

ETUDE DU RATIO « PORCS CHARCUTIERS/TRUIES » COMME INDEX DE MOUVEMENTS : APPLICATION A L'ANALYSE DE RISQUE GEOGRAPHIQUE DE LA PESTE PORCINE CLASSIQUE EN BRETAGNE*

Véronique Chevalier¹, G. Gerbier¹, V. Auvigne² et B. Durand¹

RESUME : Les zones à forte densité animale sont désormais considérées comme des zones à risque élevé face à des maladies hautement contagieuses telles que la peste porcine classique ou la fièvre aphteuse. Or le paramètre « densité », bien que synthétique, ne prend pas en compte les mouvements d'animaux qui participent pourtant largement au risque d'introduction et de dissémination de ces maladies.

L'objectif de ce travail est de montrer la pertinence de l'utilisation du ratio « porcs charcutiers/truies » en tant qu'index de mouvement et témoin du statut d'importateur ou d'exportateur d'une zone pour affiner géographiquement l'analyse de risque concernant ces maladies.

SUMMARY : Nowadays and as far as Classical Swine fever or Foot-and-Mouth disease are concerned, densely populated areas are considered as at risk areas. However, even if the density parameter is synthetic, it does not take into account animal movements. Nevertheless these movements widely take part in the introduction and spreading risk of these two diseases.

The aim of this work is to show the relevance of using the ratio fattening pigs/sows both as a movement index as well as an evidence of the import-export status of a given area to geographically improve the risk analysis of these two diseases.



I - INTRODUCTION

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet européen FAIR5-PL97-3566 « Development of prevention and control strategies to address animal health and related problems in densely populated livestock areas in the community ». Les pays participant à ce projet sont l'Allemagne, les Pays-Bas, l'Italie, la Belgique et la France. L'un des objectifs de ce projet est d'analyser le comportement de la fièvre aphteuse et de la peste porcine classique dans des zones à forte densité, et d'adapter les méthodes de lutte dans ces zones en conséquence.

Le nombre et l'importance de ces zones a considérablement augmenté ces dernières années et la nécessité d'y adapter les mesures de prévention et de lutte contre les maladies très contagieuses telles que la fièvre aphteuse ou la peste porcine est devenue une évidence. En effet, l'étude de récentes épizooties a montré, d'une part, que la dissémination y était extrêmement rapide et, d'autre part, que l'impact économique était considérable. Ces zones sont donc considérées comme particulièrement à risque.

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

¹ AFSSA Lerpaz, Unité d'épidémiologie, 22 rue Pierre Curie, 94703 Maisons-alfort cedex, France

² UGPVB, 104 rue Eugène Pottier, 35066 Rennes cedex, France

Dans le cadre du projet FAIR, il a été proposé de les définir à partir du critère « densité animale », les seuils étant de 300 porcs/km² pour ce qui est de la peste porcine classique et de 450 animaux/km² pour ce qui est de la fièvre aphteuse. Le tableau I montre, pour le cas de la peste porcine classique, comment le seuil de 300 porcs/km² a été obtenu [De Vos et Michel, 1999] : il a été déterminé de manière à ce que 5% de la totalité des

communes des cinq pays participants soient classées en zone à forte densité.

Ces zones sont situées, pour la France, dans les Côtes-d'Armor et le Finistère Nord, pour l'Italie, dans la vallée du Pô, pour l'Allemagne, en Basse-Saxe, aux Pays-Bas, dans les parties est et sud, et en Belgique, dans la partie ouest des Flandres.

