journée AEEMA, 18 mai 2001

¹ FAO, viale delle Terme di Caracalla 00100 Rome, Italie

² AFSSA, Unité Epidémiologie, 22 rue Pierre Curie, 94703 Maisons-Alfort, France

³ CIRAD-EMVT, Programme santé animale, TA 30/G, 34 398 Montpellier cedex 5, France

FIGURE 1
Structure d'un système d'information en santé animale
[d'après FAO, 1999a]



Au cours d'une épizootie, ce SISA peut être utilisé pour visualiser les foyers, définir des zones de restriction, transmettre des informations et enfin faciliter l'analyse et l'édition de rapports [Cameron, 1997].

Lors de l'épizootie en Angleterre, quatre bases de données ont été développées : une base de données géographiques, une base pour le contrôle de la maladie, une base pour les autorisations de mouvements et enfin une base pour les indemnités.

La base sur le contrôle de la maladie a compté jusqu'à 300 000 enregistrements constitués par tous les foyers et les cheptels identifiés comme contact. La centralisation des informations sur la maladie au sein d'une seule base nationale par opposition à la constitution de multiples bases locales pour chaque centre de crise présente plusieurs avantages. D'une part, la centralisation impose de standardiser les données et la définition des foyers. D'autre part, elle permet de mettre à jour quasiment en temps réel les informations sur les foyers. Enfin, elle permet de rendre l'ensemble des informations directement et

rapidement accessibles et d'automatiser certaines tâches comme l'édition de rapports (figure 2) ainsi que certaines analyses épidémiologiques, telles que la définition des zones de restriction.

La visualisation des foyers et la définition des zones tampons relèvent plus précisément de la composante « système d'information géographique » (SIG) d'un SISA. Le SIG du DEFRA (Department for environment and rural affairs) a été constitué progressivement au cours de l'épizootie [L. Smith, communication personnelle], en profitant de l'expérience acquise au cours de l'épizootie de peste porcine classique qui s'est déroulée d'août 2000 à février 2001. De quatre personnes en février 2001, le service en charge des SIG est passé à treize personnes au niveau du quartier général de Page Street à Londres, sans compter les équipes régionales. C'est cette équipe centrale qui était en charge de la délimitation de la zone infectée et de la zone de surveillance, les équipes régionales ayant la tâche de collecter et valider les informations.

FIGURE 2
Type de rapport édité lors de l'épizootie britannique de FA en 2001
 (source DEFRA)

FOOT & MOUTH DISEASE DAILY SITUATION REPORT: 11:00 HOURS
 THURSDAY 17 MAY

Slaughter/disposal numbers at 19:00 Wednesday 16 May

- 2,858,000 animals slaughtered or identified as being for slaughter.
- 2,768,000 animals slaughtered, of which 36,000 remain to be disposed of.
- 451,000 cattle, 2,198,000 sheep, 118,000 pigs, 2,000 goats etc slaughtered.
- 90,000 animals awaiting slaughter.

Daily average of animals slaughtered

For week ending Sunday 6 May – 11,000
 For week ending Sunday 29 April – 21,000
 For week ending Sunday 22 April – 55,000
 For week ending Sunday 15 April – 78,000
 For week ending Sunday 8 April – 82,000
 For week ending Sunday 1 April – 66,000
 For week ending Sunday 25 March – 38,000

Daily average of animals disposed of

For week ending Sunday 6 May – 16,000
 For week ending Sunday 29 April – 31,000
 For week ending Sunday 22 April – 65,000
 For week ending Sunday 15 April – 76,000
 For week ending Sunday 8 April – 85,000
 For week ending Sunday 1 April – 50,000
 For week ending Sunday 25 March – 32,000

FOOT & MOUTH DISEASE DAILY SITUATION REPORT: 11:00 HOURS
 THURSDAY 17 MAY

Weekly average number of cases

In the seven day period ending Sunday 13 May, there was an average of 5 new confirmed cases each day, compared to 7 in the seven day period ending Sunday 6 May.

