

J.P. GANIÈRE (1),
G. ANDRE-FONTAINE (1), P. DROUIN (3),
B. FAZE (5), F. MADEC (4), G. ROSNER (2),
C. FOURICHON (1-4), B. WANG (1),
et J.P. TILLON (1)

(1) ENV
Service de Maladies Contagieuses
CP3013, 44087 Nantes Cedex 3

(2) Centre d'Ecopathologie
26, rue de la Baisse - 69100 Villeurbanne

(3) CNEVA
Unité de Recherche de Pathologie Aviaire
22440 Ploufragan

(4) CNEVA
Station de Pathologie Porcine
22440 Ploufragan

(5) INRA
Laboratoire d'Ecopathologie
Theix 63122 Saint-Genès-Champanelle

L'écopathologie : une méthode d'approche de la santé en élevage

Appliquée aux productions animales, l'écopathologie (du grec « oikos » = espace clos, maison - « pathos » : souffrance, maladie - « logos » : sciences) étudie, dans les élevages, l'ensemble des facteurs qui, en interrelation dans l'environnement biologique, physique, humain et économique des animaux, est susceptible d'induire un état pathologique et/ou d'affecter leur productivité et la qualité des produits qui en dérivent.

L'approche écopathologique est une démarche scientifique originale qui, imposée par la perception de l'existence d'une pathologie multifactorielle en élevage intensif, a été développée en France depuis les années 70 par plusieurs équipes (figure 1) dans différentes espèces animales.

En l'absence de document de synthèse publié sur l'écopathologie, nous présentons dans cette revue, à la lumière des travaux déjà réalisés par ces diverses équipes, les motifs de son développement, le matériel et la méthodologie utilisés, les résultats et les applications qui en découlent.

Résumé

L'écopathologie est une démarche scientifique développée en France pour tenter d'apporter des solutions aux problèmes posés par la pathologie multifactorielle dans les élevages intensifs. En prenant comme exemples diverses enquêtes écopathologiques déjà réalisées en France, les auteurs présentent les points importants qui caractérisent la démarche écopathologique. L'écopathologie se réalise en effet dans les élevages et nécessite, après une minutieuse préparation dans le cadre d'un groupe de travail, la collaboration active de nombreux partenaires, en particulier vétérinaires, techniciens d'élevage et éleveurs. Elle s'appuie sur des méthodes spécifiques de traitement des données : celles de la statistique multidimensionnelle. Elle débouche sur la mise en évidence de facteurs de risque, qui, pris en compte dans des programmes sanitaires d'élevage, permettent d'offrir aux éleveurs des solutions non médicales aptes à résoudre les principaux problèmes inhérents à la pathologie d'étiologie multifactorielle présente dans leur élevage. Elle ouvre également la voie vers la création d'outils d'aide à la décision (référentiels d'élevage, systèmes experts). Elle fournit enfin des hypothèses susceptibles de permettre, dans le cadre d'une approche scientifique traditionnelle complémentaire, l'approfondissement des connaissances relatives aux états pathologiques concernés.

1 / Motifs et objectifs de l'écopathologie

Le développement d'une production moderne de type intensif a engendré une rationalisation et une intensification des méthodes d'élevage, et un accroissement de la dimension des unités de production.

Au cours de cette évolution, l'encadrement des éleveurs et l'application rationnelle de moyens médicaux et sanitaires efficaces ont favorisé la disparition ou un meilleur contrôle des principales maladies contagieuses (peste porcine, fièvre aphteuse, brucellose, tuberculose, maladie de Newcastle, maladie de Marek, etc.).

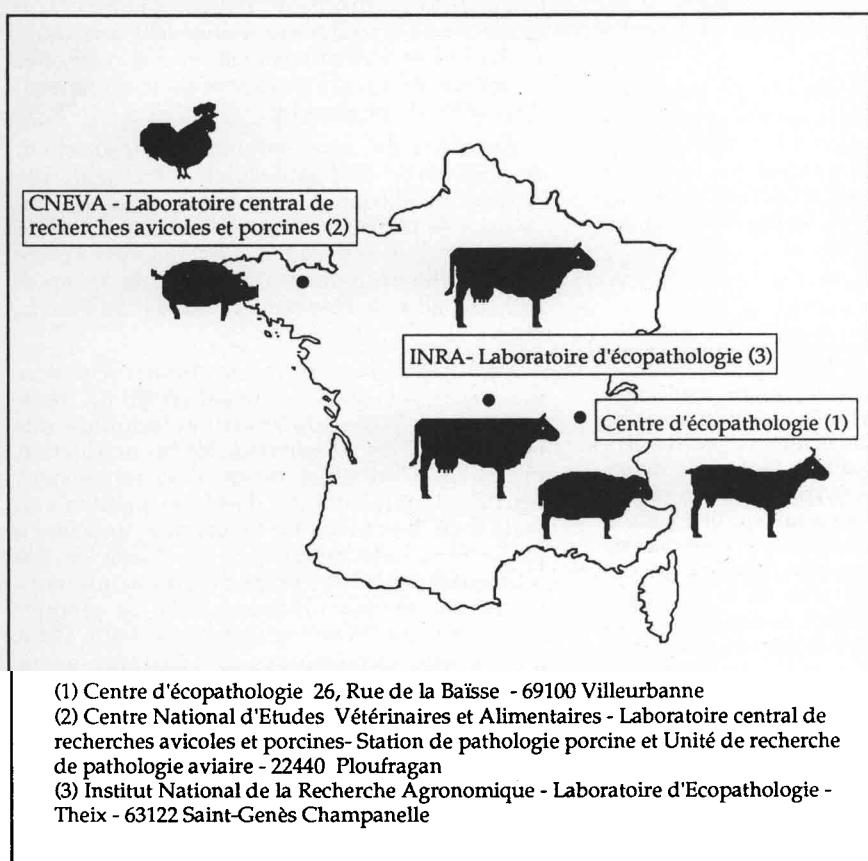
Mais, parallèlement, la constitution d'ateliers d'élevage spécialisés a souvent révélé un décalage entre le niveau de formation technique des éleveurs et les exigences de la production intensive. C'est ainsi qu'on s'est rapidement heurté au problème du développement d'une pathologie qui, sans être totalement nouvelle, a pris une grande importance en raison de ses répercussions sur les coûts de production et la baisse des marges obtenues dans les productions animales (Peretz et Cimarosti 1990). Cette pathologie enzootique, de type très varié (tableau 1), est caractérisée par :

- des pertes limitées en animaux (faible mortalité) ;
- le fait que beaucoup d'animaux l'expriment (forte morbidité), mais à des degrés variables (pathologie de type quantitatif) ;
- la réalisation simultanée de mauvaises perfor-

Tableau 1. Exemples de pathologie enzootique d'origine multifactorielle en élevage porcin et bovin.