TABLEAU I
Nombre de communes et leur pourcentage par classe de densité

Classe de densité	Nombre de communes	Nombre de communes cumulé	% du nombre total de communes	% cumulé
0	2 877	2 877	14,48	14,48
1-50	12 705	15 582	63,92	78,40
51-100	1 507	17 089	7,58	85,98
101-150	769	17 858	3,87	89,85
151-200	445	18 303	2,24	92,09
201-250	296	18 599	1,49	93,58
251-300	243	18 842	1,22	94,80
301-350	160	19 002	0,81	95,61
351-400	131	19 133	0,66	96,27
401-450	97	19 230	0,49	96,75
451-500	81	19 311	0,41	97,16
501-550	78	19 389	0,39	97,55
551-600	65	19 454	0,33	97,88
601-650	52	19 506	0,26	98,14
651-700	37	19 543	0,19	98,33
701-750	31	19 574	0,16	98,49
751-800	25	19 599	0,13	98,61
801-850	23	19 622	0,12	98,73
851-900	25	19 647	0,13	98,85
901-950	25	19 672	0,13	98,98
951-1000	20	19 692	0,10	99,08
1001-6000	183	19 875	0,92	100,00

Dans la mesure où il recouvre les notions de taille de cheptels, de nombre de cheptels et de distance entre cheptels, le paramètre « densité animale » est un paramètre synthétique; de plus, ses effets sur la dissémination de la peste porcine classique et de la fièvre aphteuse ont été plusieurs fois démontrés [Gerbier, 2000 ; Ferguson, Donnelly *et al.*, 2001 ; Mintiens, Laevens *et al.*, 2001].

Néanmoins, ce paramètre est à l'évidence insuffisant pour décrire avec précision le risque géographique de peste porcine classique dans une zone donnée, et ceci pour plusieurs raisons :

- l'unité épidémiologique pertinente en matière de peste porcine classique (et de fièvre aphteuse) est le cheptel, et la relation entre densité de cheptels et densité d'animaux n'est pas claire ;

- la valeur de son seuil est totalement arbitraire et encore sujette à discussion ;
- il ne prend pas en compte les mouvements d'animaux alors que ces mouvements entre élevages sont signalés comme un des principaux facteurs de transmission des maladies infectieuses entre les élevages, qu'il s'agisse de la contagion dite de proximité ou de la contagion due au commerce des animaux [Vannier, 1993] ;
- enfin, et dans une même voie, ce paramètre ne tient pas compte des systèmes de production. Il est évident qu'à densité égale, le statut plus ou moins importateur d'un pays ou d'une région joue un rôle considérable dans le risque d'introduction de la peste porcine classique dans ce pays. A titre d'exemple, le

Danemark qui présente l'une des plus fortes densités de l'UE, mais qui exporte 80% de sa production [Anonyme, 1999a], est indemne de peste porcine classique depuis 1933 [Anonyme, 1999b].

Au regard de ces informations, le premier objectif de notre travail était de disposer d'un outil simple de

description des mouvements de porcs en Bretagne; le second objectif était de compléter les informations fournies par le paramètre densité grâce à cet outil et d'affiner l'analyse de risque géographique de peste porcine classique dans cette région.

II - MATERIEL ET METHODE

Les données utilisées sont issues du fichier INFOPORC 1999 fournies par l'UGPVB. Nous disposons ainsi pour la région Bretagne d'un recensement de tous les cheptels bretons en activité en 1999, leur type de production (Naisseur, Naisseur-Engraisneur, Engraisneur), le nombre de places de truies, de post-sevrés et de porcs charcutiers par élevage, ainsi que leur localisation géographique (en coordonnées Lambert II Centre).

A partir de ces données, nous avons pu calculer une densité d'animaux et de cheptels d'abord par cantons, puis sur une grille (10km sur 10km). Les post sevrés ont été inclus dans le calcul des densités d'animaux. Nous avons ensuite calculé, par canton puis sur la même grille que précédemment, le ratio suivant:

$$\text{Ratio} = \frac{\# \text{ places de porcs charcutiers}}{\# \text{ places de truies}}$$

Par construction, ce ratio est un indicateur du statut importateur-exportateur d'une zone donnée. Si l'on considère une zone autosuffisante en porcs (pas d'importation, pas d'exportation), le nombre de places de porcs charcutiers dans cette zone doit être environ égal au nombre de porcelets produits par place de truies et par an auquel on soustrait le nombre de porcs morts entre la naissance et la vente après engraissement. Il est évident que cette valeur fluctue au cours de l'année, en fonction de la demande du marché et des maladies présentes dans les élevages. Cependant, on estime pour la Bretagne cette valeur à 8. Pour un ratio supérieur à 8, la zone sera

importatrice, et pour une valeur inférieure à 8, elle sera exportatrice.

