

**LES APPROCHES METHODOLOGIQUES DU TRAITEMENT
STATISTIQUE DES ENQUETES D'ECOPATHOLOGIE
AU CENTRE D'ECOPATHOLOGIE ANIMALE EN 1991***

CONSIDERATIONS GENERALES

F. LUQUET ⁽¹⁾

**UTILISATION DE LA PATH ANALYSIS
DANS LE CADRE D'UNE ENQUETE D'ECOPATHOLOGIE**

F. BUGNARD ⁽¹⁾

**COMPLEMENTARITE DU MODELE LOGISTIQUE ET DE L'ANALYSE DES
CORRESPONDANCES POUR LA RECHERCHE DES FACTEURS DE RISQUE
EN PATHOLOGIE ANIMALE : APPLICATION A L'ETUDE DES FACTEURS
DE RISQUE DE L'ECTHYMA DES OVINS**

C. DUCROT ⁽¹⁾, I. CIMAROSTI ⁽¹⁾

RESUME : Ce document porte sur différents points de la méthodologie utilisée lors des traitements statistiques au Centre d'écopathologie animale. Dans un premier temps, différentes considérations sont rappelées : la problématique, les moyens utilisés (enquête, travail d'équipe, moyens informatiques), les principales étapes du traitement statistique. Ensuite, les méthodes de traitement de deux enquêtes du Centre d'écopathologie animale sont développées : la première, la "path analysis", est celle utilisée lorsqu'il est possible de déterminer un enchaînement entre les hypothèses de facteurs de risque (exposé sur le choix de la méthode, les différentes étapes et des exemples d'application dans le cadre d'une enquête en élevage allaitant). La deuxième a permis de comparer deux approches, française et anglo-saxonne, pour l'analyse multivariée des facteurs de risque (analyse des correspondances et modèle logistique). Les résultats obtenus dans une enquête en élevage ovin ont mis en évidence les spécificités de chacune des méthodes d'analyse utilisées et leurs complémentarités pour la recherche des facteurs de risque.

SUMMARY : Different methodological aspects of the statistical analyses carried out at the Centre d'écopathologie animale are presented. Firstable, several considerations are developed : Center's aims, means (survey, workshop, software), main steps for statistical analyses. Then, statistical methods used for the analysis of two surveys are explained : the first one, called path analysis, is used when risk factors hypotheses are ordered in time (interest, steps, application to an ecopathological survey in beef cattle breeding are exposed).

(1) Centre d'écopathologie animale, 26 rue de la Baisse, 69100 Villeurbanne, France.

* Texte de l'exposé présenté lors de la réunion du 27 mars 1991.

In the second survey, two multivariate statistical approaches, french and anglo-saxon, are compared to study risk factors (multiple correspondence analysis and multiple logistic regression model). The results obtained in a survey in sheep breeding prove the specificities of each of the analysis methods and their complements to the research of risk factors.

*
* *

CONSIDERATIONS GENERALES

F. LUQUET

Depuis sa création en 1984, le Centre d'écopathologie a mené à bien 8 enquêtes d'écopathologie, de leur conception à la publication de leurs résultats. L'expérience issue de ces enquêtes a permis le développement de méthodes portant sur la réalisation de protocole, sur le suivi d'enquête et sur le traitement statistique faisant suite, en tenant compte des contraintes liées à l'écopathologie animale dans les élevages [Faye et coll., 1991]. Ce texte présente quelques considérations générales sur le traitement statistique tel qu'il est réalisé au Centre d'écopathologie en 1991.

I - LA PROBLEMATIQUE

Il est important de rappeler la problématique du Centre d'écopathologie qui est de mettre en évidence les facteurs de risque de pathologies dites économiquement pénalisantes pour les élevages, pathologies appelées parfois maladies d'élevages : mammites bovines [Pluvinage, 1991], mortalité des agneaux [Ducrot, 1989]... Le champ d'activité du Centre d'écopathologie s'est élargi à l'étude des facteurs de non qualité des produits et denrées d'origine animale (enquête "Qualité hygiénique du lait et des fromages de chèvre, en cours de réalisation).

Les notions de risque et de facteurs de risque sont à considérer telles qu'elles sont définies classiquement en épidémiologie [Goldberg, 1985]. Les facteurs de risque sont recherchés dans les pratiques des éleveurs et les structures des élevages (bâtiments, cheptels).

Ces recherches de facteurs de risque s'intègrent dans les programmes de recherche/développement débouchant sur la proposition aux utilisateurs (éleveurs, vétérinaires, conseillers...) d'une ligne de produits comprenant des modules de formation, de prévention, de suivi collectif [Programme Ecopatho-Transfert, Rapport d'orientation du Centre d'écopathologie, 1991].

II - LES MOYENS

1. LES DONNEES : L'ENQUETE D'ECOPATHOLOGIE

Les études sont réalisées à partir de données d'enquêtes d'observation planifiées (répondant à un plan d'observation), réalisées dans une centaine d'élevages par des enquêteurs faisant partie de l'encadrement technique des élevages. Ces enquêtes sont élaborées et suivies par un groupe de travail pluridisciplinaire pluriprofessionnel.

Dans les élevages français, il n'existe pas d'enregistrement spontané des pathologies animales, du moins celles qui nous concernent. Les conséquences sont de deux ordres :

- Les enquêtes d'écopathologie nécessitent le plus souvent des protocoles d'observation coûteux en temps de travail supplémentaire pour les éleveurs, ce qui en quelques sorte sélectionne les éleveurs acceptant de participer à de telles enquêtes.
- Une mesure d'incidence ne peut se réaliser qu'à l'aide d'une enquête prospective.

Les traitements statistiques réalisés par la suite sont des traitements de type "cas/témoins", les cas et les témoins étant choisis *a posteriori* dans les fichiers issus de l'enquête. Les contraintes liées à ce type de traitement statistique nécessitent un choix raisonné des élevages à enquêter sur des critères portant sur les facteurs recherchés et sur la pathologie rencontrée dans les élevages les années précédentes.