A - Fréquence des pathologies majeures observées dans 150 élevages porcins intensifs de la région Bretagne (pourcentage des élevages ayant connu ces troubles entre octobre 1978 et octobre 1979 - C.N.E.V.A. - Station de Pathologie Porcine).		
Pathologie de la reproduction	Syndrome « mètrite-mammite-agalactie »	50 %
	Petites portées	50 %
	Momification fœtale	35 %
Pathologie digestive	Colibacillose néonatale	35 %
	Diarrhée de la 2 ^e ou 3 ^e semaine	47 %
	Troubles digestifs au sevrage	55 %
Pathologie respiratoire	Pneumonie	16 %
	Rhinite atrophique	25 %
Pathologie des membres	Panaris des truies	35 %
	Saisie des porcs charcutiers pour arthrite	23 %
Divers	Caudophagie	20 %
	Prolapsus rectaux des truies	13 %
	Prolapsus rectaux des porcs charcutiers	44 %
	Syndrome d'abduction des membres postérieurs	27 %
B - Fréquence des pathologies majeures observées dans 47 élevages bovins laitiers intensifs (fréquence des cas pour 100 vaches dans les élevages ayant connu des troubles entre 1986 et 1990 - INRA : Laboratoire d'Ecopathologie).		
	Mammites	55 %
	Pathologies podales	27 %
	Infections génitales	25 %
	Maladies nutritionnelles (acétonémie, pertes d'appétit)	11 %
	Non délivrance	11 %
	Fièvre vitulaire	9 %
	Mortalité des veaux	7 %

Figure 1. Stations de recherche écopathologique.



mances au niveau du troupeau (impact économique important) ;

- un déterminisme d'apparition complexe dans lequel des perturbations métaboliques ou certains agents infectieux ou parasitaires jouent un rôle d'effecteur pathogène conditionné par un terrain prédisposé.

Le développement de cette pathologie, malgré l'utilisation croissante de produits antimicrobiens ou antiparasitaires et de vaccins, a montré que ce problème ne pouvait être entièrement résolu par une approche vétérinaire traditionnelle fondée sur le concept du rôle déterminant d'un agent pathogène ou d'un mécanisme physiopathologique bien défini.

En effet, l'origine de ce type de pathologie est multifactorielle : il existe un déséquilibre entre un ensemble de facteurs d'environnement et les capacités d'adaptation de l'animal. Chaque facteur considéré isolément peut jouer un rôle mineur, et c'est souvent la synergie des effets de l'ensemble des facteurs qui entraîne le développement de la maladie (figure 2). L'approche vétérinaire traditionnelle trouve ainsi ses limites devant l'impossibilité de reproduire expérimentalement la maladie et d'en démontrer les mécanismes de développement.

C'est là sans doute l'originalité de l'approche écopathologique qui, en prenant comme champs d'investigation les élevages eux-mêmes, va permettre de désigner des « facteurs de risque » sur lesquels il sera possible d'intervenir pour maîtriser le problème pathologique,

sans qu'il soit obligatoirement nécessaire d'en comprendre l'ensemble des mécanismes physiopathologiques d'apparition (Madec 1988).

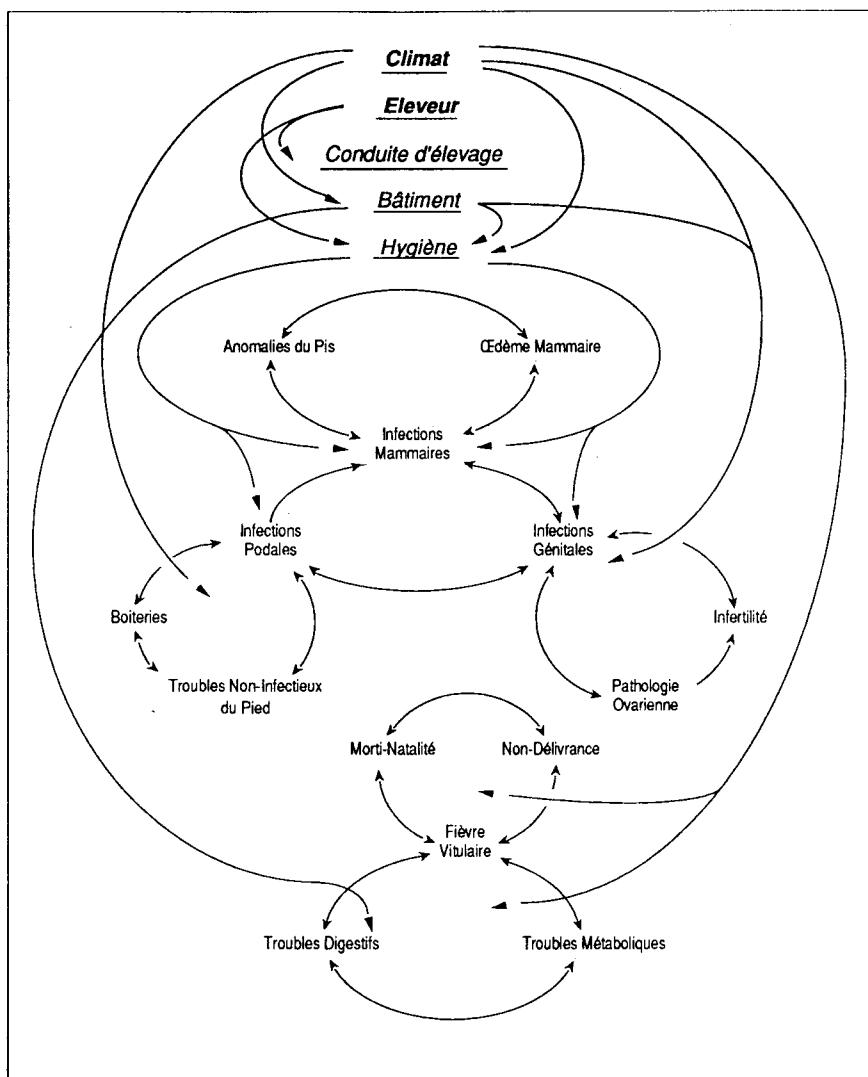
Notons d'ailleurs que les facteurs recherchés n'ont pas forcément valeur de cause. Il s'agit parfois d'indicateurs qui accompagnent le problème pathologique étudié et qui peuvent refléter l'intervention de facteurs et mécanismes insoupçonnés, ayant réellement une valeur causale. En faisant en sorte de corriger ces facteurs, il devient possible de modifier (indirectement) les conditions d'apparition d'un état pathologique et donc éventuellement d'en empêcher le développement.