Grâce à l'utilisation d'une grille, nous avons ensuite calculé l'index de Moran qui permet de vérifier l'existence d'une autocorrélation spatiale. Cet index fait appel à une mesure de proximité géographique W_{ij} et une mesure de proximité des taux Y_{ij} .

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j W_{ij} Y_{ij}}{\sum_i \sum_j W_{ij} \sum_i Y_{ij}}$$

Le forme des W_{ij} est choisie *a priori* (par définition $W_{ij}=0$) et il n'est pas nécessaire que les coefficients W_{ij} soient symétriques. On regroupe ensuite les W_{ij} dans une matrice de contiguïté.

Sous l'hypothèse nulle, l'espérance de I est proche de 0. L'interprétation de I est proche de celle d'un coefficient de corrélation. S'il est significativement positif, on estime que les regroupements spatiaux ne sont pas le seul fait du hasard; s'il est significativement négatif, la répartition en échiquier (très peu probable en épidémiologie spatiale) n'est pas non plus le fait du hasard.

Les analyses ont été effectuées grâce aux logiciels Mapinfo (Mapinfo Corp), Arc View (ESRI ©) et S-plus (Mathsoft).

III - RESULTATS

1. RESULTATS PAR CANTON

Les résultats bruts sont présentés sur les figures 1, 2 et 3.

Les figures 1 et 2 mettent en évidence deux bassins de production qui sont les Côtes d'Armor et le Finistère Nord; ces deux figures sont pratiquement superposables,

ce qui est confirmé par le calcul du coefficient de corrélation densité de cheptels-densité d'animaux, qui est égal à 0,93.

Concernant la figure 3, on constate que les valeurs du ratio sont très variables puisque la valeur minimale est 0 et la valeur maximale 44. Les zones mises en évidence

sont différentes de celles mises en évidence par les deux figures précédentes; de plus, cette figure présente un aspect « patchwork » qui va nettement à l'encontre de la notion d'homogénéité de bassin de production mise en avant par le paramètre « densité animale ».

Par ailleurs, on constate que les zones à forte densité semblent majoritairement exportatrices.

2. RESULTATS SUR GRILLE

Ces résultats sont présentés sur les figures 4 et 5.

Dans la mesure où densité d'animaux et densité de cheptels sont deux variables fortement corrélées, nous ne prenons plus en considération que l'une d'entre elles à savoir la densité d'animaux.

FIGURE 1

Densité d'animaux par canton (porcs/km²)