La définition des cas et des témoins est le plus souvent complexe pour des pathologies observées à travers un ensemble de syndromes. Elle est réalisée à l'aide de plusieurs sources d'information qu'il est nécessaire d'organiser et de synthétiser : cela a été le cas par exemple de l'enquête "Fourbure et fourchet de la vache laitière" [Philipot et Pluvinage, 1990] pour laquelle la pathologie a été définie à l'aide de 12 lésions podales.

Les autres caractéristiques des enquêtes d'écopathologie ayant une incidence sur le traitement statistique sont le fait que les données sont structurées en données individuelles (niveau de l'animal) et données collectives (niveau du lot ou de l'élevage) d'une part, et que les facteurs recherchés sont nombreux et associés entre eux en systèmes complexes d'autre part. Suivant la pathologie et les systèmes étudiés se pose le problème du choix de l'individu statistique et de la prise en compte ou non des phénomènes intra et extra troupeaux.

2. MOYENS HUMAINS

Le traitement statistique d'une enquête d'écopathologie est avant tout un travail d'équipe, équipe composée de :

- Statisticiens et vétérinaires chargés de la réalisation du dépouillement des données et de leurs analyses,
- Un groupe de travail interne au Centre d'écopathologie chargé de discuter des méthodes employées,
- Le groupe de travail responsable de l'enquête (vétérinaires, chercheurs, éleveurs...) chargé de l'interprétation des résultats statistiques.

3. MOYENS INFORMATIQUES

Les données d'enquête sont saisies et dépouillées sur Microvax 3300 et organisées en bases de données relationnelles (SGBD DATAFLEX de DATA ACCES CORPORATION). Les traitements statistiques sont réalisés avec les logiciels suivants :

- SAS DE SAS INSTITUTE
- BIDOUI DE L'AUMER
- SPADN DU CISIA

III - DEROULEMENT DU TRAITEMENT STATISTIQUE

L'expérience des traitements statistiques des enquêtes réalisées au Centre d'écopathologie a permis d'établir les constats suivants :

- Les traitements sont longs et coûteux (plus d'une année homme),
- Chaque enquête a ses particularités en fonction de l'espèce animale concernée et de la pathologie étudiée, auxquelles correspondent des chaînes de traitements particulières : il est difficile d'automatiser les traitements statistiques.

Toutefois, trois étapes principales se distinguent :

1ère ETAPE : DESCRIPTION DES DONNEES, ETAT DES STOCKS

Il s'agit d'une description exhaustive des données d'enquêtes, description réalisée à l'aide des outils statistiques exploratoires classiques univariés ou multivariés (tri à plat, analyses factorielles, chaînes typologiques...).

2ème ETAPE : DEFINITION DES CAS ET DES TEMOINS

C'est l'étape clé du traitement statistique plus ou moins complexe suivant le nombre et la nature des informations utilisées pour décrire la pathologie étudiée, suivant que l'on s'intéresse à des animaux ou à des élevages. A des considérations statistiques se rajoutent des considérations zootechniques et économiques : quel est le taux "normal" ou "acceptable" de pathologie dans un élevage ? Que veut dire un animal en "bonne" santé ?...

3ème ETAPE : MISE EN EVIDENCE DES ASSOCIATIONS ENTRE PATHOLOGIES ET FACTEURS DE RISQUE

Nous avons affaire à des modèles multivariés complexes présentant de nombreuses variables explicatives souvent associées entre elles et parfois plusieurs variables à expliquer. Les liaisons statistiques sont rarement linéaires et les variables quantitatives sont le plus souvent transformées en variables qualitatives par mise en classes.

La mise en évidence des associations statistiques est réalisée par comparaison de fréquences à l'aide de traitements bivariés (analyses de tableaux de contingence) ou multivariés (analyses factorielles des correspondances simples ou multiples). Le test le plus fréquemment utilisé est le test du Chi2. Depuis 1989, le Centre d'écopathologie mène une réflexion sur la quantification des associations statistiques entre pathologie et facteurs de risque, dans le cadre d'enquête d'écopathologie animale.

En complément des chaînes de traitement précédemment citées, sont utilisées des techniques de modélisations (modèles discriminants, modèles logistiques).

BIBLIOGRAPHIE

GOLDBERG M.- L'épidémiologie sans peine. Editions médicales Roland Bettex, 1985, 141 p.

DUCROT C.- Ecthyma des ovins. Résultats d'enquête, spécial N° 3. Centre d'écopathologie, 1989, 32 p.

FAYE B., PHILIPOT J.M. et ROSNER G.- Les systèmes d'élevages bovin laitier et leurs contraintes dans les enquêtes d'écopathologie. *Epidémiol. et santé anim.*, 1991, 19, 85-96.

PHILIPOT J.M. et PLUVINAGE P.- Fourbure et fourchet des vaches laitières. Résultats d'enquête, spécial N° 4. Centre d'écopathologie, 1990, 46 p.

PLUVINAGE P.- Facteurs de risque des mammites des vaches laitières. Résultats d'enquête. *Recueil de Médecine Vétérinaire*, 1991, 167, 105-111.