CONFIRMED OUTBREAK PREMISES

Cases confirmed from 19:00 15 May – 19:00 16 May

Case No	Date	Location	Animals
1601	May 16	T A Storey of 6 Bushfield With animals in field at Garlands Broomfallen Road Scotby Carlisle Cumbria	20 Ewes + Lambs
1602	May 16	M/S Crathorne Farms of Crathorne With animals at Corps House Farm Crathorne Yarm North Yorkshire	Cattle 276
1603	May 16	R H Preston Sannat Hall Stainforth Settle North Yorkshire BD24 9PN	Cattle 150 Sheep 570 plus lambs

FOOT & MOUTH DISEASE DAILY SITUATION REPORT: 11:00 HOURS
 THURSDAY 17 MAY

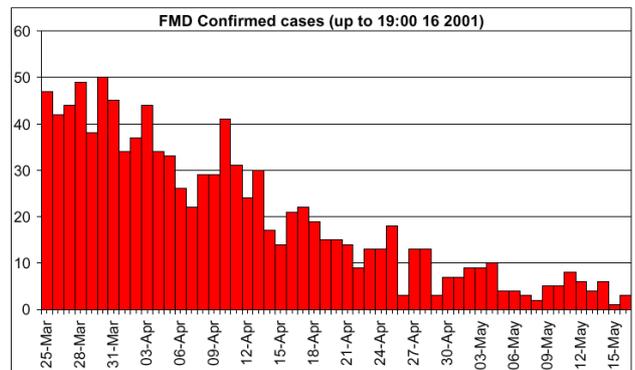
SITUATION AT 1900 WEDNESDAY 16 MAY

SUMMARY STATISTICS

- At 1900 on 16 May: 3 new case since last report; total now 1603 cases.

Breakdown of new cases

Cumbria	1
North Yorkshire	2



FOOT & MOUTH DISEASE DAILY SITUATION REPORT: 11:00 HOURS
 THURSDAY 17 MAY

Livestock Welfare (Disposal) Scheme - Situation at close Wednesday 16 May

Total number of animals entered for scheme - 1,656,042
 Total number of animals slaughtered – 850,603
 Total number of animals awaiting slaughter – 443,678
 Number of animals withdrawn – 123,484
 Animals not presented* - 238,277

*Animals withdrawn at point of collection, entered on to other schemes or duplicate applications

Species	Cumulative total - animals slaughtered
Sheep	587,105
Pigs	196,389
Cattle	66,381
Deer/Goats/Llamas	728
Totals	850,603

DONNEES UTILISEES

Les informations essentielles enregistrées dans le SISA britannique correspondent bien sûr à la description des élevages infectés. Afin d'assurer la qualité de ces données, c'est une équipe d'épidémiologistes qui était chargée de cette tâche. En particulier, il a été nécessaire de valider les positions des cheptels infectés. Les bases

de données disponibles au début de l'épizootie (VetNet, recensement et Ministère écossais des affaires rurales et de l'environnement) montraient un certain nombre d'incohérences [Ferguson *et al.*, 2001]. Par exemple, un certain nombre de coordonnées recueillies étaient fausses. Au cours de l'épizootie, l'un des rôles de la cellule d'information géographique était ainsi de valider les coordonnées transmises manuellement. Les

incohérences provenaient notamment d'erreurs de saisie ou d'incompréhensions liées à l'utilisation du système britannique de géoréférencement par des personnes étrangères. Ce type d'erreur a pu être évité en utilisant le système GPS (Global Positioning System).

D'une manière générale, les informations minimales à recueillir pour utiliser un SIG lors d'une épizootie sont :

- le nombre d'animaux atteints,
- la position du cheptel atteint,
- les dates de déclaration et d'abattage du foyer.

Cependant, avec ces seules données, le SIG ne permet pas de faire beaucoup plus que ce qui peut être réalisé avec un simple carte en papier. Il est essentiel de disposer également des données sur les cheptels indemnes pour utiliser toutes les possibilités d'un SIG. Celui-ci peut permettre en effet de calculer les probabilités d'infection au cours de cette épizootie, d'aider à l'organisation des visites des fermes, d'évaluer les coûts des mesures de lutte [Sanson, 2002].

