

## **Avant-propos**

*Ce numéro thématique consacré à l'épidémiologie a été conçu et préparé sous l'autorité scientifique du Docteur P.-C. Lefèvre, Directeur du CIRAD-EMVT et du laboratoire PATHOTROP (Maisons-Alfort, France).*

# SOMMAIRE

## Épidémiologie

### Principes et applications en milieu tropical

#### 399 Éditorial

#### ÉPIDÉMIOLOGIE DESCRIPTIVE

- 403** BÉNET (J.J.), SANAA (M.), DUFOUR (B.), TOMA (B.). Méthodologie des enquêtes en épidémiologie animale
- 423** DOMENECH (J.), WYERS (M.), BRAUN (J.-P.), FORMENTY (P.). Le syndrome nerveux des ovins en Côte-d'Ivoire. I. Étude épidémiologique et clinique, méthodes de diagnostic et traitement
- 431** GIANGASPERO (M.), TABBAA (D.), NISHIKAWA (H.), VANOPDENBOSH (E.). Enquête épidémiologique sur le virus Maedi Visna (MV) chez des moutons Awassi de Syrie (en anglais)
- 435** ADESIYUN (A.A.), KAMINJOLO (J.S.), LOREGNARD (R.), KITSON-PIGGOTT (W.). Épidémiologie des salmonelloses dans les élevages de Trinidad (en anglais) (**communication**)
- 438** MUSA (M.T. ), SHOMEIN (A.M.), ABD EL RAZIG (Y.M.), MEKI (N.T.), EL HASSAN (S.M.). La fièvre charbonneuse chez l'homme et le dromadaire au Soudan. Épidémiologie de la maladie dans le pays (en anglais) (**communication**)
- 441** GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.). Épidémiologie de la cowdriose au Sénégal. I. Étude de la transmission et du taux d'infection d'*Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794) dans la région des Niayes
- 449** GUEYE (A.), MARTINEZ (D.), MBENGUE (Mb.), DIEYE (Th.), DIOUF (A.). Épidémiologie de la cowdriose au Sénégal. II. Résultats de suivis séro-épidémiologiques
- 455** DIALLO (O.), BOCOUM (Z.), DIARRA (B.), SANOGO (Y.), COULIBALY (Z.), WAÏGALO (Y.). Épidémiologie de la trypanosomose à *T. evansi* chez le dromadaire au Mali : résultats d'enquêtes parasitologiques et cliniques
- 463** DESQUESNES (M.), GARDINER (P.R.). Épidémiologie de la trypanosomose bovine (*Trypanosoma vivax*) en Guyane française
- 471** FAYE (B.), RATOVOANAHARY (M.), CHERRIER ( R. ). Effet d'un facteur alimentaire sur la pathologie néonatale : Résultats d'une enquête rétrospective sur la distribution de mangrove aux chamelons en République de Djibouti

## **ÉPIDÉMIOLOGIE ANALYTIQUE**

**481** Introduction à l'écopathologie (FAYE (B.), LEFÈVRE (P.-C.))

**485** LANCELOT (R.), IMADINE (M.), MOPATE (Y.), FAYE (B.). L'enquête écopathologique sur les pneumopathies des chèvres en saison sèche froide au Tchad : aspects méthodologiques

**495** QUIRIN (R.), LEAL (T.M.), GUIMARAES FILHO (C.). Épidémiologie descriptive des avortements caprins en élevage traditionnel du Nordeste brésilien. Enquête rétrospective de carrières de femelles

## **ÉPIDÉMIOLOGIE OPÉRATIONNELLE**

**505** LEFÈVRE (P.-C.), MSELLATI (L.). La prise de décision en santé animale

**513** DOMENECH (J.), FORMENTY (P.). Le syndrome nerveux des ovins en Côte-d'Ivoire. II. Importance économique, essais et analyse coûts-bénéfices de plans de prophylaxie

**523** Notes de lecture

**525** Analyses bibliographiques

**527** Information

# CONTENTS

## Epidemiology

### Bases and applications in tropical areas

#### 399 Editorial

#### DESCRIPTIVE EPIDEMIOLOGY

- 403** BÉNET (J.J.), SANAA (M.), DUFOUR (B.), TOMA (B.). Methodology of surveys used in animal epidemiology
- 423** DOMENECH (J.), WYERS (M.), BRAUN (J.-P.), FORMENTY (P.). The ovine nervous syndrome in Côte-d'Ivoire. An epidemiological and clinical study, diagnostic methods and treatment
- 431** GIANGASPERO (M.), TABBAA (D.), NISHIKAWA (H.), VANOPDENBOSH (E.). Epidemiological survey of the Maedi Visna (MV) virus in Syrian Awassi sheep
- 435** ADESIYUN (A.A.), KAMINJOLO (J.S.), LOREGNARD (R.), KITSON-PIGGOTT (W.). Epidemiology of *Salmonella* infections in Trinidadian livestock farms (**short communication**)
- 438** MUSA (M.T. ), SHOMEIN (A.M.), ABD EL RAZIG (Y.M.), MEKI (N.T.), EL HASSAN (S.M.). Anthrax in humans and camels in the Sudan with reference to the disease in the country (**short communication**)
- 441** GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.). Epidemiology of cowdriosis in Senegal. I. Study of the transmission and infection rate of *Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794) in the Niayes region
- 449** GUEYE (A.), MARTINEZ (D.), MBENGUE (Mb.), DIEYE (Th.), DIOUF (A.). Epidemiology of cowdriosis in Senegal. II. Results of sero-epidemiological investigations
- 455** DIALL (O.), BOCOUM (Z.), DIARRA (B.), SANOGO (Y.), COULIBALY (Z.), WAÏGALO (Y.). Epidemiology of trypanosomosis due to *Trypanosoma evansi* in dromedary camel in Mali : Results of parasitological and clinical surveys
- 463** DESQUESNES (M.), GARDINER (P.R.). Epidemiology of cattle trypanosomosis (*Trypanosoma vivax*) in French Guiana
- 471** FAYE (B.), RATOVONANAHARY (M.), CHERRIER ( R. ). Effect of a nutrition factor on the neonatal pathology. Results of a retrospective survey on the mangrove supply to dromedary calves in the Republic of Djibouti