UTILISATION DE LA PATH ANALYSIS DANS LE CADRE D'UNE ENQUETE D'ECOPATHOLOGIE

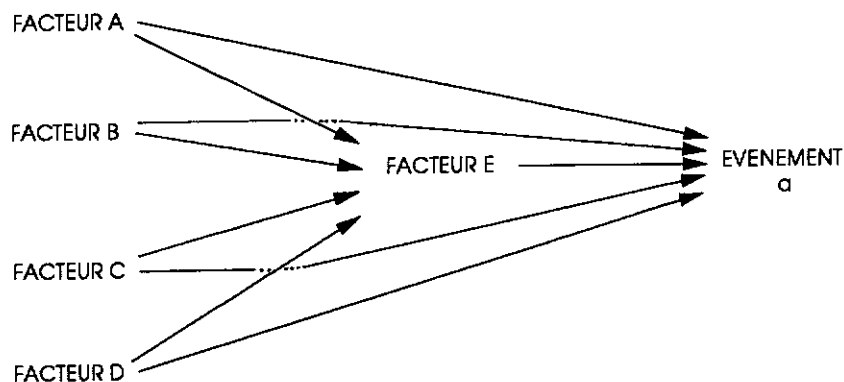
Françoise BUGNARD

INTRODUCTION

Lors de l'élaboration d'une enquête au Centre d'écopathologie animale, un groupe de travail pluridisciplinaire (vétérinaires, techniciens, éleveurs, chercheurs, ...) émet des hypothèses de facteurs de risque de la pathologie étudiée. D'après les connaissances et l'expérience de ce groupe de travail et les références bibliographiques, il est parfois possible d'organiser ces informations et de déterminer un enchaînement entre les hypothèses de facteurs de risque. Ceci est effectué afin de pouvoir rechercher les liaisons statistiques significatives entre ces hypothèses de facteurs de risque et la pathologie étudiée. La méthode actuellement développée au Centre d'écopathologie animale pour le traitement de ce genre d'enquête est la path analysis ou "l'analyse des chemins". Après avoir abordé la question du choix de la méthode, nous en verrons les différentes étapes ainsi que des exemples d'application.

CHOIX DE LA METHODE

La path analysis est utilisée quand la connaissance préalable du phénomène étudié est suffisamment étendue pour permettre d'élaborer un schéma des hypothèses de liens causals entre les événements observés. Cette méthode est choisie car elle permet d'introduire dans l'analyse une notion de chronologie : en effet, on tient compte dans l'analyse du fait que tous les événements observés sont ordonnés dans le temps. Ceci a pour conséquence de permettre l'étude des liens directs et indirects entre les hypothèses de facteurs de risque et l'évènement étudié [Curtis et al., 1985] ; on a le schéma suivant :



Si on s'intéresse à l'apparition de l'évènement a, on peut étudier l'effet direct des facteurs A, B, C, D sur cet évènement mais aussi l'effet éventuel de ces facteurs sur cet évènement par l'intermédiaire du facteur E. Un évènement dont on recherche les facteurs de risque sera appelé "évènement à expliquer".

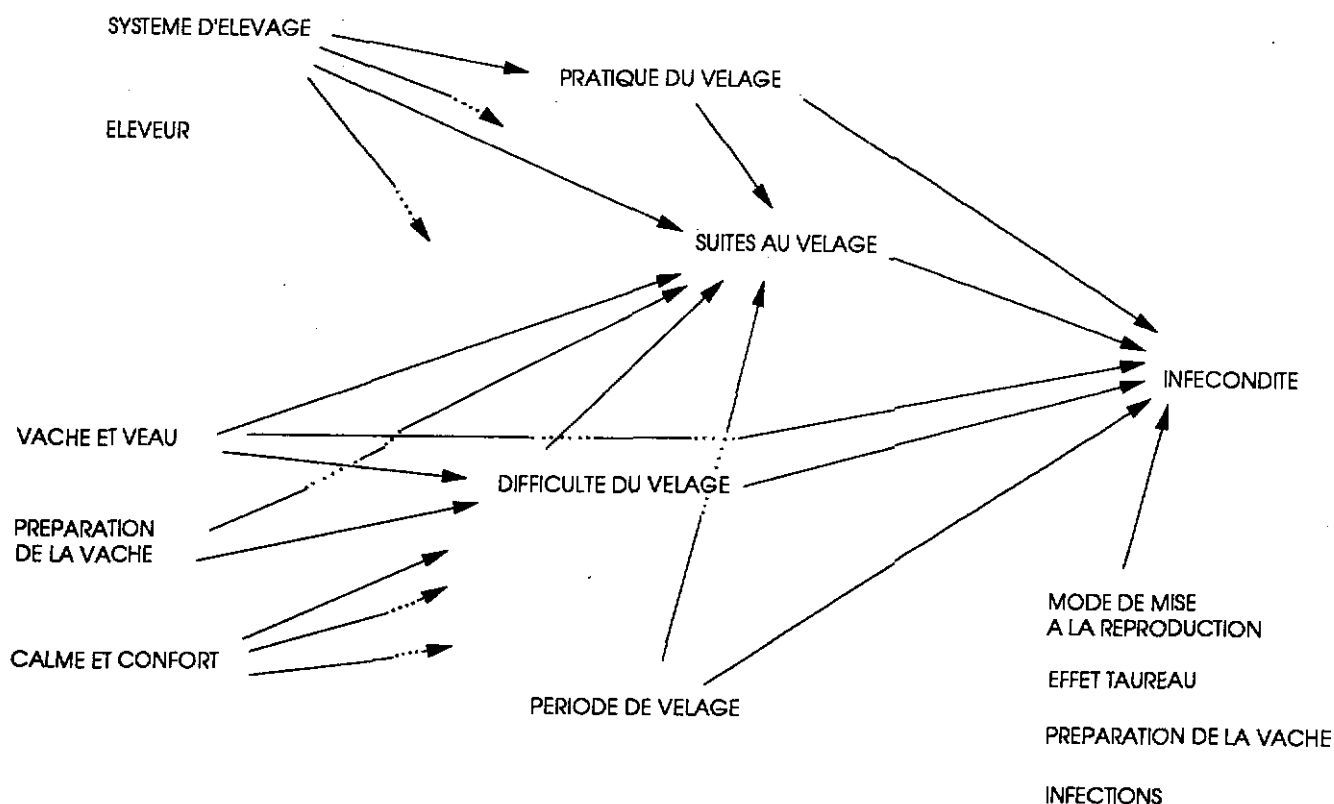
LES ETAPES

Tout au long de cet article, chaque fois que nous verrons la mise en application d'une étape de la path analysis, nous prendrons en exemple l'enquête "Conditions de vêlage : facteurs de risque de l'infécondité des vaches allaitantes" réalisée dans 116 élevages de 1987 à 1989 [Ducrot, à paraître].