Enfin, même si cela ne relève pas de la gestion de l'épizootie, l'accès aux données relatives aux cheptels indemnes peut permettre aussi d'estimer les paramètres de diffusion de la maladie en vue de simulation. Face à cette nécessité de disposer des informations sur l'ensemble des cheptels d'une zone, certains pays ont mis en place des bases de données où toutes ou une partie des fermes sont géoréférencées (Agribase en Nouvelle Zélande, InfoPorc en Bretagne, Belgique). Dans le contexte d'une épizootie, se posent plusieurs problèmes : l'exhaustivité de telles bases, leur précision au moment où elles doivent être utilisées et surtout leur coût de constitution et d'entretien. L'utilisation routinière d'un SIG en « temps de paix » (c'est-à-dire hors épizootie) semble garantir une meilleure qualité des données [Sanson, 2002], même si les données utilisées en routine et celles nécessaires au cours d'une épizootie ne se recouvrent pas nécessairement complètement. En fonction de l'utilisation prévue, les fermes peuvent être ensuite représentées sous forme de points ou de polygones. La représentation sous forme de polygones est clairement plus difficile à constituer et à mettre à jour, mais il s'agit surtout de savoir si ce type de représentation est légitime pour l'espèce et la maladie considérée.

III - EVALUATION DU RISQUE

Au sens propre, l'évaluation du risque requiert tout d'abord d'identifier le danger, puis de mesurer l'émission, l'exposition à ce danger et enfin de calculer les conséquences. Appliqué au contexte d'une épizootie, l'évaluation des conséquences revient à calculer la probabilité d'infection. Les dangers sont les différentes voies de contamination.

A l'heure actuelle, nous ne disposons que de peu d'outils permettant de quantifier le risque lié à une voie de contamination autre qu'aérienne.

Au cours d'une épizootie, « ce qui est vrai un jour peut s'avérer faux le lendemain » [J. Gibbens, comm. pers. Gisvet conference, 2001]. En effet, on ne peut tenir compte à un moment donné que des informations sur les foyers détectés. Ainsi, en Grande-Bretagne, au moment de la confirmation du foyer index le 20 février 2001, il est probable que plus d'une dizaine de foyers étaient actifs : le 28 février, 26 autres cas avaient été déclarés dans toute l'Angleterre. Le travail de détection des origines des foyers (traçage amont) et de leurs conséquences (traçage aval) est donc essentiel pour gérer l'épizootie et assurer une mise à jour permanente des connaissances sur l'épizootie. Il peut être facilité par l'utilisation d'un SISA, comme cela a été le cas en Grande-Bretagne.

Dans le cas de la contamination par voie aérienne par le virus de la FA, de nombreux travaux se sont attachés à estimer l'exposition. Jusqu'ici les tentatives

d'estimation de la probabilité d'infection [Sanson, 1993 ; Casal, 1997 ; Sanson *et al.*, 2000], ont toujours reposé sur des hypothèses très restrictives, rendant ces modèles difficilement utilisables au cours d'une épizootie.