Ainsi, en axant ses recherches sur l'environnement et les pratiques d'élevage, l'écopathologie a permis l'essor de nouvelles méthodes de prévention de type sanitaire, prenant en compte l'existence de ces « facteurs de risque » et complétant de ce fait l'approche médicale traditionnelle. Le tableau 2 présente divers

Tableau 2. Exemples de problèmes pathologiques ayant entraîné la réalisation d'études écopathologiques en France.

Bovins lait	Mammites (*) Fourbures et fourchet (*) Conditions de vêlage et fécondité (*) Pathologie du péri-partum (**)
Bovins viande	Pathologie respiratoire des veaux de nurserie (*) Pathologie respiratoire des jeunes bovins en lot (*) Conditions de vêlage et fertilité des vaches allaitantes (*)
Caprins	Arthrites des chèvres (*)
Ovins	Mortalité néonatale (*) Ecthyma des ovins (*) Mammites des brebis (*)
Porcins	Mortalité du porcelet sous la mère (***) Troubles de la fertilité des truites (***) Diarrhée du porcelet sous la mère (***) Diarrhée du porcelet au sevrage (***) Pathologie de la mise-bas de la truie (***) Pathologie respiratoire des porcs charcutiers (***)
Volailles	Mauvaises performances zootechniques dans les élevages du poulet de chair (*****) Pathologie respiratoire du poulet de chair (*****) Dermite nécrotique du poulet de chair (*****)

Figure 2. Relations entre quelques facteurs de l'environnement et la pathologie non parasitaire de la vache laitière (Faye 1986).



exemples de problèmes pathologiques ayant entraîné la réalisation de telles études en France.

Ajoutons que la méthodologie développée et éprouvée sur les élevages est tout à fait adaptable à l'étude des problèmes de qualité et des facteurs qui la déterminent, posés tant en terme de produit brut (viande, lait, etc.) que de produits transformés (fromage, etc.). Bien que des travaux aient été déjà réalisés en ce domaine (exemple d'une enquête du Centre d'écopathologie sur les « facteurs affectant la qualité hygiénique du lait de chèvres et des produits transformés »), cet aspect de la recherche écopathologique ne sera pas détaillé ici.

2 / Méthodologie

2.1 / Matériel

a / Elevages

La démarche scientifique traditionnelle, fondée sur la reproduction expérimentale de la maladie étudiée, a contribué à la connaissance,

(*) Centre d'écopathologie ; (**) INRA-Laboratoire d'écopathologie ; (***) CNEVA-LCRAP-Station de pathologie porcine ; (****) CNEVA-LCRAP-Unité de recherche de pathologie aviaire.

L'écopathologie étudie dans les élevages les circonstances d'apparition et de développement des maladies d'origine multifactorielle.

donc au diagnostic et au contrôle de la pathologie monofactorielle. Une telle méthode est en revanche impossible à entreprendre dans le cas des maladies d'élevage d'étiologie multifactorielle : indépendamment du coût d'une telle opération (valeur individuelle des animaux, grand nombre d'individus, durée importante de leur entretien, ...), il est impossible de prendre en compte et de faire varier les multiples facteurs susceptibles d'intervenir, d'autant qu'ils sont au départ méconnus et associés de façon différente d'un élevage à l'autre.

L'écopathologie implique donc qu'on étudie cette pathologie là où elle évolue, c'est-à-dire sur place, dans les élevages. Mais le chercheur, placé en situation réelle, ne peut ni provoquer ni maîtriser la maladie : il s'intéresse aux circonstances de son développement, l'observe et mesure les paramètres qu'il a choisis en fonction de ses hypothèses de travail. C'est à partir de ses observations et mesures qu'il pourra tenter de déterminer les facteurs de risque (Madec et Fourichon, 1990). En écopathologie, l'élevage lui-même est ainsi à la fois le lieu et le matériel d'étude.

En outre, il est nécessaire de privilégier, dans les élevages, la qualité des observations qui y sont réalisées. La démarche écopathologique implique donc une information préalable et l'adhésion totale des éleveurs. Ces derniers, malgré des contraintes imposées par l'enquête, vont devoir faciliter toutes les investigations des scientifiques et le plus souvent participer eux même au recueil des informations.

De ce fait, les élevages sont ici l'objet d'une sélection basée sur le volontariat des éleveurs et éventuellement leur niveau technique selon la participation qui leur est demandée.

b / Matériel informatique et logiciels

La réalisation d'enquêtes d'observation en élevage génère un volume d'informations très important dont l'exploitation exige de disposer d'un matériel informatique de capacité suffisante pour traiter des fichiers de données de grande taille (plusieurs centaines à plusieurs milliers de données).

Par ailleurs, différents outils logiciels sont utilisés pour le traitement des données. Les logiciels de gestion de bases de données permettent d'organiser et de structurer la masse des informations sous une forme exploitable (Fayet et Brochart 1983). D'autre part, pour le traitement statistique, il est nécessaire de disposer des outils de la statistique multidimensionnelle (Josse 1986).

2.2 / Méthodes

Conforme à l'esprit de la recherche épidémiologique (Ganière 1978), l'enquête écopathologique passe par les étapes classiques que sont les travaux préalables, la pré-enquête et l'élaboration du protocole d'enquête, la collecte des informations, la saisie des données, leur traitement et leur interprétation. Nous ne détaillerons pas ici chacune de ces étapes ; nous nous bornerons à présenter les points importants et surtout les particularités de l'écopathologie.

a / Travaux préalables

Deux types d'enquête ayant des objectifs différents peuvent être schématiquement définis : soit une approche globale de la situation sanitaire des élevages (exemple : enquête écopathologique sur la pathologie du péri-partum des vaches laitières) (Barnouin 1980) (Faye et al 1989), soit l'étude exclusive d'une entité pathologique complexe (exemple : enquête écopathologique sur les mammites des vaches laitières) (Pluvignage et al 1988). Mais, quels que soient les objectifs, la méthodologie est à peu près comparable.

Les enquêtes nécessitent d'abord un travail bibliographique et la formulation d'hypothèses de travail (dont dépendra en particulier le choix des données collectées au sein des élevages). Elles requièrent ensuite la concertation des différents partenaires de l'enquête : scientifiques, universitaires, éleveurs, enquêteurs, réunis en un groupe de travail chargé de l'enquête (Rosner 1983).

L'essentiel de l'enquête se déroulant *in situ* dans l'élevage, deux points sont particulièrement importants : le choix des enquêteurs et celui des élevages.

Le choix des enquêteurs (dont un grand nombre participent au groupe de travail) repose ici sur leur connaissance de l'élevage : caractéristiques des animaux, objectifs de production, caractéristiques des bâtiments d'élevage, alimentation, pathologie, contexte socio-économique, etc.. Il s'agit donc essentiellement de vétérinaires, ingénieurs agronomes et techniciens spécialisés.