CONSTRUCTION DU SCHEMA DES HYPOTHESES :

Le premier travail consiste à construire le schéma qui devra être testé. Tout d'abord, on détermine un ordre chronologique entre les événements, puis les événements étant positionnés sur une échelle de temps, on dresse la liste exhaustive des liens entre les variables pour lesquels on a une justification (hypothèses du groupe de travail ou bibliographie). On matérialise ces liens sur le schéma par des flèches [Curtis et al., 1988]. En résumé, ne sont pas représentés tous les liens possibles entre les variables mais seulement ceux pour lesquels on a une hypothèse. Sur le schéma des hypothèses de l'enquête "Conditions de vêlage : facteurs de risque de l'infécondité des vaches allaitantes" présenté ici (figure 1), chaque terme regroupe plusieurs événements d'un même thème. L'ordre chronologique allant de la gauche vers la droite, seules des flèches orientées vers la droite peuvent être représentées.

Figure 1 : Schéma des hypothèses de l'enquête "conditions de vêlage : facteurs de risque de l'infécondité des vaches allaitantes".



Il faut remarquer que certaines variables sont uniquement hypothèses de facteurs de risque (par exemple, les variables du thème "vache et veau") alors que d'autres sont à la fois hypothèses de facteurs de risque mais aussi évènements à expliquer (par exemple, "difficulté du vêlage" est hypothèse de facteurs de risque de l'infécondité mais aussi évènement dont on va rechercher les facteurs de risque). On a donc le schéma des hypothèses *a priori*, il s'agit maintenant de le tester, c'est-à-dire rechercher les liens qui sont significatifs d'un point de vue statistique. Dans cette enquête, les évènements à expliquer sont la "difficulté du vêlage", les "suites au vêlage" et "l'infécondité".

PREMIERE SELECTION DES LIENS PAR ETUDE UNIVARIEE :

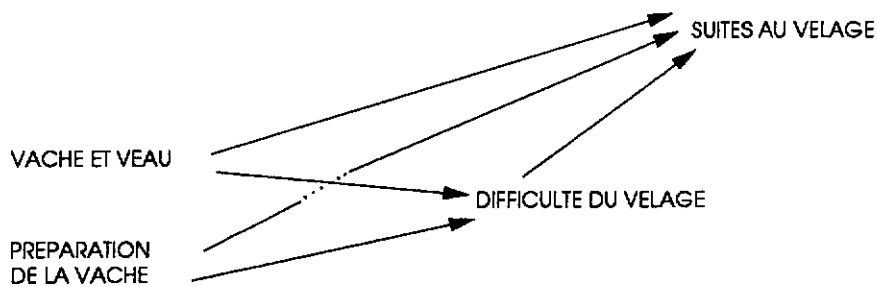
Le but de cette étape est de déterminer les liens non significatifs entre les évènements à expliquer et les autres variables afin de faire un premier tri parmi toutes les hypothèses de liaisons. Ceci est réalisé à l'aide d'un test du X² (SAS - procédure FREQ) entre les variables qui sont reliées par des flèches sur le schéma, c'est-à-dire seulement sur les liens pour lesquels on a des hypothèses. On conserve les liens qui sont significatifs à 20 %. Ce seuil est fixé afin de ne pas éliminer des variables qui seules ne sont pas liées significativement à un évènement à expliquer mais qui associées à d'autres peuvent avoir une forte influence sur celui-ci. A la fin de cette étape, un certain nombre de liens non significatifs ont donc été supprimés.

DETERMINATION DU SCHEMA FINAL :

La détermination du schéma final est effectuée par l'étude simultanée des variables liées à un évènement à expliquer. Pour cela, pour chacun des évènements à expliquer, on effectue une régression logistique (SAS - procédure LOGISTIC) en introduisant dans le modèle les variables qui lui sont reliées par des flèches directes [Curtis et al., 1988]. La régression logistique est choisie jusqu'à présent au Centre d'écopathologie animale pour la path analysis car, tout d'abord, les variables à expliquer sont catégorielles et cette méthode est particulièrement adaptée pour ces variables. Par ailleurs, les paramètres des modèles logistiques ont une interprétation épidémiologique directe puisque ce sont les logarithmes des odds ratios ajustés [Hosmer, Lemeshow, 1989]. Enfin, la régression logistique, dans la mesure où elle calcule l'effet de chacune des variables en contrôlant les autres variables, permet de détecter les facteurs de confusion. La détermination du schéma final se fait donc par éliminations successives des liaisons qui se révèlent non significatives par ajustement sur toutes les variables.