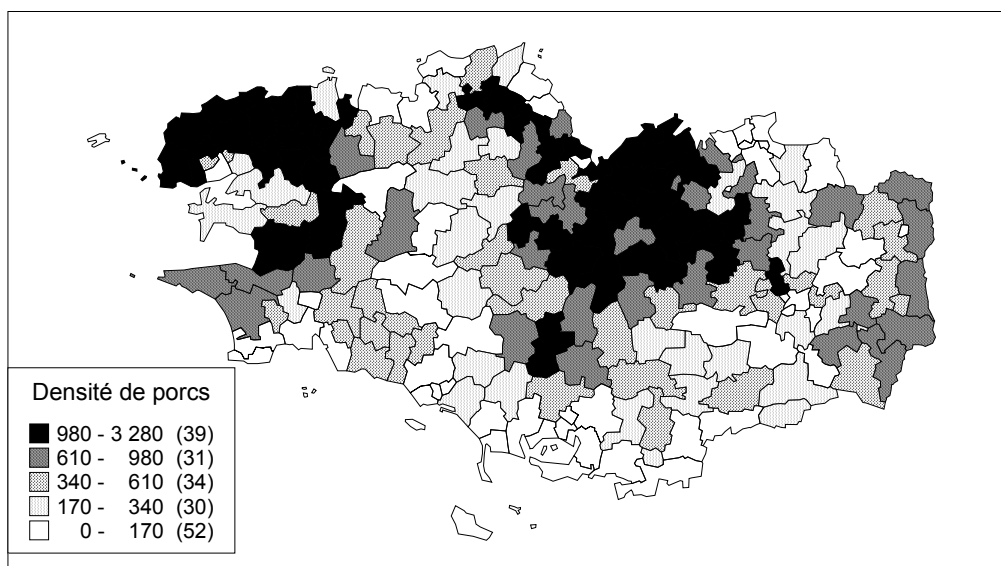


FIGURE 2

Densité de cheptels par canton

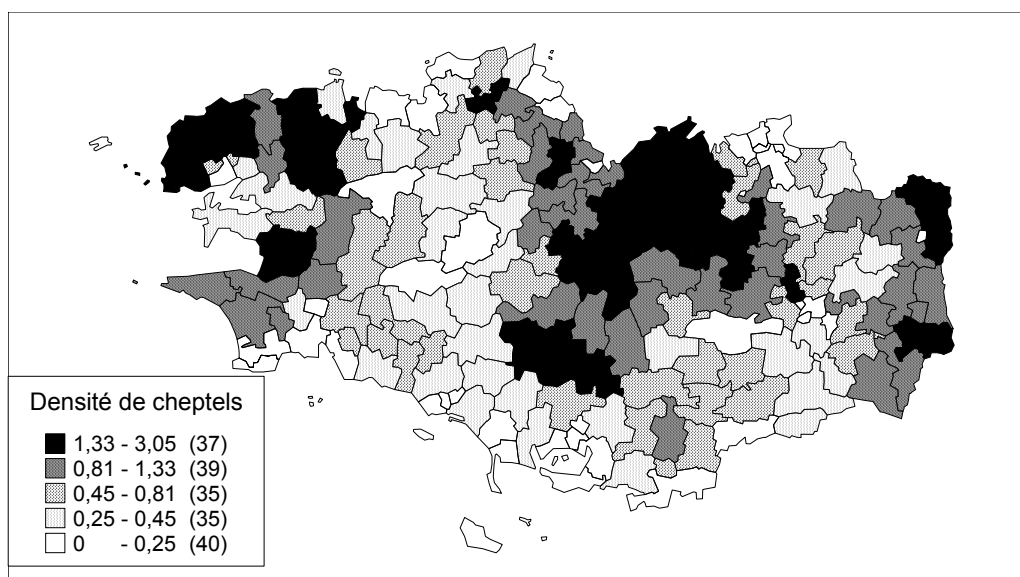


FIGURE 3
Ratio porcs charcutiers/truies par canton

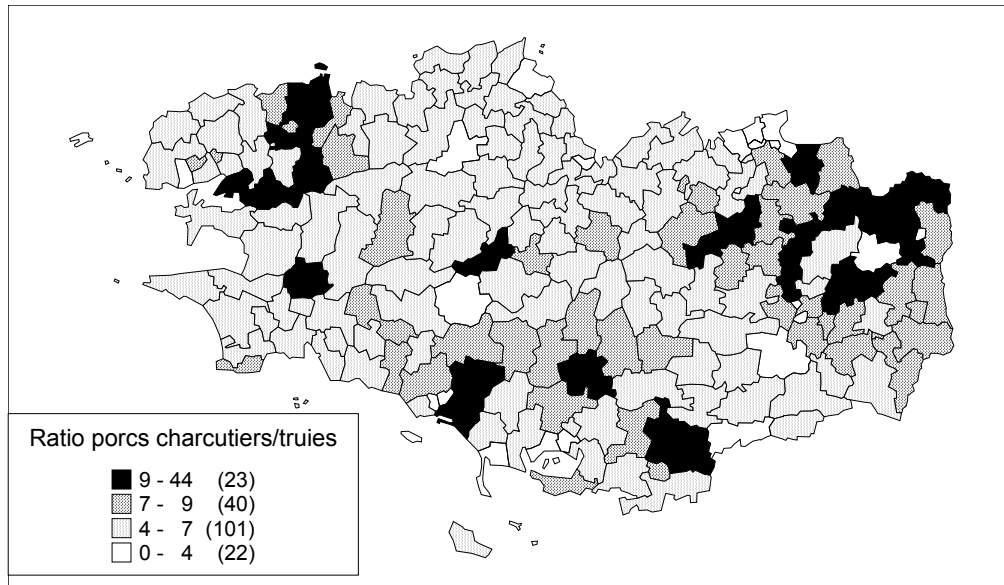


FIGURE 4
Densité d'animaux (grille de 10km sur 10km)