## **ANALYTICAL EPIDEMIOLOGY**

**481** Introduction to ecopathology (FAYE (B.), LEFÈVRE (P.-C.))

**485** LANCELOT (R.), IMADINE (M.), MOPATE (Y.), FAYE (B.). Ecopathological survey of goat pneumopathies during the dry, cold season in Chad

**495** QUIRIN (R.), LEAL (T.M.), GUILMARAES FILHO (C.). An epidemiological study of abortions in goats kept in a traditional management system in Northeastern Brazil. A retrospective survey of goat reproductive performance

## **OPERATING EPIDEMIOLOGY**

**505** LEFÈVRE (P.-C.), MSELLATI (L.). Decision making and animal health programmes

**513** DOMENECH (J.), FORMENTY (P.). The ovine nervous syndrome in Côte-d'Ivoire. II. Economic impact, field trials and cost- profit analysis of prophylaxis programmes

**523** Notes

**525** Book reviews

**527** News

# SUMARIO

## Epidemiología

### Normas y aplicaciones en medio tropical

399 Editorial

#### EPIDEMIOLOGÍA DESCRIPTIVA

- 403 BÉNET (J.J.), SANAA (M.), DUFOUR (B.), TOMA (B.). Metodología de las encuestas en epidemiología animal
- 423 DOMENECH (J.), WYERS (M.), BRAUN (J.-P.), FORMENTY (P.). El síndrome nervioso de los ovinos en Costa de Marfil. I. Estudio epidemiológico y clínico, métodos de diagnóstico y tratamiento
- 431 GIANGASPERO (M.), TABBAA (D.), NISHIKAWA (H.), VANOPDENBOSH (E.). Encuesta epidemiológica del virus de Maedi Visna (MV) en ovejas Awassi sirias
- 435 ADESIYUN (A.A.), KAMINJOLO (J.S.), LOREGNARD (R.), KITSON-PIGGOTT (W.). Epidemiología de las salmonelosis en las crías de Trinidad (**breve nota**)
- 438 MUSA (M.T. ), SHOMEIN (A.M.), ABD EL RAZIG (Y.M.), MEKI (N.T.), EL HASSAN (S.M.). El carbunco bacteridiano en el hombre y el dromedario en Sudán. Epidemiología de la enfermedad en el país (**breve nota**)
- 441 GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.). Epidemiología de la cowdriosis en Senegal. I. Estudio de la transmisión y de la tasa de infección de *Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794) en la región de Niayes
- 449 GUEYE (A.), MARTINEZ (D.), MBENGUE (Mb.), DIEYE (Th.), DIOUF (A.). Epidemiología de la cowdriosis en Senegal. II. Resultados del seguimiento sero-epidemiológico
- 455 DIALLO (O.), BOCOUM (Z.), DIARRA (B.), SANOGO (Y.), COULIBALY (Z.), WAÏGALO (Y.). Epidemiología de la tripanosomosis por *Trypanosoma evansi* en el dromedario de Mali : resultados de encuestas parasitológicas y clínicas
- 463 DESQUESNES (M.), GARDINER (P.R.). Epidemiología de la tripanosomosis bovina (*Trypanosoma vivax*) en la Guayana francesa
- 471 FAYE (B.), RATOvonANAHARY (M.), CHERRIER ( R. ) . Efecto de un factor alimenticio sobre la patología neonatal : Resultados de una encuesta retrospectiva sobre la distribución de mangle a camellejos de la República de Djibuti

## **EPIDEMIOLOGÍA ANALÍTICA**

**481** Introducción a la ecopatología (FAYE (B.), LEFÈVRE (P.-C.))

**485** LANCELOT (R.), IMADINE (M.), MOPATE (Y.), FAYE (B.). Encuesta ecopatológica sobre las neumopatías de las cabras durante la estación seca y fría en Chad : aspectos metodológicos

**495** QUIRIN (R.), LEAL (T.M.), GUIMARAES FILHO (C.). Epidemiología descriptiva de abortos caprinos en cría tradicional del Noroeste brasileiro. Encuesta retrospectiva sobre el comportamiento reproductivo de cabras