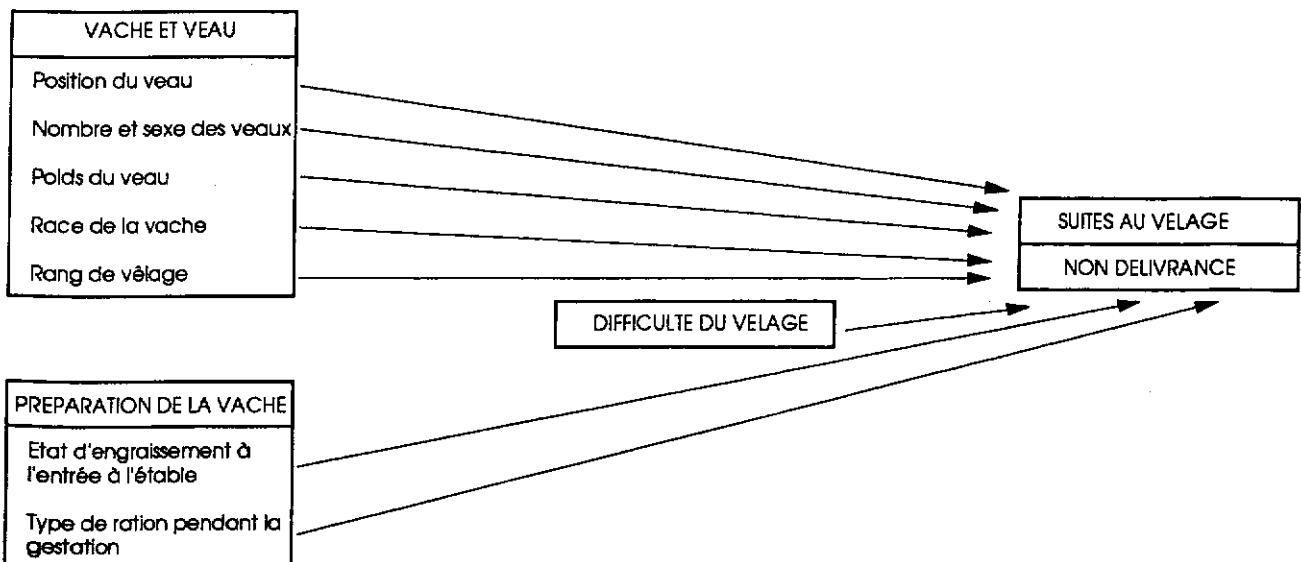
Pour faciliter l'exposé, nous allons prendre en exemple une partie seulement du schéma des hypothèses de l'enquête "Conditions de vêlage : facteurs de risque de l'infécondité des vaches allaitantes" et analyser les thèmes suivants : "vache et veau", "préparation de la vache", "difficulté du vêlage" et "suites au vêlage" (figure 2).

Figure 2 : Extrait du schéma des hypothèses de l'enquête "conditions de vêlage : facteurs de risque de l'infécondité des vaches allaitantes".



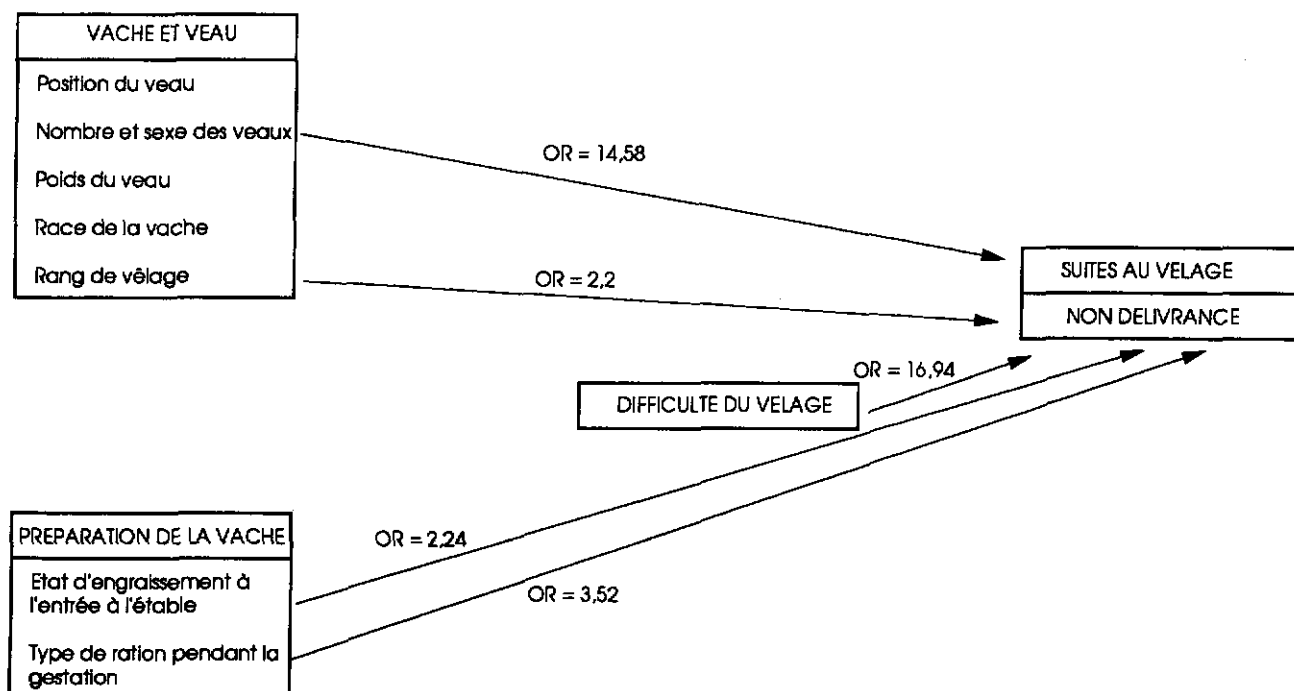
On considère l'évènement à expliquer "non délivrance. Un certain nombre de variables relatives à "la vache et le veau" et "la préparation de la vache" ainsi que la "difficulté du vêlage" lui sont liées quand on étudie les liaisons par X2 (figure 3) et sont par conséquent introduites dans le modèle logistique.

Figure 3 : Schéma des liens significatifs par X2 entre la "non délivrance" et les hypothèses de facteurs de risque (seuil de 20 %).



Après régression logistique (figure 4), on remarque que des liens ont disparu : par exemple, le lien entre "position du veau" et "non délivrance" devient non significatif lorsque l'on ajuste sur les autres variables. On a de fortes raisons de penser que le lien qui était observé avant ajustement (c'est-à-dire en ne prenant en compte que la "position du veau" et la "non délivrance") était seulement dû au fait que la "position du veau" est liée à la "difficulté du vêlage". La régression logistique nous a permis d'obtenir les odds ratios ajustés entre la non délivrance et chacun des facteurs de risque.