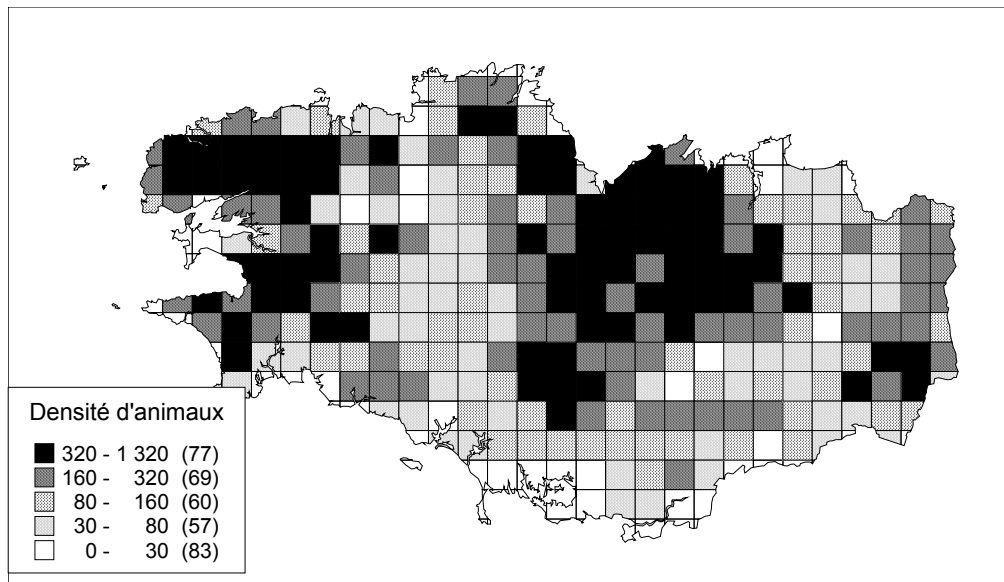
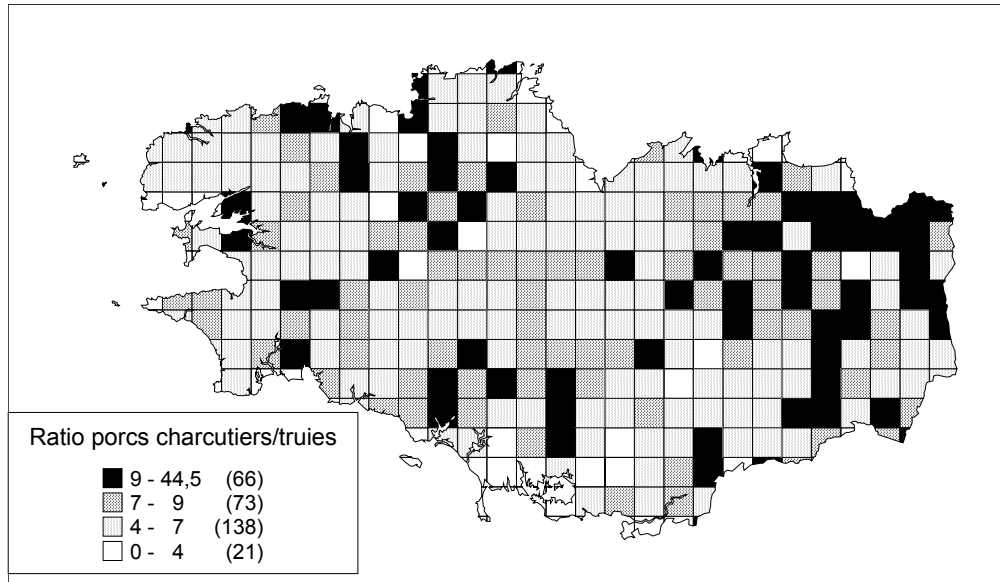


FIGURE 5

Ratio porcs charcutiers/truies (grille 10 km sur 10 km)



L'analyse sur grille permet à nouveau de mettre en évidence les deux bassins de production (figure 4). Par ailleurs, on retrouve l'aspect patchwork de la figure du ratio porcs charcutiers/truies (figure 5), et les zones à forte densité apparaissent, là encore, majoritairement exportatrices.