## **EPIDEMIOLOGÍA OPERATIVA**

**505** LEFÈVRE (P.-C.), MSELLATI (L.). Toma de decisiones en salud animal

**513** DOMENECH (J.), FORMENTY (P.). El síndrome nervioso de los ovinos en Costa de Marfil. II. Importancia económica, ensayos y análisis costo-beneficio de los programas de profilaxis

**523** Notas de lectura

**525** Comentarios bibliográficos

**527** Información

# EDITORIAL

*L'épidémiologie est tout à la fois une science, une méthode et un outil :*

*- une science puisqu'elle regroupe l'ensemble des connaissances concernant l'apparition, l'extension, le maintien et, parfois, la disparition d'une maladie ou, plus généralement, d'un trouble de la santé. L'approche épidémiologique est avant tout pluridisciplinaire et fait appel à tous les champs de la médecine vétérinaire (physiologie, microbiologie, parasitologie, immunologie, entomologie, etc.) mais aussi aux statistiques et selon les cas, à d'autres disciplines telles que l'informatique ou la sociologie ;*

*- une méthode dans la mesure où, au fur et à mesure de l'évolution de ces diverses disciplines, des règles précises ont été élaborées pour enregistrer, quantifier et analyser les informations obtenues ;*

*- un outil enfin car c'est en se basant sur les renseignements qu'elle apporte que les autorités peuvent prendre des décisions en vue d'améliorer l'état sanitaire du cheptel d'un pays; en effet, seule une connaissance approfondie de la situation épidémiologique des maladies animales ou des troubles de la santé permettra de hiérarchiser les problèmes, de sélectionner des objectifs précis, d'établir une stratégie et, enfin, de choisir les moyens appropriés.*

*Malheureusement, pour des raisons diverses parmi lesquelles on peut citer une relative méconnaissance des bases méthodologiques, l'absence d'intérêt des services vétérinaires ou le manque de moyens, il n'est pas rare, dans certains pays, que les études épidémiologiques se limitent à des enquêtes sérologiques de routine ou de simples inventaires.*

*Ce numéro thématique n'a pas la prétention de faire le point sur tout ce qui se fait dans ce domaine dans les régions tropicales et notamment les pays en développement. Il n'a pas d'autres ambitions que celles de renouveler l'intérêt pour l'épidémiologie et susciter des vocations parmi le personnel des services vétérinaires concernés.*

*Classiquement, et pour des raisons didactiques, l'épidémiologie est divisée en trois grands secteurs :*

*- l'épidémiologie descriptive qui vise à préciser la répartition d'une maladie ainsi que ses variations dans le temps (saisons à risque, par exemple) et dans l'espace (selon les régions) ;*

*- l'épidémiologie analytique dont le but est l'étude des mécanismes de diffusion et de pérennisation d'une maladie (durée d'excrétion ou de portage, résistance du pathogène dans le milieu extérieur, etc.), mais aussi des conditions environnementales qui favorisent ou, au contraire, limitent son apparition et son extension. C'est dans ce cadre que l'écopathologie trouve sa place, bien que n'ayant trait qu'à des pathologies très particulières mais d'une importance économique croissante : les pathologies multifactorielles ;*

- enfin, l'épidémiologie prospective et opérationnelle qui se propose, à partir des renseignements obtenus par l'épidémiologie descriptive et l'épidémiologie analytique, de construire des modèles, de présenter des solutions prophylactiques et, plus généralement, d'organiser la lutte pour réduire le coût de la pathologie et accroître ainsi la productivité du cheptel.

*C'est pourquoi ce numéro est divisé en trois parties basées sur cette classification. Dans la première, après un article de synthèse rappelant les grands principes méthodologiques, neuf articles originaux donneront un aperçu de ce que l'on peut faire dans les régions tropicales. La deuxième sera consacrée à un aspect particulier de l'épidémiologie analytique, à savoir l'écopathologie telle qu'elle a été développée par l'école française d'épidémiologie ainsi qu'aux tentatives d'application menées en Afrique ou en Amérique du Sud ; deux articles et une introduction à l'écopathologie lui sont consacrés. Enfin, un schéma logique pouvant aider à la prise de décision est proposé dans la troisième partie ainsi qu'un article illustrant le volet épidémiologie opérationnelle. Le modèle, quant à lui, n'a pas la prétention d'être généralisable mais a été développé par le CIRAD-EMVT, au cours des dernières années.*

Pierre-Charles LEFÈVRE

André ROBINET

# Épidémiologie descriptive

J.J. Bénet<sup>1</sup>M. Sanaa<sup>1</sup>B. Dufour<sup>2</sup>B. Toma<sup>1</sup>

# Méthodologie des enquêtes en épidémiologie animale

**BÉNET (J.J.), SANAA (M.), DUFOUR (B.), TOMA (B.).** Méthodologie des enquêtes en épidémiologie animale. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 403-422

Dans cet article, les auteurs passent en revue les bases méthodologiques des enquêtes, tant descriptives qu'analytiques, en épidémiologie animale. Au cours de cette synthèse, ils précisent les définitions des principaux termes utilisés en épidémiologie, ainsi que les modalités d'évaluation de la qualité de ces enquêtes.

*Mots Clefs* : Enquête - Méthode - Epidémiologie - Echantillonnage - Evaluation.