Par ailleurs, les éleveurs eux-mêmes sont considérés comme des partenaires privilégiés : ils sont tous volontaires et sélectionnés en fonction de critères tels que la localisation géographique de leur élevage, la finalité de celui-ci (production laitière par exemple), leur niveau technique (contrôle laitier par exemple) et/ou autres critères dépendant de l'objectif de l'étude. Il peut s'agir selon le cas d'un ensemble d'élevages homogènes ou d'élevages diversifiés (représentant par exemple des modes d'élevages différents, des conditions géo-climatiques distinctes, ...). Leur nombre est également important à définir : il doit être suffisant pour être statistiquement exploitable ; il est toutefois limité par le grand nombre d'informations à recueillir, la durée de l'enquête et les contraintes financières.

D'autres informations, complémentaires de celles recueillies en élevage, peuvent être également utilisées. Citons par exemple celles qui proviennent des abattoirs, de la météorologie, du contrôle laitier, etc.

b / Pré-enquête et élaboration du protocole d'enquête

A partir des hypothèses de travail, un prototype de protocole d'enquête est élaboré, à la faveur de débats entre les différents interlocuteurs du groupe de travail, puis testé dans le cadre d'une pré-enquête (Monicat 1989).

Il est en effet fondamental de tester tous les maillons de l'enquête, (élevages, transfert de

données, laboratoires d'analyses, saisie, méthodologie de traitement) et de vérifier, voire mettre au point, l'ensemble des éléments qui assurent sa faisabilité (instruments et méthodes de mesures des données, méthodologie de la collecte et de la gestion des données, plan de traitement statistique).

Au vu des résultats de la pré-enquête, le protocole définitif est rédigé. Quelques points essentiels méritent d'en être soulignés :

- il précise la méthodologie, la qualité, la quantité et le rythme de collecte des données, la durée de l'enquête, en tenant compte du fait que l'élevage est non pas figé mais évolutif ;
- il définit le type de formation nécessaire pour que les enquêteurs soient à même de transmettre des observations de façon homogène et fiable (Philipot *et al* 1990) ;
- il comprend un questionnaire à l'usage des enquêteurs, dont la simplicité et la clarté vont conditionner la qualité des données collectées ;
- il définit les modalités de transfert et de centralisation des informations en provenance des élevages et des laboratoires en vue de leur saisie (Barnouin 1980) ;
- il précise enfin, sur la base des avis fournis par les statisticiens, la stratégie de dépouillement des données et de leur traitement statistique (Bouvier *et al* 1981).

c / Collecte des informations

Les modalités de la collecte dépendent de leur nature : sur le terrain cette collecte relève des enquêteurs (techniciens, vétérinaires, etc.) relayés, dans l'intervalle des visites, par les éleveurs ; elle dépend aussi de diverses techniques dont l'usage permet d'obtenir des données fiables : saisie sur site grâce à des micro-ordinateurs portables, observation directe, utilisation de questionnaire d'opinions, etc. (Luquet et Desaymard 1989) ; les autres observations sont transmises par les autres sources (abattoirs, laboratoires, ...).

Une difficulté particulière, rencontrée lors de la réalisation d'enquêtes écopathologiques de longue durée, est leur influence pédagogique sur l'éleveur. Le fait même de participer à l'enquête, de collecter lui-même certaines informations, permet souvent à l'éleveur de prendre conscience des insuffisances ou des erreurs les plus flagrantes dans la conduite de son élevage : il cherche alors à les corriger, ce qui entraîne une évolution de l'élevage et interfère avec l'enquête. Ce biais permanent est favorisé en outre par la nécessité de maintenir la motivation et la participation active des partenaires, concrétisées bien souvent par la remise de bilans divers (sérologiques, zootechniques, ...) établis à partir des données collectées.

d / Saisie

La saisie est toujours lourde en raison du nombre élevé de paramètres recueillis.

La confrontation et le recouplement des informations obtenues à partir de sources différentes (laboratoires, abattoir, relevés dans l'élevage, données de gestion technique ...) peut faire apparaître des divergences qu'il importe de corriger (Barnouin 1980). De plus, le pro-

blème des données erronées ou manquantes se pose comme dans toute étude épidémiologique.

Lors de l'étape de saisie, des retours aux sources d'information se révèlent parfois nécessaires. Aussi, est-il préférable de programmer la réalisation de la saisie dans un délai court après la collecte, voire au fur et à mesure du recueil des données. Dans ce contexte une bonne gestion du transfert des informations entre le lieu de collecte et le lieu de saisie est capitale.

L'information recueillie est ensuite organisée, par fichiers, en base de données relationnelle pour le traitement statistique. Les développements actuels des progiciels de « système de gestion de base de données relationnelle » (SGBDR) permettent d'espérer, à court terme, des gains très appréciables sur les temps d'organisation, de gestion et de manipulation de fichiers que requiert une enquête d'écopathologie (Bouvier *et al* 1981).

e / Traitement des données et interprétation

Pour cette phase, une méthodologie spécifique de l'écopathologie est développée. Etant donné le volume, la nature et la complexité des informations à traiter, traitement statistique des données et interprétation ne peuvent être dissociés et sont réalisés simultanément.

La participation active des différents concepteurs de l'enquête (groupe de travail) est donc nécessaire tout au long de l'exploitation des données, afin de déterminer quelles options doivent être envisagées en cours de traitement en fonction des résultats partiels déjà obtenus.

Deux étapes originales seront commentées ici : les travaux statistiques préliminaires et le traitement des données proprement dit.

Traavaux statistiques préliminaires

Ces travaux visent à établir une description simple et détaillée des données. De façon classique, les variables sont dans un premier temps analysées séparément : calcul des paramètres de position, de dispersion, étude des distributions, mise en classes par découpage des variables quantitatives et regroupement de modalités des variables qualitatives.

Ils sont appliqués sur l'ensemble des données : variables « descriptives » qui décrivent la pathologie étudiée, et variables « explicatives » qui décrivent l'environnement ou les circonstances précédant l'apparition de la maladie.

L'étude des relations entre variables descriptives et/ou explicatives prises 2 à 2 est ensuite réalisée (calcul de coefficients de corrélation, tests croisés, tests du Khi deux).

A l'issue de cette étape de description détaillée des données, il est possible de sélectionner et éventuellement de transformer les variables qui seront conservées pour le traitement statistique proprement dit.

Traitement des données

La phase statistique préparatoire permet de simplifier le fichier de données. Néanmoins, pour l'étape d'analyse, il subsiste toujours un grand nombre de variables parmi lesquelles on cherche à mettre en évidence des chaînes d'associations.