L'index de Moran pour chacune des deux variables a été calculé. Sa valeur est de 0,7 pour la variable « densité animale », ce qui signifie que la valeur du paramètre densité de chaque unité de surface dépend très fortement de la valeur des unités de surface voisines. Par contre, la valeur de cet index est de 0,15 pour la variable « ratio » ce qui signifie que l'autocorrélation est très faible entre les valeurs de ce ratio pour chaque unité de surface. Si cette autocorrélation existe, elle doit être recherchée à une échelle plus petite.

3. RELATION RATIO PORCS CHARCUTIERS/TRUIES-DENSITE D'ANIMAUX

Chaque point de la figure 6 représente une unité de surface (une cellule de 10km x10km) et positionne celle-

ci en fonction de la valeur de son ratio, d'une part, et de la valeur de sa densité, d'autre part.

Ce graphique confirme ce que les cartes précédentes suggéraient : la majorité des zones à forte densité sont soit autosuffisantes, soit légèrement exportatrices (c'est-à-dire situées sur ou légèrement sous la ligne seuil du ratio). De plus, il montre que la région Bretagne est assez hétérogène dans son ensemble : les densités sont de très faibles à très fortes ; il en est de même pour les ratios. Enfin, la valeur moyenne du ratio Bretagne est 7,3, ce qui signifie que la région Bretagne est globalement autosuffisante à légèrement exportatrice.

4. RELATION RATIO PORCS CHARCUTIERS/TRUIE-POURCENTAGE D'ENGRAISSEURS

L'analyse de la relation entre ratio et proportion d'engrais dans les unités de surface (cf. figure 7) montre l'existence d'une corrélation importante entre le ratio et le % d'engrais ($r=0,66$).

FIGURE 6

**Distribution des unités de surface selon la densité d'animaux et le ratio porcs charcutiers/truies
 (pavage de la Bretagne en zones carrées de 10 km de côté)**

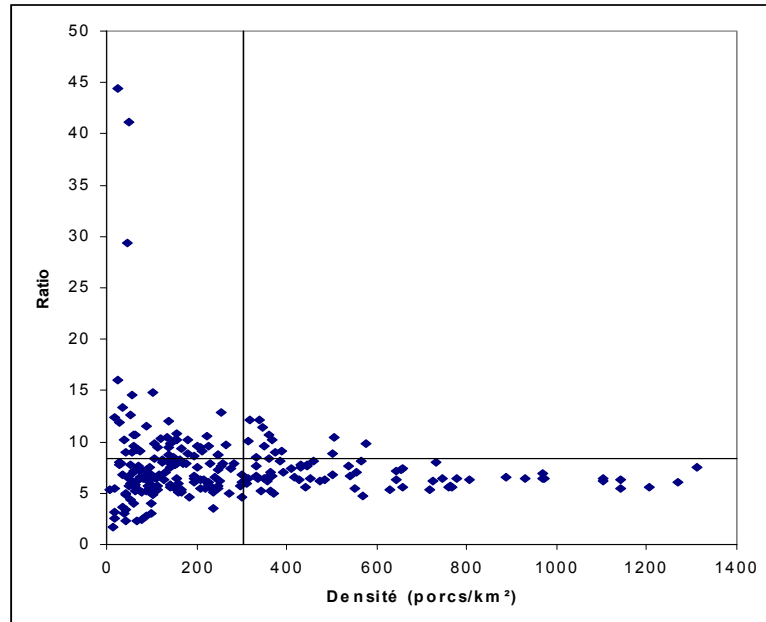
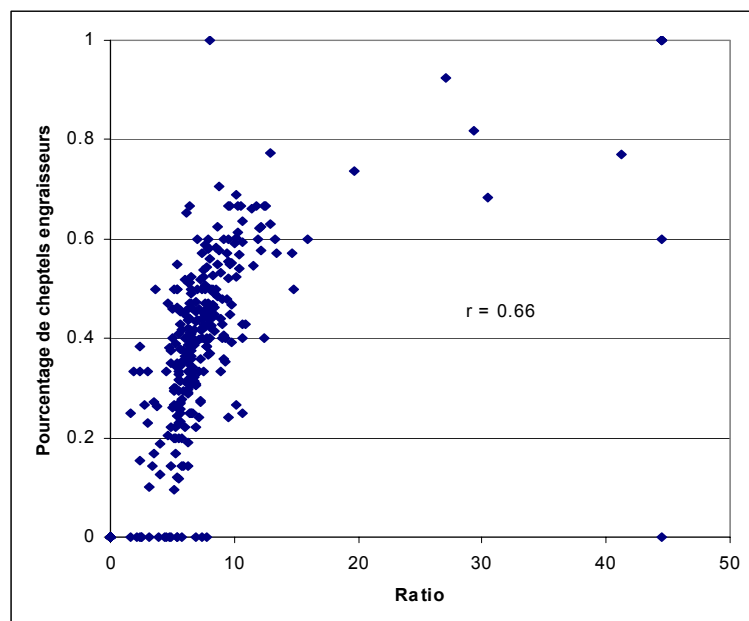