## INTRODUCTION

En épidémiologie animale, comme en épidémiologie des maladies de l'Homme, des enquêtes sont utilisées pour décrire la situation d'une maladie (épidémiologie descriptive), ou pour tenter de déterminer les facteurs qui favorisent ou conditionnent son apparition (épidémiologie analytique).

Ces deux types d'enquêtes, répondant à des objectifs différents, ont des caractéristiques elles-mêmes différentes qu'il importe de bien distinguer, et doivent répondre à des critères de qualité adaptés aux objectifs.

Elles constituent de véritables modèles de référence à partir desquelles peuvent être déclinées des applications épidémiologiques extrêmement diverses. Leur spécificité réside soit dans l'objet d'étude, soit dans les buts visés, et non dans leurs principes méthodologiques.

Bien que différentes dans leurs caractéristiques, ces enquêtes partagent le même principe de quantification de phénomènes de santé dans des populations, par la mesure de la fréquence de ces phénomènes à l'aide d'indicateurs, et en collectant l'information nécessaire à cette mesure par des méthodes d'échantillonnage.

Dans les lignes qui suivent, seront étudiés les objectifs, les caractéristiques et les critères de qualité de ces deux types d'enquêtes, après avoir défini pour chacune d'elles, le secteur de l'épidémiologie dans lequel elle s'insère. On discutera pour finir de l'évaluation des enquêtes épidé-

mologiques. Au préalable, il faut présenter leur communauté méthodologique, tenant à l'élaboration d'un indicateur approprié, et à la collecte de l'information.

## Bases des enquêtes épidémiologiques

Une enquête est une "recherche méthodique d'informations reposant notamment sur des mesures, des questions et des témoignages" (12). Son équivalent anglais est : "survey". Elle constitue une modalité particulière d'étude ("study"), qui, elle, consiste en la "recherche méthodique d'informations visant à connaître et/ou à comprendre" (12). Ce dernier terme est plus général, et ne préjuge pas des modalités de récolte de l'information. Il englobe le précédent. Il est fréquent en français d'utiliser le terme enquête, même si les modalités de réalisation ne correspondent pas à la définition, comme dans le cas de la valorisation de prélèvements disponibles dans un laboratoire. Il arrivera souvent aux auteurs d'utiliser le terme d'étude par la suite de l'exposé.

Les enquêtes épidémiologiques ne constituent que la mise en application des principes de base de la quantification d'un phénomène de santé dans une population. Il est indispensable d'en bien comprendre les étapes clés pour pouvoir ensuite aborder avec profit l'étude des enquêtes proprement dites.

## Les indicateurs, outils de la quantification en épidémiologie

Pour quantifier un phénomène de santé dans une population, la méthode consiste à effectuer des dénombrements, en vue d'établir une fréquence, en effectuant le choix de l'incidence ou de la prévalence, et en les utilisant sous la forme d'indicateurs.

## Etapes préalables à l'élaboration d'un indicateur épidémiologique

### *Les dénombrements*

Ces dénombrements doivent être définis sous les deux aspects indispensables à leur réalisation :

1. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, Laboratoire d'épidémiologie et de gestion de la santé animale, 94704 Maisons-Alfort cedex, France.

2. Centre d'études vétérinaires et alimentaires, Direction générale, 94700 Maisons-Alfort Cedex, France.

- définition du "cas" : définition qualitative précise de ce que l'on veut dénombrer : cas clinique ; test expérimental (et son résultat) ; autre information ;

- définition de l'unité statistique : animal, cheptel, lot. Ce point a des répercussions essentielles sur la quantification du phénomène mesuré.

#### Déterminer une fréquence

On doit distinguer la fréquence absolue (nombre d'événements par intervalle de temps), et la fréquence relative (fréquence précédente divisée par le nombre d'occurrences possibles).

#### Détermination de l'effet du temps sur les dénombrements

L'intervention du temps dans les dénombrements conduit à distinguer deux types d'événements : les états à un moment donné ou pendant une période donnée (prévalence) et les changements d'état pendant la période considérée (incidence).

La prévalence est "le nombre total de cas ou de foyers d'une maladie, dans une population déterminée, au cours d'une période donnée ou à un instant donné" (12). Elle intègre à la fois l'apparition de nouveaux cas, et la durée de la maladie, puisque les cas apparus dans la ou les périodes précédentes et qui sont toujours à l'état de cas dans la période considérée sont comptabilisés avec les cas apparus pendant cette dernière période. Elle représente une fréquence globale de la maladie pendant une période déterminée, par exemple la prévalence annuelle. Elle ne renseigne pas sur la dynamique de la maladie, mais elle informe le responsable d'un programme de santé sur l'impact qu'elle a sur la population, et par conséquent sur l'ampleur des moyens à mettre éventuellement en oeuvre pour intervenir sur ces cas.

Par définition, l'incidence est "le nombre de cas ou de foyers nouveaux d'une maladie, dans une population déterminée, au cours d'une période donnée" (12). Elle permet de mesurer l'apparition d'une maladie chez des individus susceptibles (ou à risque) durant une période donnée. C'est elle qui permet de caractériser la forme épidémiologique d'une maladie. Elle joue un rôle déterminant dans les études explicatives.