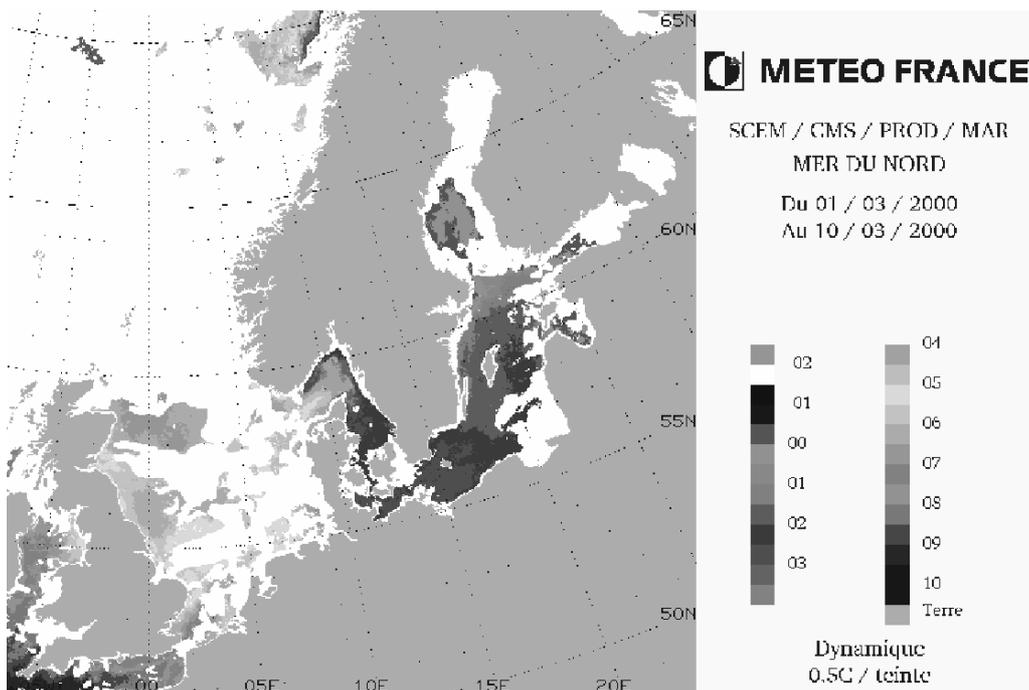
Outre le risque de propagation locale, il a été montré au Danemark et dans le cas de la contamination de l'île de Wight en 1981 [Donaldson *et al.*, 1982] que le virus de la FA peut se transmettre à longue distance au dessus de la mer. En France, les données satellitales relatives à la température de surface de la mer et des données météorologiques ont été utilisées pour analyser le risque de propagation du virus de la FA depuis l'Angleterre au dessus de la Manche (figure 3). Elles ont permis de montrer que, la température de surface de la mer étant supérieure à la température de l'air pendant la période étudiée, un courant ascendant était présent rendant improbable cette source de transmission.

Finalement, qu'il s'agisse de l'évaluation du risque de diffusion par voie aérienne (grâce à l'utilisation de modèles de diffusion) ou par d'autres voies (grâce à un recensement des élevages à risque sur le terrain et à la centralisation de ces informations dans un SISA), ces évaluations restent des évaluations de l'exposition (à un aérosol, à un ou plusieurs contacts potentiellement infectants). Elles ont de plus une valeur essentiellement qualitative du fait des hypothèses sous-jacentes et de

l'incertitude sur les paramètres utilisés. Par exemple, en matière de contagion par voie aérienne, la quantité de virus excrétée par un cheptel infecté est estimée en supposant que tous les animaux sensibles excrètent du virus. Cette quantité de virus excrétée est elle-même estimée à partir de travaux de laboratoire et dépend fortement de la souche considérée, de l'espèce infectée et du stade de l'infection.

Les seuls outils à la disposition des décideurs pour évaluer le risque sont donc en fait des outils d'évaluation de l'exposition. Ces outils sont utiles pour hiérarchiser les cheptels en fonction de leur niveau d'exposition, mais aussi pour mesurer le risque potentiel que représente un cheptel s'il s'avérait infecté [Marangon *et al.*, 1994].

FIGURE 3
Température moyenne de la Manche
[données Météo France]



DONNEES NECESSAIRES

Pour évaluer la diffusion aérienne du virus aphteux [Moutou et Durand, 1994], les données suivantes sont nécessaires :

- les données relatives au foyer (nombre d'animaux sensibles, date de détection et d'abattage),

- les données météorologiques (humidité relative, force et direction du vent).

Certains modèles utilisent les données de plusieurs stations météorologiques pour extrapoler les conditions météorologiques au niveau du foyer [Sorensen *et al.*, 2000].