Figure 4 : Résultats de la régression logistique (odds ratios ajustés) (seuil de 5 %).



ANALYSE DU SCHEMA FINAL :

Les régressions logistiques pour chacun des événements à étudier étant réalisées, on a testé entièrement le schéma des hypothèses. A ce stade, seules les liaisons significatives sont représentées. La dernière étape consiste à analyser le schéma ainsi obtenu et interpréter les liaisons observées.

CONCLUSION

Nous avons donc vu le déroulement détaillé d'une path analysis : à partir d'un schéma des hypothèses où sont représentées toutes les hypothèses de liaisons à étudier, on aboutit à un schéma des résultats où sont représentées les relations effectivement observées dans l'enquête. Il faut bien noter que la path analysis ne peut être utilisée sans l'appui d'un expert de la matière, tout d'abord pour élaborer le schéma des hypothèses et surtout pour l'analyse du schéma final et l'interprétation.

L'inconvénient majeur de cette méthode est qu'elle est très lourde d'utilisation : en effet, elle nécessite de construire un nombre important de modèles logistiques avant d'obtenir le schéma final.

En contrepartie, la path analysis est une méthode exploratoire très intéressante car elle permet d'acquérir une connaissance approfondie du phénomène étudié et une description détaillée des relations directes et indirectes entre les événements observés.

BIBLIOGRAPHIE

CURTIS C.R., ERB H. N., SNIFFEN C.J., SMITH R.D. and KRONFELD D.S.- Path analysis of dry period nutrition, postpartum metabolic and reproductive disorders and mastitis in holstein cows. J. Dairy Sci., 1985, 68, 2347-2360.

CURTIS C.R., SCARLETT J.M., ERB H.N. and WHITE M.E.- Path model of individual-calf risk factors for calthood morbidity and mortality in New York Holstein herds. Prev. Vet. Med., 1988, 6, 43-62.

DUCROT C.- Conditions de vêlage : facteurs de risque de l'infécondité des vaches allaitantes - Résultats d'enquête. Les rendez-vous de l'écopathologie, spécial n° 6. A paraître.

HOSMER D.W. and LEMESHOW S.- Applied logistic regression. A. Whiley Interscience Publication, 1989, ISBN 0-471-61553-6.

SAS Institute Inc.- SAS/STAT user's guide, version 6, 4ème édition, 1990, volumes 1 et 2, ISBN 1-55544-376-1.

COMPLEMENTARITE DU MODELE LOGISTIQUE ET DE L'ANALYSE DES CORRESPONDANCES POUR LA RECHERCHE DES FACTEURS DE RISQUE EN PATHOLOGIE ANIMALE : APPLICATION A L'ETUDE DES FACTEURS DE RISQUE DE L'ECTHYMA DES OVINS

DUCROT C., CIMAROSTI Isabelle

L'objectif des études d'écopathologie est de mettre en évidence, à partir d'enquêtes d'observation réalisées dans les conditions réelles de production, les facteurs de risque des maladies d'élevage relatifs aux caractéristiques des animaux, aux pratiques d'élevage et à l'environnement des animaux. Elles nécessitent l'élaboration de protocoles d'enquête et l'utilisation de méthodes statistiques qui permettent :

- D'étudier le rôle de chaque facteur pris en compte en tenant compte des autres,
- D'étudier les combinaisons et associations de facteurs de risque observées dans les élevages et mettre en évidence des types d'"élevages à risque".

En effet, ces deux types d'informations sont nécessaires à l'élaboration et à la mise en oeuvre de programmes de prévention des maladies d'élevage.

Deux approches statistiques existent pour cela, notamment pour l'analyse des tableaux de données qualitatives : "l'approche française qui favorise l'optique exploratoire est essentiellement basée sur l'analyse des correspondances (binaires ou multiples) et la classification (classification ascendante hiérarchique, méthode des nuées dynamiques), tandis que l'optique anglosaxonne est basée sur la modélisation (modèle log-linéaire, modèle logistique, ...)" [Revue Statistique Appliquée, 1987].

Le travail présenté ci-après a consisté à comparer, sur l'exemple de l'ecthyma en élevage ovin viande, l'intérêt de chacune des deux approches pour l'étude des facteurs de risque de cette pathologie.

MATERIEL ET METHODE

L'ecthyma est une maladie virale dont l'expression clinique est favorisée par certaines pratiques d'élevage augmentant la pression virale dans l'élevage ou diminuant la résistance des animaux à l'infection. Les données, relatives aux hypothèses de facteurs de risque, aux apparitions cliniques d'ecthyma dans les deux mois suivant l'agnelage (atteinte des agneaux aux lèvres ou dans la bouche, ou des brebis à la mamelle) et à diverses données socio-économiques, ont été collectées d'une manière prospective dans 57 élevages ovins du sud-est de la France contaminés par le virus de l'ecthyma.

Un modèle de régression logistique multivariée a été réalisé de la manière suivante [Hosmer et Lemeshow, 1989], avec le logiciel SAS [SAS Institute Inc, 1990] : prise en compte des facteurs liés ($p \leq 0,20$) à l'apparition d'ecthyma par un χ^2 non ajusté (au nombre de 10) pour "expliquer" l'apparition clinique d'ecthyma ; élimination du modèle des facteurs pour lesquels l'ajustement entraîne une diminution de l'odds ratio et une liaison non significative ($p \leq 0,20$ du Wald's test) ; étude des interactions biologiquement plausibles ; étude de la qualité d'ajustement du modèle obtenu par le χ^2 de Lemeshow et Hosmer [Lemeshow et Hosmer, 1982].