D'un point de vue pratique, incidence et prévalence ne sont pas déterminées dans les mêmes conditions. Pour estimer la prévalence, on a besoin d'une seule détermination par animal, alors que pour l'incidence, il faut au moins deux mesures, une au début de la période d'observation (pour déterminer les animaux à risque) et d'autres pendant la même période.

L'incidence présente l'inconvénient d'être fortement influencée par les mouvements de sortie de la population (soustraction au risque), et par le fait que les animaux sont exposés au risque pendant des périodes de temps variables (addition d'animaux à risque). Ces difficultés

conduisent à introduire une dimension temporelle à l'incidence et à utiliser la notion d'animaux-temps (ou personnes-temps en épidémiologie humaine)(voir plus loin).

### Les indicateurs : des rapports

#### Définition

Un indicateur (de santé) est une "variable reflétant l'un des aspects de l'état de santé d'une population" (12).

Les étapes précédemment définies ne sont qu'un préliminaire à l'élaboration d'un indicateur (fig. 1). En effet, il faut éliminer les répercussions de différences d'effectifs de populations ; pour cela, les dénombrements sont traités sous forme de rapports, qui constituent finalement les indicateurs.

Le dénominateur détermine la nature de ce rapport : proportion, taux, ratio (figure 1), et par conséquent autant de types d'indicateurs différents. Il n'est pas exagéré de dire que tout le secret d'un indicateur réside dans le choix du bon dénominateur.

INDICATEURS	
Les étapes d'élaboration d'un indicateur	Différents indicateurs
1- Définition du cas à dénombrer	$\text{Proportion} = \frac{n^+}{(n^+ + n^-)}$ (→ pourcentage, %) $\text{Taux} = n^+ / \text{susceptibles soumis au risque et par unité de temps}$ $\text{Ratio} = \frac{a}{b}$
2- Choix de l'unité statistique	
3- Choix de l'intervalle de temps	
4- Incidence ou prévalence	
5- Choix du dénominateur	

Figure 1 : Les étapes de l'élaboration d'un indicateur épidémiologique, et les différents types d'indicateurs épidémiologiques.  $n^+$ ,  $n^-$  = individus présentant ou non (respectivement) le caractère étudié. a, b = effectifs appartenant à des ensembles distincts.

#### Proportion (figure 1)

Une proportion est un "rapport (ou quotient) entre deux grandeurs, dont le numérateur est inclus dans le dénominateur" (12) ; par exemple : la proportion de mâles dans une population.

Une proportion n'a pas de dimension, et ses valeurs sont comprises entre 0 et 1. Elle est souvent exprimée en pourcentage (c'est-à-dire multipliée par cent). C'est le cas de la prévalence. La proportion, le pourcentage sont donc des fréquences relatives.

#### Taux (figure 1)

Au sens large, il s'agit du "nombre d'événements observés par unité de temps, rapporté à la population soumise au risque" (12) ; par exemple : le taux de prévalence

annuelle ; le taux de prévalence instantanée au 31 décembre de l'année.

Il existe un sens restreint, plus adapté aux études portant sur l'incidence, que nous n'exposerons pas ici, car son développement dépasserait les objectifs de cet article (8).

Quelle que soit la conception d'usage, il existe différents taux.

**Taux brut.** C'est le taux le plus simple de la fréquence d'un événement au sein d'une population pendant une période donnée. Il exprime une mesure globale, qui ne tient pas compte des facteurs de variation dans la population. On donne les exemples suivants :

- taux de mortalité = nombre de morts / population soumise au risque (toujours incidence, car les morts sont obligatoirement des cas nouveaux) ;

- taux de morbidité = nombre de malades / population soumise au risque (incidence ou prévalence) ;

- taux de létalité = nombre de morts / nombre de malades (incidence).

**Taux spécifique.** C'est le même, mais dans des sous-populations données ; par exemple par classe d'âge, par sexe, par race, etc.

Un taux spécifique permet d'une part de ne considérer que la population effectivement susceptible ; par exemple le taux d'avortements rapporté aux seules femmes (et non à l'ensemble de la population comportant aussi bien les mâles que les femmes). Il permet d'autre part une mesure plus fine du phénomène, en distinguant des populations qui peuvent avoir un degré de susceptibilité différent ; par exemple le taux de mammites selon le nombre de lactations.

De nombreux autres taux dérivent des précédents, selon l'usage que l'on veut en faire ; par exemple le taux de fécondité, de gestation, etc.

### Ratio

C'est le rapport entre les valeurs de deux variables, du type a/b (fig. 1). Dans un premier sens, il vise à comparer un phénomène dans deux groupes différents : il est constitué du rapport des fréquences de deux classes d'une même variable ; par exemple le sex ratio concernant la variable sexe, qui comporte deux classes, mâle et femelle, est le rapport du nombre de mâles au nombre de femmes.

Dans un deuxième sens, élargi, il permet de rapporter un effectif à une grandeur de dimension différente ; par exemple : nombre de vaches au mètre carré, nombre de porcelets nés par truie et par an. Ce type d'indicateur est précieux dans les situations où l'on est dans l'impossibilité d'estimer la population qui devrait figurer au dénominateur (populations transhumantes) : on rapporte alors les cas à des unités de surface.