IV - MODELISATION DE L'ÉPIZOOTIE

La FA est une des maladies qui a été la plus modélisée. Les échelles tant géographiques que temporelles sont assez variées : du niveau local pour la propagation aérienne au niveau national, sur une semaine ou sur plusieurs mois. Jusqu'ici ces modèles avaient été utilisés en l'absence de la maladie avec plusieurs objectifs : évaluer les conséquences

économiques [Dijkhuizen *et al.*, 1994 ; Berentsen *et al.*, 1992], servir d'aide à la décision [Sansou *et al.*, 1999] ou de système d'entraînement [Durand, 1996]. L'épizootie de 2001 aura été l'occasion de voir l'utilisation de modèles au cours d'une crise.

Pour illustrer l'utilisation des modèles dans l'épizootie de Grande Bretagne, il est intéressant de faire un petit

historique. Le 19 février, les premiers signes de FA sont détectés à l'abattoir de Brentwood dans l'Essex, le 6 mars un appel est fait par la DEFRA pour une consultation d'experts externes, le 21 mars les résultats de différents modèles sont présentés. Pour toute personne ayant travaillé dans le domaine de la modélisation, ces délais sont incroyablement courts mais, cependant, trois modèles différents ont tout de même été présentés. Ces modèles utilisaient les données disponibles au 19 février 2001. Par la suite, deux modèles ont été décrits dans des articles [Ferguson *et al.*, 2001 ; Morris *et al.*, 2001]. Le dernier modèle n'a été ni décrit ni publié. Les deux approches décrites sont assez opposées. Le modèle de Ferguson a au moins 8 paramètres et s'appuie sur un système d'équations différentielles. Ces équations décrivent l'évolution moyenne de chacun des états (un état « Sain » et un nombre indéterminé d'états infectés), de chaque couple de fermes connectées et de chaque triplet de fermes connectées. Le modèle de Morris basé sur le système Epiman [Sanson *et al.*, 1999] comporte 54 paramètres pour décrire la partie épidémiologique et 19 paramètres pour décrire les mesures de lutte. Une simulation avec un jeu de paramètres donnés s'effectue en 3 heures. Sans entrer dans les détails des stratégies de lutte testées, il est important de noter que dans aucune des deux études la vaccination généralisée de tous les animaux sensibles ou la vaccination de tous les petits ruminants - les ovins ont constitué 73% des animaux abattus dans les foyers et ont été les principaux vecteurs lors de cette épizootie - n'ont été testées.

Il est difficile de comparer les résultats des modèles dans la mesure où le modèle de Ferguson présente les évolutions temporelles attendues sous différentes hypothèses tandis que le modèle de Morris présente des cartes de densité de foyers attendus. Cependant, il est intéressant de noter les commentaires que nous avons pu collecter sur le site du ministère de l'agriculture anglais ou sur le site de Promed (www.promedmail.org) :

- D. King, chef du groupe scientifique : « remarquablement précis »
- D. Reynolds, Food Safety Agency : « Tous les modèles disent approximativement la même chose. Ce sera une grande épizootie, elle va grossir rapidement et durer pendant plusieurs mois »
- A. Donaldson, Laboratoire Mondial de référence sur la FA, Pirbright : « Prédiction simplistes »
- P. Suttmoller : « Pas besoin d'un ordinateur pour dire que « pas assez » et « trop tard » ne fonctionnent pas »

Les réactions sont pour le moins contrastées. En fait, ceci reflète deux types de positions : celle des décideurs et celle des experts en FA. Dans le cas des décideurs, l'information retenue est celle de l'ampleur de l'épizootie, sa taille, sa durée. De ce point de vue, ce

qui est important c'est de mesurer les pertes économiques et de justifier les choix effectués. Du point de vue des experts, l'absence de prise en compte de facteurs comme l'espèce des animaux, la faiblesse de certaines hypothèses font que les modèles n'apportent rien de nouveau. L'appréciation de l'utilité d'un modèle dépend donc du niveau de connaissance de départ. Au final, on peut conclure que les modèles ont eu pour conséquence de raffermir la politique en place d'abattage rapide des foyers. Il reste ensuite à débattre si les différentes stratégies ont réellement été évaluées ou si les modèles ont servi de justification *a posteriori*.

