

L'épidémiologie vétérinaire que nous présentent Christian Ducrot *et al.* se confronte résolument à la difficulté. Celle-ci est induite par l'élargissement du sujet de la discipline et la rupture subséquente avec le postulat de Koch. Il s'agit maintenant d'étudier non plus seulement les grandes maladies infectieuses, mais aussi et surtout ce qui est appelé ici « maladies de la production », et qui renvoie à une pathologie enzootique multiforme (pathologie des membres, de la reproduction, de la nutrition,...) dépréciant les performances du troupeau (Ganière *et al.*, 1991). Cela met les chercheurs épidémiologistes en situation interdisciplinaire. Enfin, il faut accepter la multiplicité des facteurs en jeu dans les ruptures d'équilibre qui conduisent à ces maladies.

Face à ces difficultés, et, sans doute en partie à cause d'elles, le schéma prédominant est – du moins pour les études conduites au niveau d'organisation "animal" – celui de la boîte noire. Ici, la sortie, manifestation observable de la maladie, est modélisée en fonction des entrées, qui sont les facteurs de risque. La définition proposée pour ces facteurs est du reste en accord avec ce principe de la boîte noire. Rappelons que selon cette définition, facteurs de risque (causes putatives) et déterminants (facteurs qui une fois altérés produisent un changement dans la fréquence ou les caractéristiques de la maladie) sont des termes interchangeables. La modélisation est réalisée selon des techniques d'analyse de la variance – au sens large –, parfois appuyées par de l'analyse de données.

Il ne s'agit pas de contester le pouvoir prédictif de ces modèles statistiques, dont les auteurs nous disent à juste titre qu'ils peuvent

être mobilisés avec profit dans des plans de gestion de la santé. Il s'agit seulement de se demander, et ce dans un cadre exposé dans l'article, « comprendre pour mieux prévenir », s'il s'agit là de la voie (de la bonne ou de la seule) pour rendre compte de la complexité. Car c'est bien la complexité qui est mise en avant dans le propos des auteurs, et illustrée à plusieurs reprises : par l'exemple du schéma physiologique de la reproduction chez la vache, marqué par un délicat système de régulations hormonales ; et par des exemples relatifs à divers sens du mot (structure, niveaux d'organisation,...).

Même si ces modèles statistiques sont améliorés par la prise en compte d'aspects dynamiques, comme la *path analysis* et le modèle de Cox et ses dérivés, dont des exemples sont présentés, même si l'on prend soin de tenir compte de la nature de la sortie observée, en utilisant une classe de techniques qui permet d'étudier une large gamme de types de réponse (modèle linéaire généralisé), le principe général reste d'expliquer la variation de la réponse par des termes additifs et des interactions (au sens statistique du terme). Il n'y a pas à proprement parler de formalisation d'hypothèses pour rendre compte d'un schéma de fonctionnement, d'une complexité comportementale où entrent en jeu les interactions (au sens biologique) entre les éléments du système étudié dans une dynamique spécifique. Ceci n'est pas sans conséquences sur la portée des résultats. On reproche souvent aux modèles empiriques leur portée locale ; sans doute l'analyse des résultats d'études différentes concernant la même maladie mais entreprises dans des conditions

variées aiderait-elle à examiner cette proposition. Et certains auteurs avancent que les modèles qui ont le souci de représenter le fonctionnement de la "boîte" ouvrent mieux la voie de progrès potentiels dans des domaines comme l'agriculture et l'environnement (Thornley et Johnson, 1990). Ainsi, les agronomes ont jugé que l'accroissement des possibilités technologiques rendait difficile l'élaboration, par la seule voie de l'empirisme, de nouvelles séries d'interventions adaptées à la conduite des cultures ; ce qui les a amenés à subordonner le raisonnement des itinéraires techniques à des schémas d'élaboration du rendement, où sont coordonnées les connaissances concernant le fonctionnement au cours du temps du peuplement végétal au sein du milieu (Sebillotte, 1978).

Les auteurs nous invitent d'ailleurs à réfléchir à ce problème de stratégie. Dans leurs conclusions, ils formulent le vœu d'identifier des modèles mathématiques qui soient « plus proches des mécanismes biologiques », en ayant souligné auparavant qu'on rencontre très peu de travaux où ont été développés de tels modèles pour les maladies de la production ; ce qu'ils attribuent au fait que les connaissances nécessaires sont encore trop superficielles. Peut-être peut-on aussi invoquer d'autres raisons, de l'ordre de la culture ; les modèles statistiques ont une forte emprise sur l'épidémiologie et l'agronomie, alors que d'autres disciplines comme la physiologie utilisent d'autres approches et d'autres outils (Pavé, 1994). En outre, le cloisonnement des disciplines, les langages et les habitudes de chacun rendent évidemment difficile la mobilisation et la formalisation, notam-

ment en langage mathématique, d'hypothèses pour rendre compte d'un fonctionnement. C'est ce que l'expérience pratique enseigne tous les jours. On peut espérer beaucoup de l'ouverture à des approches de modélisation nouvelles (pour l'épidémiologie), comme en propose Sabatier (1994) en évoquant la théorie qualitative des systèmes dynamiques, quoique cela implique des changements culturels délicats à vivre. Mais la question de savoir comment ces approches pourront être nourries me semble plus compliquée à résoudre.

Compte tenu de la complexité méthodologique des problèmes de santé au niveau d'organisation "animal", il y a nécessité d'une approche interdisciplinaire véritablement intégrée (Pavé, 1994) pour une modélisation qui vise la représentation du fonctionnement de systèmes complexes (seconde "stratégie"). Ce qui n'est pas chose facile. On peut être optimiste, cependant, à lire la contribution de Christian Ducrot *et al.*, où l'on note que la mise en œuvre de cette seconde stratégie dans les travaux du National Institute of Animal Science (Danemark) est en voie de succès au niveau d'organisation "troupeau".

## Références

- Ganière J.P., André-Fontaine G., Drouin P., Faye B., Madec F., Rosner G., Fourichon C., Wang B. et Tillon J.P. (1991). L'écopathologie : une méthode d'approche de la santé en élevage, *INRA Productions Animales* (4), 247-256.
- Pavé A. (1994). *Modélisation en biologie et en écologie*, Lyon, Aléas.
- Sabatier P. (1994). *Modèles qualitatifs et explications biologiques*, Doc. interne, ENV Lyon, Unité de Biologie Informatique.
- Sebillotte M. (1978). *Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique*, *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France* (11), 906-914.
- Thornley J.H.M., and Johnson I.R. (1990). *Plant and crop modelling. A mathematical approach to plant and crop physiology*, Oxford (UK), Clarendon Press.