## Nécessité d'une standardisation

Une population est le plus souvent hétérogène. Chaque sous-population peut avoir ses mécanismes propres d'atteinte par une maladie, en tout cas pouvant conduire à des taux spécifiques propres à chacune d'elles. Il est tout à fait possible qu'à mécanismes comparables, deux populations différant seulement par leur composition démographique aient des taux bruts (taux d'ensemble de chacune des populations) différents. Le constat d'une différence significative ne ferait que révéler cette différence démographique. Par conséquent, pour pouvoir comparer les deux populations sur le plan du phénomène épidémiologique lui-même, en vue par exemple de suggérer ou bien de tester des hypothèses explicatives, il faut d'abord neutraliser l'effet des écarts dus aux différences démographiques. Cette opération s'appelle la standardisation, elle permet d'obtenir des effectifs et des taux standardisés, c'est-à-dire comparables par rapport à un critère donné (le plus souvent d'ordre démographique) dont on a gommé les répercussions sur les indicateurs bruts.

## Comment récolter l'information ?

La récolte de toute information épidémiologique qui permettra de calculer l'indicateur approprié nécessite la succession de différentes étapes, que l'on peut représenter comme une chaîne, constituée de trois maillons : échantillon / mesure / traitement des données (figure 2). La qualité de la chaîne d'observation épidémiologique est celle du maillon le plus faible.

## Sélection des échantillons

Les échantillons sélectionnés doivent être représentatifs de ce qu'ils sont supposés représenter : tout ou partie de la population dont ils sont extraits. Un échantillon est dit représentatif d'une population plus vaste, lorsque à partir

Etapes de la méthode	Qualité (conception, exécution)
1) <b>SELECTIONS des ECHANTILLONS</b>	<b>Représentativité</b> <b>Précision</b>
2) <b>MESURES / INVESTIGATIONS</b>	<b>Fidélité de la mesure</b>
3) <b>TRAITEMENT STATISTIQUE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Présentation des données</li> <li>* Estimation</li> <li>* Comparaison</li> <li>* Extrapolation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* "Règles de statistique descriptive"</li> <li>* Intervalle de confiance</li> <li>* Comparabilité des populations (Standardisation)</li> <li>* Signification statistique</li> <li>* Fidélité de l'indicateur</li> </ul>

Figure 2 : Les qualités des trois maillons de la chaîne d'observation épidémiologique (au plan de la conception et de l'exécution).

de lui on peut décrire cette population, non seulement dans sa globalité, mais aussi dans sa diversité. Chaque individu de la population mère a une probabilité non nulle de figurer dans l'échantillon.

Toutefois, l'échantillon n'est jamais la réduction exacte de la population dont il est tiré, comme si une partie de l'information à collecter se trouvait perdue par la procédure d'échantillonnage. En effet, si l'on répète plusieurs fois la même procédure d'échantillonnage, consistant par exemple à tirer 10 animaux d'une ferme comprenant 10 animaux infectés et 90 indemnes, les différents échantillons obtenus seront différents, et avec un nombre variable d'animaux infectés, alors qu'ils proviennent d'un seul et unique ensemble. Cette diversité résulte de ce que l'on appelle la fluctuation, ou l'erreur, d'échantillonnage.

L'erreur d'échantillonnage est d'autant plus forte que la population est hétérogène, et d'autant plus faible que la taille de l'échantillon est importante. Le choix de la méthode de sondage (sondage simple, avec stratification, en grappe, etc.) permet soit pour une taille donnée de l'échantillon de limiter l'erreur d'échantillonnage, soit pour une erreur d'échantillonnage admise ou consentie de réduire les coûts de l'enquête en diminuant la taille de l'échantillon.

Par conséquent, il faut clairement définir la population à laquelle on souhaite extrapoler les résultats du sondage, pour effectuer la sélection de façon adaptée ; par exemple : tous les éleveurs, ou seulement les élevages laitiers, ou les élevages inscrits, ou les plus performants... A défaut, le résultat obtenu pourra être inexact, c'est-à-dire ne pas refléter l'état réel de la population que l'on désirait étudier, mais celui de l'échantillon qu'en pratique les circonstances ont permis d'observer.

Une telle erreur de sélection de l'échantillon par rapport à la population générale à laquelle on désire extrapoler constitue un biais de sélection. Le biais de sélection le plus courant consiste à laisser les individus libres d'entrer ou de ne pas entrer dans l'échantillon : leur motivation (positive ou négative) pour être inclus dans l'échantillon peut être en relation avec le phénomène étudié ; par exemple : sondage sur la fréquence des cheptels infectés d'une maladie faisant appel au volontariat.

Certains pensent que la grande taille d'un échantillon est susceptible de compenser un biais de sélection éventuel, et que, par conséquent, la qualité d'une étude (sous-entendu sa représentativité) serait directement dépendante de la taille de l'échantillon. L'exemple des résultats de consultation électorale publiés progressivement, en fonction de leur disponibilité démontre aisément le contraire : ces résultats portent sur des millions d'électeurs et peuvent fournir une estimation biaisée, et par conséquent différente de l'estimation réalisée sur un

échantillon restreint de 1 500 individus soigneusement sélectionnés... (autrement dit, le nombre ne fait pas la qualité de représentativité d'un échantillon).

Le nombre conditionne la précision d'un résultat : plus l'échantillon est grand, plus l'intervalle de confiance est réduit. Il faut bien distinguer cette qualité de l'exactitude, qui dépend de la représentativité, et donc du mode de sélection de l'échantillon (fig. 3).