On notera en conclusion que les modèles utilisés au cours de cette épizootie sont particulièrement complexes par rapport aux résultats obtenus. A l'inverse, le modèle développé par Miller [1976] basé sur l'analyse de taux de dissémination reproduit assez bien l'évolution de l'épizootie de 1967-68 avec seulement deux paramètres. En outre, la question se pose de l'utilité des modèles pour prédire l'évolution de l'épizootie. Comme le souligne Suttmoller [2001], « un modèle donne des réponses conventionnelles quand les paramètres reflètent des dogmes conventionnels ». En d'autres termes, un modèle ne découvre ni n'invente rien, il permet de résumer et de décrire certains comportements liés aux hypothèses effectuées lors de la construction du modèle.

DONNEES NECESSAIRES

Les données ou plus exactement les paramètres nécessaires pour utiliser les modèles de prédiction sont de deux types : les données dérivées de l'analyse de foyers antérieurs et les avis d'experts. Dans les deux cas se pose le problème de la pertinence de ces estimations dans le contexte étudié. Dans le domaine de la FA, les données issues de l'épizootie de 1967-68 en Angleterre ont longtemps servi de référence [Miller, 1976 ; Dijkhuizen *et al.*, 1994]. Cependant, les facteurs influençant la propagation ne sont en général plus les mêmes. De plus, certains modèles ont été construits dans un contexte précis ce qui peut nuire à leur généralisation. Les paramètres d'un modèle sont souvent issus de l'expérience acquise à partir d'une seule épizootie. L'étendue de variation des paramètres reflète donc la variabilité au sein d'une épizootie, mais il est difficile d'estimer la variabilité entre épizooties. A titre d'illustration, pour construire un scénario pessimiste de propagation de la FA, Dijkhuizen *et al.* [1994] font l'hypothèse que la propagation (mesurée en terme de taux de dissémination) pourrait être 30% supérieure à ce qui a été observé en 1967-68 en Angleterre. A Taiwan, en 1997, les taux de dissémination observés se sont avérés supérieurs de 300%.

V - COMMUNICATION

L'aboutissement de la démarche d'analyse du risque est la communication du risque. Dans ce secteur, les outils informatiques ont été d'une grande valeur au cours de cette épizootie dans les domaines de la transmission de l'alerte, de la communication interne et de la communication externe.

La transmission de l'alerte s'est faite au niveau officiel par le biais de l'Office International des Epizooties (22 février). L'information avait déjà été répercutée le 20 février sur le site Internet de Promed. Plus généralement, le développement de systèmes informatiques de stockage et d'analyse de données épidémiologiques tels que TADinfo [FAO, 1999b] permettent d'aider à standardiser les informations collectées au niveau de chaque pays et de faciliter les communications. Plusieurs organisations régionales ont inscrit la lutte contre les maladies animales dans leurs prérogatives et font la promotion de l'utilisation d'outils informatiques standardisés [FAO, 1999c] :

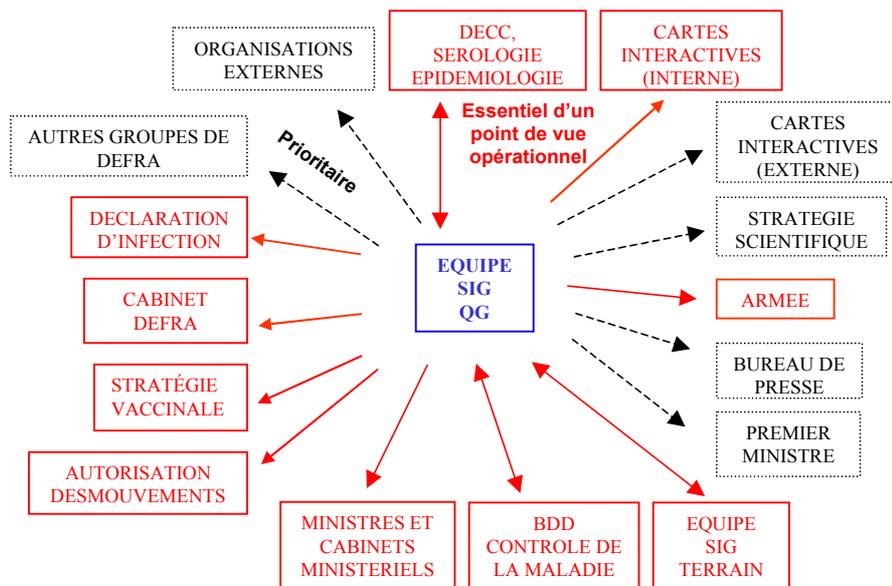
- Regional Animal Production and Health Commission for Asia and the Pacific (APHCA),
- Organization of African Unity/Inter-African Bureau for Animal Resources (OAU/IBAR),
- Pan-American Foot-and-Mouth Disease Center (PANAFTOSA),