Parallèlement, une analyse des correspondances multiples a été réalisée sur les 10 mêmes facteurs (logiciel SPADN) [Lebart et coll., 1988], l'apparition clinique d'ecthyma étant intégrée comme variable illustrative n'intervenant pas dans l'analyse ; elle a été complétée par une classification ascendante hiérarchique des élevages sur l'ensemble des facteurs de l'analyse [Lebart et coll., 1977].

L'apport de l'analyse factorielle et de la classification à l'étude des facteurs de risque de l'ecthyma a été le suivant :

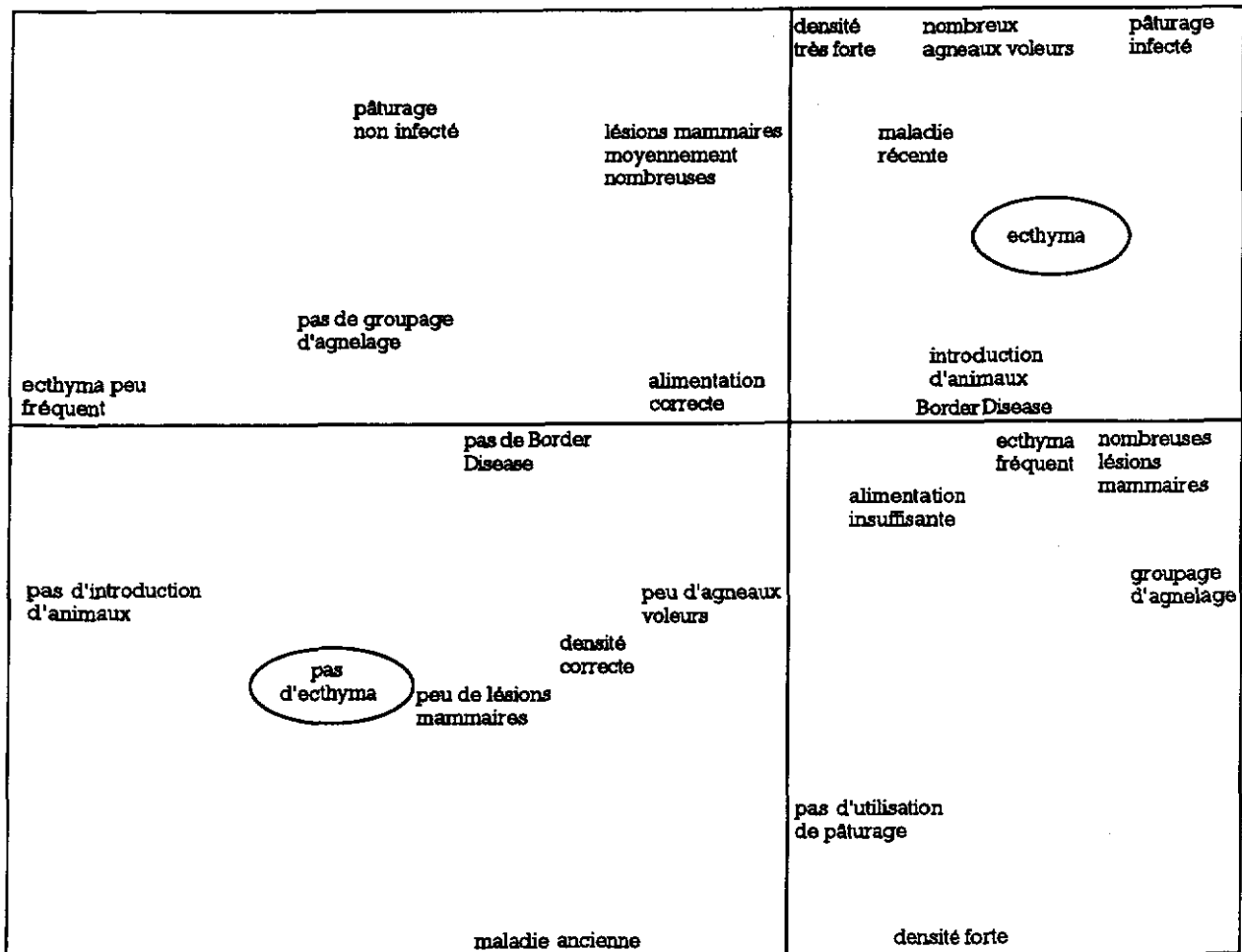
- **Etude des associations de facteurs** : la principale association multivariée observée (figure 1) regroupe les facteurs : agnelage groupé, lésions mammaires résiduelles, pâturage infecté, ecthyma fréquent, introduction d'animaux ; l'analyse factorielle conforte le fait que les facteurs confondants créant les liaisons "ecthyma fréquent - apparition d'ecthyma" et "introduction d'animaux - apparition d'ecthyma" sont les trois autres facteurs qui leur sont liés.

- **Combinaisons de facteurs de risque** : l'analyse de 5 groupes d'élevages issus de classification, caractérisés par un nombre, un type de facteurs et un risque d'apparition d'ecthyma différents, suggère le fait que le nombre de facteurs de risque présents semble plus déterminant que leur type pour déclencher un ecthyma clinique ; la présence de certains facteurs pallie l'absence d'autres.

Les résultats obtenus sont cohérents avec les observations et hypothèses proposées par différents auteurs : rôle de chacun des facteurs pris en compte [Precausta et Mackowiak, 1985 ; Heissler, 1989], rôle du cumul des facteurs par l'intermédiaire de la pression virale dans l'environnement des animaux [Robinson et Balassu, 1981]. Ces facteurs de risque ont été interprétés en termes de (re)contamination du troupeau, d'entretien de l'infection, de transmission du virus entre animaux et de réceptivité des animaux.

En revanche, il n'a pas été possible d'interpréter aisément les associations de facteurs observées ; néanmoins, il est probable qu'elles caractérisent certains modes de conduite du troupeau (plus ou moins intensifiés) ; il est nécessaire de les prendre en compte dans une optique de prévention globale de la maladie.