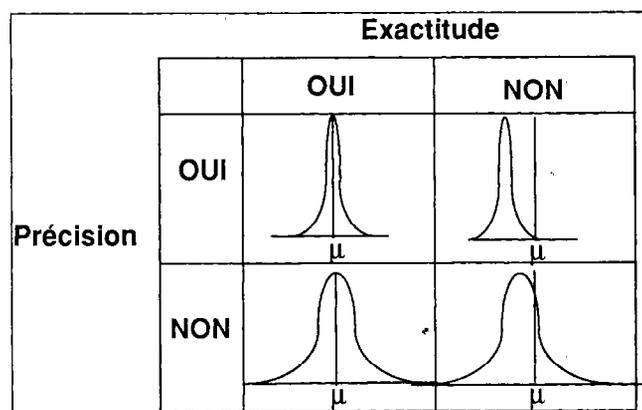


Figure 3 : Relations entre exactitude et précision. L'exactitude résulte de la représentativité de l'échantillon. La précision dépend de la taille de l'échantillon, voire de la stratégie d'échantillonnage (stratification, par exemple).

### Mesure ou investigation.

L'information nécessaire aux dénombrements est obtenue par diverses catégories d'observation : prélèvement, questionnaire, mesures variées, etc. Ces différentes observations, quelle qu'en soit la nature, sont des mesures, au sens épidémiologique. Il est capital de se soucier de la qualité de la mesure, qui dépend de plusieurs composantes (1).

### Performances

Cette qualité dépend tout d'abord de la qualité de la méthode. Celle-ci dépend, d'une part de ses performances intrinsèques : la sensibilité (probabilité de détection d'un individu réellement affecté) et la spécificité (probabilité de résultat négatif pour un individu réellement non affecté). Elle résulte, d'autre part, de l'effet de la prévalence qui conditionne la probabilité qu'un résultat positif corresponde à un individu réellement atteint de la maladie étudiée (valeur prédictive d'un résultat positif), ou inversement la probabilité qu'un résultat négatif corresponde à un individu réellement indemne de la maladie étudiée (valeur prédictive d'un résultat négatif). Elle affecte la valeur de la prévalence, qui n'est connue que par la fréquence de résultats positifs, dénommée prévalence apparente.

Pour une méthode de qualités connues à l'échelon de l'individu, les performances peuvent être très différentes lorsqu'elle est utilisée en prenant comme unité des cheptels, bien que le test soit appliqué aux animaux : c'est le cas des prophylaxies classiques, comme la tuberculose ou la brucellose pour lesquelles les cheptels font l'objet d'un contrôle de leur état sanitaire à l'aide d'un test réalisé sur tous les animaux des cheptels. Du point de vue de la sensibilité, c'est-à-dire pour détecter un cheptel réellement atteint, il faut et il suffit qu'un seul animal fournisse un résultat positif ; s'agissant de maladies affectant le plus souvent plusieurs animaux dans le troupeau, les éventuelles défaillances de certains animaux sont compensées par le nombre des autres : en définitive, la sensibilité cheptel est toujours très supérieure à la sensibilité individuelle.

On peut prendre l'exemple suivant : pour une sensibilité de 0,90 (très moyenne), la probabilité de ne pas détecter un troupeau comportant un seul animal infecté est de 0,1 ; pour un troupeau comportant deux animaux infectés, elle est de  $0,1 \times 0,1 = 0,01$  et pour trois animaux, elle est de 1 pour 1 000, soit une quasi-certitude de détection.

Inversement, en ce qui concerne la spécificité, il faut obligatoirement que tous les animaux du cheptel fournissent un résultat négatif : cette fois le nombre fait en sorte que la probabilité de résultat faussement positif est plus élevée dans un cheptel indemne que pour un animal indemne.

Par exemple, pour une spécificité de 0,99 (excellente), la probabilité de ne pas détecter un animal donnant un résultat faussement positif est de 0,99, pour deux animaux elle est de  $0,99^2$ , et pour  $n$  animaux elle est de  $0,99^n$ . On peut ainsi vérifier que plus le nombre d'animaux augmente, plus le risque ( $= 1 - 0,99^n$ ) que le cheptel donne un résultat faussement positif augmente : pour 10 animaux, il est de 0,1 pour 40 de 0,33, pour 100 de 0,63, et pour 200 de 0,87.

En résumé, plus le nombre d'animaux testés par cheptel augmente, plus la sensibilité cheptel augmente, la spécificité cheptel diminue, la prévalence apparente augmente et la valeur prédictive négative cheptel augmente (9).

#### *Justesse*

La mesure doit rendre compte avec exactitude du phénomène observé, sans le sous-estimer, ni le surestimer d'une façon systématique. Elle doit être distinguée de la précision (figure 3).

La fréquence de résultats positifs observés est la prévalence apparente ( $P_a$ ). Elle ne doit pas être confondue avec la prévalence réelle ( $P_r$ ), constituée de la fréquence des individus réellement atteints. La formule suivante donne la relation entre prévalence réelle, prévalence apparente, sensibilité ( $S_e$ ) et spécificité ( $S_p$ ) :

$$P_r = \frac{P_a + S_p - 1}{S_e + S_p - 1}$$

Par exemple, pour un test de qualité satisfaisante ( $S_e = S_p = 0,95$ ), et pour une prévalence apparente de 5 p. 100, la prévalence réelle estimée par cette formule est de 1,1 p. 100.