FIGURE 7

**Distribution des unités de surface selon le ratio porcs charcutiers/truies
 et le pourcentage de cheptels engraisseurs**



IV - DISCUSSION

1. ANALYSE PAR UNITES ADMINISTRATIVES VS ANALYSE PAR GRILLE

L'utilisation d'une grille permet de gommer la variabilité des limites administratives, et donc d'utiliser cette technique dans d'autres régions, voire d'autres pays. Elle permet également le calcul de l'index de Moran.

Par contre, le choix de la maille de cette grille est arbitraire et présuppose une connaissance approximative de la portée des mouvements pour une région donnée. Si cette maille est inadaptée, les analyses ne pourront rien mettre en évidence.

Enfin, et à l'inverse d'une analyse par territoires administratifs, il est indispensable de disposer de données précises à l'échelle du cheptel, c'est-à-dire leurs coordonnées géographiques, pour pouvoir l'utiliser.

2. DENSITE ANIMALE VS DENSITE DE CHEPTELS

Dans le cas de la peste porcine classique ou de la fièvre aphteuse, l'unité épidémiologique pertinente est le cheptel ; de même, la taille des cheptels est un paramètre important à considérer, notamment dans le cas de la fièvre aphteuse, puisqu'il a été montré pour cette maladie que la taille des cheptels était un facteur risque de contagion d'un élevage à un autre [Hugh-Jones, 1972 ; Gerbier, 2000].

Or, le paramètre densité animale ne prend en compte ces deux variables qu'indirectement, sans que l'une des deux soit obligatoirement corrélée à l'autre. En effet, on pourrait mettre en évidence des zones à fortes densité animale et à faible densité de cheptels – les cheptels seraient alors très importants- ; ou des zones à faible densité animale mais à forte densité de cheptels –ce serait alors de petits cheptels-. Dans le cas de la Bretagne, les cartes de densité animale et de densité de cheptels sont géographiquement superposables, ce qui sous-entend une

relative homogénéité de la taille des cheptels dans la région.

3. RATIO PORCS CHARCUTIERS/TRUIES VS DENSITE ANIMALE

Les cartes de densité montrent visuellement l'existence de bassins de production homogènes, ce qui est confirmé par la valeur élevée (0,7) de l'autocorrélation spatiale entre unités de surface dans l'analyse par grille. Par contre, les cartes de ratio présentent un aspect patchwork avec une autocorrélation faible (0,15).