La recherche d'associations statistiques entre un nombre important de variables, entre les-

L'objectif peut être soit l'étude d'une pathologie dans des situations d'élevage très diverses, soit l'évaluation de la situation sanitaire dans un type d'élevage donné.

quelles existent des interrelations, impose l'usage de méthodes statistiques particulières. Pour cela les méthodes descriptives multidimensionnelles de l'Ecole française d'analyse des données sont utilisées (Benzecri 1986). Les méthodes d'analyse factorielle complétées par les méthodes de classification permettent d'établir des associations entre variables, d'extraire de l'ensemble des variables explicatives un sous-ensemble restreint des variables les plus associées aux variables descriptives, et de déterminer des groupes ou typologies caractérisant les ressemblances ou dissemblances entre individus statistiques.

Dans un deuxième temps, des méthodes multivariées de modélisation peuvent être appliquées au sous-ensemble restreint identifié (Ducrot 1990).

3 / Résultats : Exemples d'enquêtes

Les résultats obtenus varient selon l'objectif et le thème de l'enquête réalisée. Nous présenterons ici quelques exemples illustrant les activités des différentes équipes scientifiques qui, en France, se consacrent à l'écopathologie.

Deux exemples concernent des enquêtes orientées vers l'étude d'une entité pathologique complexe :

- enquête écopathologique sur les troubles de la fertilité chez le porc réalisée en 1983 (tableau 3) (Madec 1988)
- enquête écopathologique sur les mammites des vaches laitières réalisées de 1985 à 1987 (tableau 4) (Pluvinage *et al* 1988)).

Deux exemples concernent des enquêtes écopathologiques orientés vers une approche globale de la situation sanitaire en élevage :

- enquête écopathologique sur les mauvaises performances zootechniques du poulet de chair réalisée en 1982-83 (tableau 5) (Le Turdu *et al* 1984).

Tableau 3. *Enquête écopathologique sur les troubles de la fertilité chez le porc (1983). (CNEVA - LCRAP de Ploufragan - Station de Pathologie porcine).*

Objectif

Mise en évidence des facteurs de risque des retours en chaleurs chez les truies ainsi que des tailles de portées insuffisantes.

Principales caractéristiques de l'enquête

Enquête prospective réalisée en 1983 en région Bretagne avec suivi de 3 lots consécutifs de truies dans 80 élevages différents (27 000 truies suivies individuellement). Les informations recueillies se rapportent aux truies (caractéristiques physiques et immunologiques), aux verrats auxquels elles ont été accouplées, à l'environnement (descriptif de l'habitat, de l'ambiance des bâtiments d'élevage, de l'alimentation, des conditions d'accouplement...).

Résultats

Obtention d'une combinaison de 15 facteurs de risque se rapportant :

- aux caractéristiques des reproducteurs : pour la truie, capacité ovulatoire, état physiologique et sanitaire de l'utérus (délai depuis la mise-bas précédente, infection des voies uro-génitales...); pour le verrat : valeur génétique et caractéristiques de la semence (spermatozoïdes anormaux...)
- aux conditions de réalisation de l'accouplement (état de réceptivité de la truie...)
- à l'état de santé de la truie après accouplement (infections virales ou bactériennes...)
- les conditions de milieu après accouplement (température ambiante, subcarence alimentaire...)

- enquête écopathologique sur la pathologie du péri-partum chez la vache laitière réalisée de 1986 à 1990 (voir tableau 6) (Faye *et al* 1989)

De telles enquêtes permettent de mettre en évidence des facteurs de risques, pour certains d'entre eux nouveaux, pour d'autres classiquement et de longue date incriminés comme facteurs favorisants ou prédisposants possibles de nombreuses maladies microbiennes, parasitaires ou métaboliques.

La démarche écopathologique permet de montrer leur importance dans l'expression des différents problèmes pathologiques, mais aussi d'établir les seuils à partir desquels, dans un système donné, ils jouent un rôle prépondérant.

Sur le plan pratique et opérationnel, il est alors possible de déterminer les circonstances les plus pénalisantes dans chaque élevage et ainsi de préconiser les corrections individuelles les plus efficaces au moindre coût.

4 / Applications et perspectives

L'application essentielle de l'écopathologie est de fournir des outils de développement en élevage. Dans ce domaine elle offre aussi la perspective à moyen terme de disposer d'outils d'aide à la décision (référentiels pour les élevages, systèmes-experts). Elle complète enfin la recherche vétérinaire traditionnelle.

4.1 / Développement en élevage

Le succès de l'écopathologie vient de ce qu'elle offre la possibilité de proposer aux éleveurs des solutions concrètes permettant, à moindre coût, de résoudre leurs problèmes et d'améliorer les performances de leur élevage. Ces solutions apparaissent souvent comme une alternative aux solutions curatives inadaptées à des pathologies multifactorielles dont on ne connaît pas les mécanismes pathogéniques,

Tableau 4. Enquête d'écopathologie sur les mammites des vaches laitières (1985-1987) (Centre d'écopathologie).

Objectif

Mise en évidence des facteurs de risque des mammites des vaches laitières.

Principales caractéristiques de l'enquête

Enquête prospective réalisée dans 98 élevages laitiers de la région Rhône-Alpes ayant nécessité le suivi individuel de 350 vaches durant 18 mois.

Les informations recueillies se rapportent aux vaches suivies individuellement (âge, race ; conformation et anomalies de la mamelle ; mammites cliniques et autres événements pathologiques ; comptages leucocytaires mensuels et CMT après vêlage ; production laitière mensuelle), aux élevages (structure d'exploitation, bâtiments d'élevage ; conduite d'élevage et d'alimentation ; technique, hygiène et installation de traite) et aux données climatiques microrégionales.

Résultats

Mise en évidence des facteurs de risque des mammites cliniques et subcliniques.

Mammites cliniques	Facteurs individuels	Mammites subcliniques
XX	Age de la vache	XX
XX	Déséquilibre de la mamelle	X
XX	Extrémité des trayons en dessous du jarret	
X	Traumatismes des trayons	
	Facteurs d'élevage	
X	Longueur des stalles inférieure à 1,75 m	
X	Surface d'aire paillée/vache inférieure à 4,5 m ²	
X	Courant d'air en étable et sur l'aire de couchage	
X	Pots trayeurs	X
X	Ancienneté de l'installation de traite	X
	Défauts de fonctionnement de la machine à traire :	
	Vide de traite	X
	Réserve de vide	X
	Faisceaux trayeurs	X
	Pulsion	X
X	Temps de traite moyen par vache	X
X	Nombre de vache par poste de traite	X
X	Entrées d'air par les manchons trayeurs	X
X	Propreté insuffisante du local de traite	X
X	Machine à traire lavée seulement 1 fois par jour	X
X	Qualité de l'eau de lavage des trayons	
X	En été les vaches couchent en stabulation	
	En été les vaches couchent au pré	
X	Sortie des vaches l'hiver	X
X	Epandage de lisier de bovin supérieur à 8 m ³ /ha	

XX influence forte ; X influence.

coûteuses, souvent inefficaces et posant le problème des résidus altérant la qualité des produits (Etéradossi *et al* 1989) (Madec 1987). Dans d'autres cas, elles peuvent compléter, en les rationalisant, les interventions thérapeutiques curatives et préventives.