- Regional Animal Disease and Surveillance Control Network (RADISCON),
- Southern African Development Community (SADC),
- Southeast Asia Coordinating Group for the Control of Foot-and-Mouth Disease,
- South Pacific Community (SPC), Gulf Cooperation Council (GCC).

L'importance de la communication interne a été en partie abordée dans la partie traitant de la gestion du risque, mais il est important de rappeler ici les différents interlocuteurs impliqués au cours d'une épizootie. Chacun des interlocuteurs a des besoins et une culture différente. Ceci peut être géré dans le SISA au travers du développement de différentes interfaces pour chaque type d'utilisateur. Chaque niveau d'utilisateur peut par ailleurs avoir des droits d'accès précis [Sanson, 1993]. Par exemple, différentes interfaces, différents types de rapports et de cartes ont été développés au sein d'un système de cartographie interactif lors de l'épizootie anglaise, pour les équipes de terrain, pour les décideurs et enfin pour le grand public. Le graphique suivant (figure 4, L. Smith, comm. pers. extrait de la présentation au congrès Gisvet 2001) montre ces différents interlocuteurs :

FIGURE 4

Liens entre l'équipe SIG du centre de crise de Page street et les interlocuteurs internes (lignes pleines) et externes (lignes discontinues) [d'après L. Smith]



VI - CONCLUSION

En conclusion, il est important que les décideurs soient avertis des limites des outils utilisés, qu'il s'agisse de la qualité des données entrées dans un SIG ou des hypothèses sous-jacentes à un modèle de propagation de la maladie. En particulier, les risques liés à certaines voies de contamination ne peuvent être représentés car ils sont peu quantifiables. Comme le soulignent Ferguson *et al.* [2001b], les transmissions sur de longues distances sont particulièrement variables et correspondent donc à des événements qui peuvent être assez rares mais lourds de conséquences.

En définitive, l'expérience de l'épizootie de fièvre aphteuse en Grande Bretagne peut permettre de souligner ce que fait et ne fait pas un modèle ou un SIG. Ces deux outils ne collectent pas les données, ne les valident pas et ne permettent pas de stocker toutes les informations. L'ordinateur calcule, l'homme interprète [R. Paskin, FAO 1999a].

L'outil informatique doit donc bien rester à la place de l'outil et ne pas être considéré comme une fin en soit. L'élément déterminant de la qualité de l'information qui en sortira demeure avant tout la qualité des données qui entrent dans le système d'information. C'est sur ce dernier point que doivent donc porter également une grande partie des efforts et des financements. L'analyse coût – bénéfice de l'utilisation de ces outils doit tenir compte de ce respect des équilibres entre la collecte, la gestion et l'interprétation des données. Le rôle des outils informatiques modernes ne doit donc pas être surestimé, mais il ne doit pas non plus être négligé, car, encore parfois considéré comme un jouet, on finit par oublier à quel point il peut valoriser les données collectées sur le terrain et potentialiser la réflexion des décideurs.