La variable densité permet donc (et c'est son objectif) de faire une première analyse globale des variations géographiques du risque de peste porcine classique. La variable ratio porcs charcutiers/truies permet d'affiner cette analyse en introduisant une composante dynamique ; elle permet une discrimination plus fine à partir de la notion de mouvements à l'intérieur de grandes zones homogènes en terme de densité animale : les zones importatrices sont *a priori* plus exposées que les zones exportatrices. A ce titre, il est rassurant de constater qu'en Bretagne, les zones à fortes densité sont surtout des zones exportatrices.

4. RELATION RATIO PORCS CHARCUTIERS/ TRUIES ET POURCENTAGE D'EN- GRAISSEURS

Le pourcentage d'engraisseeurs et le ratio porcs charcutiers/truies sont très corrélés ($r = 0,66$). Dans cette mesure et en l'absence de données complètes (nombre de places de truies et nombre de places de porcs charcutiers par élevage), il pourrait être envisagé d'approcher cette notion de mouvements en utilisant un paramètre de production, à savoir le pourcentage d'engraisseeurs dans une zone donnée.

V - CONCLUSION

Le critère densité apparaît comme un bon indicateur global du risque géographique de peste porcine classique. Cependant, il peut être affiné par le ratio porcs charcutiers/truies. En effet, ce ratio apporte une information supplémentaire ; c'est une information qui concerne les mouvements et elle est donc indispensable à une analyse relativement précise du risque géographique

de peste porcine classique. Une zone, même si elle est à faible densité, sera une zone à risque d'introduction si elle est fortement importatrice.

En outre, et à la lumière des informations précédentes, ce critère présente des intérêt évidents :

- il est facile à calculer, à condition de disposer des données ;
- il prend en compte le système de production ;
- il est simple et représentatif d'une dynamique, alors que le critère densité est très composite et finalement difficile à appréhender.

Et il pourrait être envisagé d'approcher cette notion de mouvements en utilisant un paramètre de production, à

savoir le pourcentage d'engraisers dans une zone donnée.

Enfin, la signification de cet index doit être discutée en fonction des systèmes de production auquel il est appliqué. Une validation interne de la valeur seuil (comparaison des résultats obtenus à partir des données bretonnes aux données brutes de mouvements de porcs issues du fichier INFOPORC) ainsi qu'une validation externe (comparaison avec d'autres pays européens) de l'ensemble de la démarche doivent être effectuées.

VI - BIBLIOGRAPHIE

Anonyme (1999a). ~ Le porc en Bretagne : les chiffres clé de la filière. Rennes, Comité régional Porcin de Bretagne, Association Régionale Interprofessionnelle Porcine: 34.

Anonyme (1999b). ~ Santé animale mondiale en 1999. Paris, OIE: 84.

De Vos C. J. and Michel I.. ~ Definitions of densely populated livestock areas and sparsely populated livestock areas. Wageningen, Wageningen University, Department of social sciences, farm management group, 1999.

Ferguson N., Donnelly C. *et al.* ~ The Foot-and Mouth epidemic in Great Britain : pattern of spread and impact of interventions. *Science*, 2001, 1-10.1126.

Gerbier G. ~ Evaluation de la diffusion spatiale de la fièvre aphteuse dans les zones à forte densité animale. Thèse de Santé Publique, spécialité Biostatistique. Université du Kremlin -Bicêtre, Paris XI, 2000, 202.

Hugh-Jones M. ~ Epidemiological studies on the 1967-68 Foot-and-Mouth disease epidemic : attack rates and cattle density. *Research in veterinary science*, 1972, **13**: 411-417.

Michel I. ~ Definitions of densely populated livestock areas and sparsely populated livestock areas. Wageningen, Institut für Strukturforschung und Planung in agrarischen Intensivgebieten (ISPA): Annexe 1, 1999.

Mintiens K., Laevens H. *et al.* ~ Prediction of the likelihood of spread of classical swine fever virus through « neighbourhood infections » for different regions in Belgium. Society for Veterinary epidemiology and preventive medicine, Noordwijkerhout, The Netherlands, 2001.

Vannier P. ~ Concepts généraux sur la transmission des maladies infectieuses entre les élevages porcins et la persistance des agents infectieux au sein des élevages. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 1993, **25**: 321-328.