La connaissance des facteurs de risque mis en évidence à la faveur de chaque enquête débouche en effet sur la conception d'un protocole d'intervention en élevage.

Un tel protocole met en place l'inventaire des facteurs de risque dans chaque exploitation considérée (c'est la phase de « diagnostic » des facteurs de risque), et il prévoit diverses solutions destinées à prévenir leur apparition et lutter contre leur développement. Ce « programme d'intervention » est élaboré par un groupe de travail réunissant des chercheurs, des vétérinaires, des ingénieurs, des techniciens et des éleveurs. Il peut éventuellement être présenté sous la forme d'un manuel (exem-

ple figure 3) mis à la disposition des conseillers d'élevage (vétérinaires et techniciens) ; ces derniers après avoir reçu une formation à la méthodologie d'approche écopathologique, ont la responsabilité de le mettre en application sur le terrain.

Avant sa diffusion, ce programme est testé en vraie grandeur dans quelques exploitations. Il peut devoir être adapté dans la mesure où le poids des facteurs de risque se rapportant à un phénomène pathologique donné peuvent varier d'une région à l'autre et évoluer dans le temps en fonction de l'évolution de nombreux paramètres de production (génétique, alimentation, etc.) ou d'élevage et d'environnement (conditions d'élevages, logement, prophylaxie, etc.).

La mise en application dans chaque élevage associe le conseiller d'élevage et l'éleveur : après le diagnostic, un plan de prévention et de lutte est élaboré, en tenant compte des objectifs (économiques, zootechniques, commerciaux,

L'étude écopathologique met en évidence les facteurs de risque et établit les seuils à partir desquels ils jouent un rôle prépondérant dans l'expression d'une pathologie.

Tableau 5. Enquête écopathologique sur les mauvaises performances zootechniques du poulet de chair en Bretagne (1982 - 1983). (CNEVA - LCRAP Unité de Recherche de Pathologie Aviaire).

Objectif

Déterminer les facteurs ayant un effet positif ou négatif sur les résultats des performances zootechniques en élevage de poulets de chair.

Principales caractéristiques de l'enquête

Enquête prospective réalisée en 1982 en Bretagne dans 30 élevages intensifs. Trois lots de poulets ont été suivis dans un même poulailler à raison d'une bande en hiver, une bande en été et une bande en intersaison. 441 données par lot ont pu être collectées à partir de questionnaires et des résultats d'analyses des prélèvements. 50 données concernaient les performances et les troubles, 47 les contaminants et 136 étaient relatives à la conduite de l'élevage ; les autres se rapportaient au bâtiment, aux poussins, aux aliments et à l'éleveur.

Résultats

Désignation des facteurs de risques décelés :

- Poussins : hétérogénéité et mauvaise qualité physique.
- Bâtiment : largeur supérieure à 15 m et inférieure à 13,5 m, isolation insuffisante.
- Ambiance et agencement : température ambiante inférieure à 25°C au démarrage, densité supérieure à 23 poulets/m², peu de matériel au démarrage, peu de matériel en période d'élevage, mauvaise qualité de la litière.
- Hygiène : mauvaise avec plus de 14 points négatifs.
- Bilan pathologique : troubles respiratoires importants.
- Eleveur : mauvaise compétence pratique.

- le bon déroulement du programme de lutte et l'adaptation progressive des mesures préconisées en fonction des résultats acquis ;

- l'évolution de la situation sanitaire et des performances de l'élevage en regard des problèmes pathologiques ayant justifié l'enquête écopathologique.

Grâce à de telles actions de prévention, des résultats intéressants ont été obtenus en France dans différents domaines : mammites bovines, troubles respiratoires des porcs à l'engrais, arthrites des caprins, etc.

Par ailleurs, il faut rappeler l'action pédagogique sur les éleveurs participant aux enquêtes : en suivant l'action des enquêteurs et en relevant eux-mêmes certains paramètres, les éleveurs se rendent compte des erreurs qu'ils commettent dans la conduite de leur élevage (température insuffisante, ventilation déficiente, mauvaise appréciation de la quantité d'aliments distribuée, ...). En participant aux réunions organisées tout au long de l'enquête ils prennent conscience de la situation réelle de leur élevage par rapport aux autres élevages de même type (différence de productivité, problèmes pathologiques plus importants, modalités d'intervention différentes, ...). Toutes ces constatations les amènent, d'une part à corriger spontanément leurs erreurs, d'autre part à vouloir se hisser au niveau des élevages les plus performants. Compte tenu de son intérêt pédagogique, le principe de la collecte de certaines informations par l'éleveur lui-même est généralement retenu dans les protocoles d'intervention résultant de l'enquête.

4.2 / Elaboration d'outils d'aide à la décision en élevage

Pour favoriser l'application des résultats de l'écopathologie sur le terrain, différents services peuvent ou pourront être proposés aux éleveurs et à leurs conseillers : la mise en place d'un référentiel et l'utilisation de systèmes experts en élevage.

Le référentiel est une base de références mise à jour régulièrement à partir des informations (facteurs de risque, pathologie, ...) obtenues au sein d'un réseau permanent d'élevages. En s'y référant, tout éleveur a la possibilité d'apprécier la situation de son exploitation par rapport à celle du groupe de référence et de décider les mesures de prévention les mieux adaptées. C'est le cas par exemple des réseaux développés en élevage porcin : réseau d'élevages de sélection-multiplication, etc.

Par ailleurs ce réseau permet de suivre l'évolution dans le temps de la pathologie et des facteurs de risque (associés à de nouvelles méthodes d'élevage, à de nouvelles caractéristiques génétiques des animaux, à un niveau de production plus élevé, etc.). De nouveaux facteurs de risque peuvent ainsi être décelés et pris en compte dans les programmes d'interventions proposés à l'ensemble des élevages.

L'application des protocoles d'intervention (inventaire des facteurs de risque et recherche des corrections possibles) pourra être certainement facilitée dans un proche avenir par l'éla-

Tableau 6. Enquête écopathologique sur la pathologie du péri-partum chez la vache laitière (1986-1990). (INRA - Laboratoire d'Ecopathologie).

Objectifs

Mise en évidence des facteurs de risque de la pathologie du péri-partum en élevages bovins laitiers intensifs. Caractérisation des animaux à risque.