VII - BIBLIOGRAPHIE

- Berentsen P., Dijkhuizen A. and Oskam A. ~ A dynamic model for cost-benefit analyses of Foot-and-Mouth disease control strategies. *Prev. Vet. Med.*, 1992, **12**: 229-243.
- Cameron A. ~ Active Surveillance and GIS as Components of an Animal Health Information System for Developing Countries – Thailand and Laos as Examples. 325 pages, PhD University of Queensland, Australia. 1997.
- Casal J., Moreso M., Planas-Cuchi E. and Casal J. ~ Simulated airborne spread of Aujeszky's disease and Foot-and-Mouth disease. *Vet. Rec.*, 1997, **40**: 672-676.
- Dijkhuizen A., Hardaker J. and Huirne R. ~ Risk attitude and decision making in contagious disease control. *Prev. Vet. Med.*, 1994, **18**: 203-212.
- Donaldson A., Gloster J., Harvey L. and Deans D. ~ Use of prediction models to forecast and analyse airborne spread during the Foot-and-Mouth disease outbreaks in Brittany Jersey and the isle of Wight in 1981. *Vet. Rec.*, 1982, **110**: 53-57.
- Durand B. ~ Simulation multi-agents et épidémiologie opérationnelle. Etudes d'épizooties de fièvre aphteuse. 371 pages, Thèse d'informatique. Caen, Université de Caen. 1996.
- FAO (1999a) ~ New technologies in the fight against transboundary animal diseases. 118 pages, *FAO Animal Production and Health Papers* n°145, 1999.
- FAO (1999b) ~ Manual on livestock disease surveillance and information systems. 78 pages, *FAO Animal Health Manuals* n°8, 1999.
- FAO (1999c) ~ Manual on the preparation of national animal disease emergency preparedness plans. 96 pages, *FAO Animal Health Manuals* n°6, 1999.
- Ferguson N., Donnelly C. and Anderson R. ~ The Foot-and-Mouth Epidemic in Great Britain: Pattern of Spread and Impact of interventions. *Science*, 2001a, **292** :1155-1160.
- Ferguson N.M., Donnelly C.A. *et al.* ~ Transmission intensity and impact of control policies on the foot-and-mouth epidemic in Great Britain. *Nature*, 2001b, **413**(6855): 542-548.
- Marangon S., Facchin E., Moutou F., Massirio I., Vincenzi G. and Davies G. ~ The 1993 Italian Foot-and-Mouth disease epidemic : epidemiological features of the four outbreaks identified in Verona province Veneto region. *Vet. Rec.*, 1994, **135**: 53-57.
- Miller W. ~ A state-transition model of epidemic Foot-and-Mouth disease. New techniques in veterinary epidemiology and economics, Reading, International Society of Veterinary Epidemiology and Economics. 1976, 51-67.
- Morris R. S., Wilesmith J. W. *et al.* ~ Predictive spatial modelling of alternative control strategies for the foot-and-mouth disease epidemic in Great Britain, 2001. *Vet. Rec.*, 2001, **149**(5): 137-44.

- Moutou F. and Durand B. ~ Modelling the spread of Foot-and-Mouth disease virus. *Vet. Res.*, 1994, **25**: 279-285.
- Sanson R. ~ The development and use of a decision support system for an animal disease emergency. 317 pages, Veterinary clinical sciences, Massey, Massey University, 1993.
- Sanson R. ~ The Use of Geographic Information Systems in Epidemic Disease Response. *Prev. Vet. Med.*, 2002, Special issue for the Gisvet conference, Lancaster 10-14 September 2001. A paraître.
- Sanson R., Morris R. and Stern M. ~ EpiMAN-FMD: a decision support system for managing epidemics of vesicular disease. *Revue scientifique et technique* de l'Office International des Epizooties, 1999, **18**(3): 593-605.
- Sanson R., Morris R., Wilesmith J. and Mackay D. ~ A re-analysis of the start of the United Kingdom 1967-68 Foot-and-Mouth Disease epidemic to calculate transmission probabilities. IX ISVEE, Breckenridge, Colorado, 2000.
- Sorensen J.H., Mackay D.K. *et al.* ~ An integrated model to predict the atmospheric spread of foot-and-mouth disease virus. *Epidemiol. Infect.*, 2001, **24**(3): 577-90.
- Sutmoller P. ~ Commentaires effectués sur le site de Promed, 2001, référence : Foot & mouth disease - UK (61) 20010811.1902