Figure 1 : Analyse des correspondances multiples des 10 facteurs d'élevage associés à l'apparition clinique d'ecthyma : projection sur les axes 1 et 4 (26 % de l'inertie totale) des facteurs d'élevage et, en variable supplémentaire, de l'apparition d'ecthyma.



RESULTATS ET DISCUSSION

33 des 57 élevages enquêtés ont présenté une atteinte clinique d'ecthyma.

L'apport du modèle de régression logistique multiple à l'étude des facteurs de risque de l'ecthyma a été le suivant :

- Etude des liaisons "facteur - ecthyma" avec ajustement sur les autres facteurs étudiés (tableau I) ; l'ajustement a supprimé les relations univariées observées pour 3 facteurs : "introduction d'animaux", "fréquence" et "ancienneté" de l'ecthyma clinique (forte diminution de l'odds ratio après ajustement et χ^2 de Wald non significatif ($p > 0,2$)) ;
- Etude des interactions biologiquement plausibles ; il est apparu une potentialisation des effets du groupage de l'agnelage (dans le temps) et de la densité dans le parc d'agnelage et, à l'inverse, une interaction négative entre la présence de lésions mammaires résiduelles et l'existence d'agneaux voleurs ; cette dernière observation conforte le fait que ces deux facteurs jouent le même rôle de transmission du virus dans le troupeau ;
- Evaluation de la pertinence des facteurs étudiés pour prédire les apparitions d'ecthyma ; les 7 facteurs conservés donnent une évaluation du risque d'ecthyma concordante avec la réalité observée ; le χ^2 de Lemeshow et Hosmer [Lemeshow et Hosmer, 1982] calculé sur l'échantillon divisé en quintiles est non significatif ($p > 0,4$).

CONCLUSION

Les deux méthodes d'analyse testées et comparées dans ce travail ont contribué de manières différentes à l'étude des facteurs de risque de l'ecthyma : le modèle de régression logistique multiple a permis une analyse détaillée de l'effet de chaque facteur ; l'analyse factorielle suivie de classification a montré le rôle conjoint des facteurs de risque et leurs associations dans les élevages. Ces deux approches apparaissent tout à fait complémentaires en écopathologie ; en effet, proposer aux conseillers d'élevage et aux éleveurs une démarche de prévention de l'ecthyma qui soit efficace, économique et cohérente avec la conduite d'élevage nécessite de connaître, d'une part l'importance relative de chaque facteur de risque et d'autre part, les associations et imbrications de ces facteurs dans la conduite de l'élevage qui est un système complexe.

Tableau I : Comparaison des odds ratios ajustés et non ajustés des 10 facteurs étudiés.

Légende : Odds ratio non ajusté ; *odds ratio ajusté* (modèle de régression logistique)

Pratiques d'élevage	Odds ratio	Intervalle de confiance à 5 % du odds ratio	Chi2 Chi2 de Wald
Fréquence de l'ecthyma	4,00	1,19 - 13,42	5,04
	1,53	0,13 - 16,90	0,12
Ancienneté de l'ecthyma	3,13	1,03 - 9,48	4,05
	1,84	0,25 - 13,22	0,37
Introduction d'animaux	2,31	0,64 - 8,28	1,64
	1,03	0,09 - 11,03	0
Lésions mammaires moyennement nombreuses	2,36	0,65 - 8,59	1,69
	4,81	0,48 - 47,61	1,88
très nombreuses	4,40	1,13 - 17,14	4,56
	1,26	0,13 - 12,24	0,04
Pâturage infecté	11,50	1,91 - 69,23	7,11
	56,45	2,85 - 1116	7,01
Groupage de l'agnelage	4,62	1,5 - 14,22	7,10
	9,21	0,93 - 90,32	3,63
Agneaux voleurs	3,60	0,92 - 14,14	3,37
	3,09	0,35 - 27,10	1,04
Densité en brebis moyennement forte	3,14	0,77 - 12,90	2,53
	8,56	0,46 - 5,05	2,10
très forte	6,80	1,67 - 27,73	7,14
	20,62	1,11 - 382	4,12
Insuffisance alimentaire	4,17	1,22 - 14,24	5,18
	7,43	0,85 - 64,83	3,29
Pestivirus	2,67	0,87 - 8,17	2,95
	2,91	0,35 - 23,74	1,00

BIBLIOGRAPHIE

- HEISSLER M.- L'ecthyma contagieux du mouton : revue bibliographique réactualisée, thèse de doctorat vétérinaire, 1989, Créteil.
- HOSMER D.W. and LEMESHOW S.- Applied logistic regression, 1989, ISBN 0-471-61553-6. 82-106.
- LEBART L., MORINEAU A. et TABARD N.- Techniques de la description statistique. Méthodes et logiciels pour l'analyse de grands tableaux, Dunod, 1977, ISBN 2-04-010090-3.
- LEBART L., MORINEAU A. et LAMBERT T.- SPADN - Système portable pour l'analyse des données, version 1.2. Manuel de référence, 1988, ISBN 2-906711-04-7.
- LEMESHOW S. and HOSMER D.W.- A review of goodness of fit statistics for use in the development of logistic regression models. Am. J. Epidem., 1982, 115, 1, 92-106.
- PRECAUSTA P. et MACKOWIAK M.- L'ecthyma des ovins et des caprins. Sci. Vét. Comp., 1985, 88, 1/2, 55-75.
- REVUE STATISTIQUE APPLIQUEE, 1987, Editorial, 25 (3), 6.
- ROBINSON A.J. and BALASSU T.C.- Contagious pustular dermatitis (orf). Vet. Bull., 1981, 51, 10, 771-782.
- SAS INSTITUTE INC.- SAS/STAT user's guide, 1990, version 6, 4ème édition, volumes 1 et 2, ISBN 1-55544-376-1.
-