Principales caractéristiques de l'étude

Enquête prospective dans 47 élevages bovins laitiers intensifs comprenant 30 à 90 vaches laitières, situés en Bretagne et ayant une production moyenne économique de 6 500 litres en début d'étude (1986) et de près de 8 000 litres en fin d'étude (1990). Les informations recueillies concernent les données individuelles (santé, état corporel, état de propreté, comportement, préparation au vêlage, profils métaboliques en période de tarissement et au pic de lactation, population bactérienne du lait, production, performances de production, etc.), les données d'élevages (conduites, bâtiment, microclimat, ration de base, etc.), les données d'élevages (conduites, bâtiment, microclimat, ration de base, etc.) et diverses données analytiques : valeur alimentaire des ensilages, analyse de l'eau de boisson.

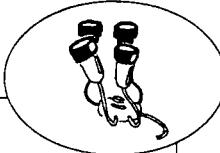
Résultats

L'enquête se terminant actuellement, les résultats ne concernent que quelques bilans préliminaires : hiérarchie des pathologies observées (cf. tableau 1), population bactérienne du lait, profil biochimique, état corporel moyen et état de propreté des stabulations. Une validation des résultats obtenus est également en cours.

...) de ce dernier. Un suivi technique est ensuite réalisé pour contrôler :

- l'évolution des facteurs de risque diagnostiqués (augmentation, stagnation, diminution, disparition) ;

Figure 3. Extrait du document « Prévention des mammites de vaches laitières. Mode d'emploi » destiné aux éleveurs (centre d'écopathologie).

FACTEURS DE RISQUE DES MAMMITES DES VACHES LAITIÈRES MIS EN ÉVIDENCE DANS VOTRE ÉLEVAGE							
 <p>LA TRAITE</p> <p>C S</p> <p>Age d'installation de traite (supérieur à 10 ans)</p> <p>Système avec postes trayers</p> <p>Défaillance de fonctionnement de la machine à traire (ou pas de vérification annuelle)</p> <p>Nombre de vaches par poste (supérieur à 8)</p> <p>Temps de traite moyen par vache (supérieur à 7mn)</p> <p>Nombre d'entrées d'air dans les manchons par poste (supérieur à 1)</p> <p>Propreté insuffisante du local de traite</p> <p>Machine à traire lavée 1 seule fois par jour</p>				<p>Pour remplir ce tableau reportez-vous aux pages 19 et 20 du guide d'intervention :</p> <ol style="list-style-type: none"> Si l'élément est mesuré : <ul style="list-style-type: none"> vous inscrivez dans son cadre la valeur que prend cet élément dans votre élevage. entre parenthèses, est indiqué le seuil à partir duquel cet élément est considéré comme facteur de risque. Pour chacun des autres éléments : s'il fait partie de votre pratique, vous inscrivez une croix dans le cadre correspondant. <p>LE TROUPEAU</p> <p>C S</p> <p>Numéro moyen de lactation (supérieur à 3)</p> <p>% de vaches à mamelles déséquilibrées (plus de 40 %)</p> <p>% de vaches à mamelles dont l'extrémité du trayon est en-dessous du jarret (plus de 30 %)</p> <p>Présence de plaies et cicatrices</p>			
<p>PROPHYLAXIE</p> <p>C S</p> <p>Pas de traitement au tarissement</p> <p>Pas de désinfection après la traite</p> <p>Pas de lavage correct avant la traite</p> <p>Pas d'essuyage avant la pose des gobelets</p>				<p>NOMBRE DE VACHES PRÉSENTES :</p> <p>MAMMITES CLINIQUES*</p> <p>MAMMITES SUBCLINIQUES **</p> <p>LE LOGEMENT</p> <p>C</p> <p>Longueur de stalle (inférieure à 1,75 m)</p> <p>Surface d'aire pailleée par vache (inférieure à 4,5 m²)</p> <p>Quantité de paille par vache et par jour</p> <p>Courants d'air sur l'aire de couchage</p> <p>Propreté insuffisante de la stabulation (indice propreté INRA supérieur à 8)</p>			
<p>LA CONDUITE D'ELEVAGE</p> <p>C</p> <p>Sortie des vaches l'hiver</p> <p>Epandage de lisier</p>				<p>MOYENNE ARITHMETIQUE DES COMPTAGES LEUCOCYTAIRES MENSUELS SUR LAIT DE MÉLANGE, SUR LA PÉRIODE CONSIDÉRÉE (OBJECTIF : MOINS DE 200 000)</p>			
<p>* NOMBRE DE VACHES AYANT EU AU MOINS UNE MAMMITE CLINIQUE, RAPPORTÉ AU NOMBRE DE VACHES PRÉSENTES PENDANT LA MÊME PÉRIODE (OBJECTIF : MOINS DE 20 %)</p> <p>** MOYENNE ARITHMETIQUE DES COMPTAGES LEUCOCYTAIRES MENSUELS SUR LAIT DE MÉLANGE, SUR LA PÉRIODE CONSIDÉRÉE (OBJECTIF : MOINS DE 200 000)</p> <p>C = facteurs de risque de mammites cliniques S = facteurs de risque des mammites subcliniques</p>							

boration de systèmes experts. De tels outils permettront de guider les observations et d'orienter les recherches dans les élevages confrontés aux problèmes pathologiques. Dans certains cas, ils proposeront, à l'issue d'une première étape de raisonnement, des hypothèses à explorer ou des solutions à discuter avec l'éleveur.

4.3 / L'écopathologie au sein de la recherche médicale vétérinaire

Notons que si l'écopathologie apporte des solutions aux problèmes posés par la pathologie multifactorielle, elle ne fournit en général aucune explication étiologique ou pathogénique. Elle ne remplace donc pas les approches habituelles de la recherche médicale vétérinaire débouchant sur la mise au point de moyens de traitement ou de prévention spécifiques, mais dans la mesure où elle peut fournir des hypothèses de travail, elle en est complémentaire.

Le coût des enquêtes écopathologiques, en particulier de la phase de recueil de l'information, doit être cependant pris en considération.

Conclusion

La recherche écopathologique appliquée à l'étude de la pathologie enzootique d'étiologie multifactorielle, est une démarche développée pour répondre aux besoins des élevages modernes.

Son originalité est de prendre comme matériel d'études les élevages eux-mêmes, afin d'y recueillir les éléments susceptibles de permettre, grâce à l'emploi de méthodes statistiques particulières, la mise en évidence de facteurs de risque. Elle débouche ainsi sur la diffusion de programmes sanitaires (adaptables à chaque situation particulière d'élevage) destinés à lutter contre ces facteurs de risque, permettant à moindre coût de prévenir les problèmes pathologiques, d'améliorer les performances des élevages, et d'allier la qualité à la productivité.

Références bibliographiques

- BARNOUIN J. 1980. Enquête écopathologique continue en élevages-observatoires chez les ruminants : objectifs et stratégies. Ann. Rech. Vét., 11, 341-350.
- BARNOUIN J. 1980. Enquête écopathologique continue en élevages-observatoires chez les ruminants : le système de codification et de vérification des données. Ann. Rech. Vét., 11 (4), 351-366.
- BENZECRI J.P. 1986. L'analyse des données : Tome I : la taxinomie - Dunod Ed. Tome II : L'analyse des correspondances, Dunod Ed.
- BOUVIER A., JACQUEMARD A., RAKOTOMANGA A., VILA J.P. 1981. Aspects informatiques et statistiques de l'enquête éco-pathologique continue en élevages-observatoires chez les ruminants. In « Milieu, pathologie et prévention chez les ruminants ». INRA Publications, 23-37.
- DUCROT Ch. 1990. Recherche de facteurs de risque en écopathologie : comparaison sur un exemple de l'analyse des correspondances multiples suivie de classification et du modèle de régression logistique multiple. DEA Université Claude Bernard, Lyon I, 35 p.
- ETERADOSSI N., DROUIN P., BENNEJEAN G., LAHELLEC Cécile, PICHAULT J.P., WYERS M., TOUX J.Y. 1989. Necrotic dermatitis in Broiler chickens : pathological epidemiological findings and experimental reproduction. IXth International Congress of the W.V.P.A., Brighton (Grande-Bretagne), 13-17 August 1989, Abstract p. 87-88.
- FAYE B. 1986. Facteurs de l'environnement et pathologie non parasitaire de la vache laitière. Bull. Techn. CRZV Theix, INRA, 64, 9-20.
- FAYE B., BARNOUIN J., LESCOURRET F. 1989. Objectifs principaux et stratégie de l'enquête écopathologique Bretagne sur la vache laitière. Epidémiol. Santé Anim., 15, 23-31.
- FAYET J.C., BROCHART M. 1983. D'une enquête à l'autre. In « 3^e entretiens de Bourgelat ». ENVL Lyon, 20-21 octobre 1983. Prévention sanitaire et contrôle zootechnique. Importance de la visite d'élevage, 1983, 207-210.
- GANIÈRE J.P. 1978. Notions générales sur la recherche épidémiologique. Rev. Méd. Vét., 129 (4), 545-562.
- JOSSE J. 1986. Informatique et écopathologie. Rec. Méd. Vét., 162, (6/7), 819-823.
- LE TURDU Y., DROUIN P., TOUX J.Y., L'HOSPITALIER R., LE NY Ph., JOSSE J., GUILLET M., PICHAULT J.P., BENNEJEAN G., QUEMENEUR P., HAMET N. 1984. Production du poulet de chair destiné à l'exportation : bilan d'une étude écopathologique réalisée en 1982-1983, dans la région Bretagne, sur 90 lots répartis en 30 élevages. Bull. Inf. Stat. Exp. Av., 24, (1 et 2), 1-106.
- LUQUET F., DESAYMARD F. 1989. Utilisation du questionnaire d'opinion pour l'établissement de données comportementales dans les enquêtes d'écopathologie. Epidémiol. Santé Anim., (15), 33-42.
- MADEC F. 1988. Multifactoriel analysis of return to oestrus and low litter size in the sow. ACTA Vet. Scand., 84 (n° suppl.), 167-169.
- MADEC F. Enzootic respiratory diseases in intensive pig units. An overall approach in veterinary practice - in J.M. Bruce and M. Sommer ed. « Environmental aspects of respiratory diseases in intensive pig and poultry houses, including the implication for human health ». C.E.C. Report, 1987, n° 10820, 111-117.
- MADEC F., FOURICHON Ch. 1990. Les facteurs de risque en épidémiologie animale. Epidémiol. Santé Anim., (18), sous presse.
- MADEC F., TILLON J.P. 1988. Ecopathologie et facteurs de risque en Médecine Vétérinaire. Analyse rétrospective (1977-1987) de l'expérience acquise en élevage porcin intensif. Rec. Méd. Vét., 164, 607-616.
- MONICAT F. 1989. Arthrites des caprins. Compte rendu d'enquête. Publications du Centre d'Ecopathologie référencé. Bulletin signalétique DOCMNE, volume 18, 11-12.
- PERETZ G., CIMAROSTI I. 1990. Conséquences de l'arthrite-encéphalite caprine sur la production laitière. 41^e réunion annuelle de la Fédération Européenne de Zootchnie (Toulouse), 9/12 juillet 1990, résumés français-anglais, vol. 2, 164-165.
- PHILIPOT J.M., PLUVINAGE P., CIMAROSTI I., LUQUET F. 1990. On indicators of laminitis and heelhorn erosion in dairy cattle : a research based on the observation of digital lesions, in the course of an ecopathological survey. Update in cattle Lameness, proceedings of the VIth International Symposium on diseases of the ruminant digit (University of Liverpool - Angleterre), 1990, 17/19 juillet, 184-198.
- PLUVINAGE Ph., DUCRUET T., JOSSE J., MONICAT F. 1988. Factors of risk of milk cows mastitis, results of the survey. Environment and animal health, proceedings of the 6th International Congress on Animal Hygiene of the 6th International Congress on Animal Hygiene (Skara, Suède), 14-17 juin 1988, 1, 51-55.
- ROSNER G. 1983. Le projet de création d'un Centre Régional d'Ecopathologie multi-espèces en Rhône-Alpes. Epidémiol. Santé Anim., 3, 75-82.

Summary

Ecopathology : a method of evaluating the health of farmed animals.

Ecopathology is a scientific approach developed in France in order to attempt to solve multifactorial pathological problems found in intensive farming. We have taken various ecopathological investigations carried out in France as examples and have presented the important points which characterise the ecopathological approach. Ecopathology is realised in intensive farming situations and necessitates, after careful preparation using a study group, the collaboration of, in particular, vets, farming technicians and farmers. Ecopathology relies on the use of specific methods of data processing, those of multi-dimensional statistics. It leads to the identifi-

cation of risk factors, which, when taken into account in farm hygiene programme enables farmers to use suitable non-medical solutions in order to resolve the principle problems inherent in the disease with multifactorial aetiology, present in their farm. This new approach will develop new tools to help with decision making (references for farming, expert systems). It will also provide hypotheses which may permit, in the case of a complementary traditional scientific approach, further understanding relative to the pathological states concerned.

GANIÈRE J.P., ANDRE-FONTAINE G., DROUIN P., FAYE B., MADEC F., ROSNER G., FOURICHON C., WANG B., TILLON J.P. 1991. L'écopathologie : une méthode d'approche de la santé en élevage. INRA Prod. Anim., 4 (3), 247-256.