La qualité de la mesure dépend aussi des conditions pratiques (qualité opérationnelle) dans lesquelles cette méthode a été réalisée. En effet, une méthode peut être excellente dans son principe, mais elle peut connaître des variations importantes de la qualité de ses résultats, en fonction de sa fidélité, et de son applicabilité.

#### *Fidélité*

Il faut s'assurer que l'instrument de mesure conserve toutes ses qualités lorsque les mesures sont répétées par un même observateur (répétabilité), ou par plusieurs observateurs (reproductibilité), que ce soit au même moment, ou à divers intervalles de temps.

#### *Applicabilité*

Le protocole doit pouvoir être mis en oeuvre, exécuté sans que les difficultés soient telles, qu'elles conduisent à un pourcentage de refus trop important, qui par conséquent en constitue une évaluation indirecte. L'enquête peut être trop lourde (questionnaire trop long, informations à collecter trop nombreuses ou difficiles à collecter), nécessiter des prélèvements trop nombreux, ou provoquant des conséquences néfastes sur les animaux (douleur, chute de production).

Son acceptabilité par les enquêteurs doit être optimale : la formation des enquêteurs permet d'expliquer le principe, les objectifs de l'enquête ; elle constitue un préalable à l'acceptabilité. Cette acceptabilité concerne aussi les enquêtés, vis-à-vis de l'intrusion d'un enquêteur dans leur vie privée quotidienne : la présentation de l'enquête, de l'enquêteur, le déroulement de l'enquête elle-même (moment judicieusement choisi, questions claires, non ambiguës, etc.) doivent être soigneusement préparés pour éviter de provoquer des réactions adverses de la part de l'enquêté.

#### **Traitement statistique des données**

Le traitement statistique est directement conditionné par la définition des indicateurs, de façon à parvenir aux présentations de résultats souhaités ; par exemple : les présentations de données (tableaux, figures) doivent utiliser les indicateurs et non les données brutes.

Le recours à la statistique permet d'éliminer la subjectivité, d'introduire une rigueur indispensable à la communi-

cation des résultats : tous les résultats doivent être assortis de leur contexte statistique (intervalle de confiance pour les estimations, et jugement "significatif" ou "non significatif" pour les comparaisons).

L'extrapolation des résultats observés sur l'échantillon à la population cible dépend de la fidélité de l'indicateur, en particulier de la qualité de la population qui figure au dénominateur.

La définition d'un indicateur, la conception (et l'exécution) de la chaîne de récolte et traitement d'information nécessaire à son calcul sont bien les caractéristiques fondamentales qui reviennent dans les enquêtes épidémiologiques descriptives.

## LES ENQUETES EN EPIDEMIOLOGIE DESCRIPTIVE

Le choix d'une modalité d'enquête descriptive dépend de l'identification des besoins que l'on peut avoir, et de ce qu'une enquête est susceptible d'apporter (les buts qu'elle peut atteindre).

### Définition des enquêtes d'épidémiologie descriptive

Les études descriptives ont pour "objet de décrire les caractéristiques d'un phénomène de santé dans une population, son évolution dans le temps, sa répartition, son évolution dans l'espace" (11).

Elles répondent aux questions : Qui ? Quand ? Où ? Comment ? Elles ne répondent pas à la question : Pourquoi ? mais elles contribuent au moins à la poser, voire à suggérer des hypothèses de réponse.

Elles concernent aussi bien les phénomènes pathologiques et les facteurs correspondants que les états et les facteurs de santé (application de mesures thérapeutiques, ou programmes de prévention).

### Principe

Elles procèdent par quantification des phénomènes de santé en en déterminant la fréquence selon différentes variables dans les populations, le temps et l'espace. A ce titre, elles font un recours constant à la statistique. Elles ne font que constater des faits. Elles dressent un portrait du phénomène (maladie, ou phénomène de santé quel qu'il soit), ou une série de portraits dans le temps. Ceux-ci peuvent être utilisés pour différentes finalités.

### Les besoins visés par les enquêtes d'épidémiologie descriptive

Pour mieux appréhender les enquêtes d'épidémiologie descriptive, il est préférable de commencer par en connaître les finalités, c'est-à-dire qu'une fois le résultat de l'enquête descriptive obtenu, à quoi celui-ci servira-t-il ?

L'information produite par l'épidémiologie descriptive aide à connaître la situation ; elle constitue un outil indispensable dans la prise de décision et dans la planification des mesures sanitaires à entreprendre dans une population donnée. Elle contribue aussi à la formulation d'hypothèses explicatives, qui seront soumises à l'épreuve des faits grâce à des enquêtes analytiques ou à des expérimentations.

Par la connaissance de la situation, l'épidémiologie intervient à différents niveaux de décision dans la conception, la planification, et la gestion de programmes de santé. On donne les exemples suivants :

- définition de priorités d'actions à entreprendre entre différentes maladies constatées sur le terrain ;

- décision du type de prophylaxie, médicale ou sanitaire à appliquer : opportunité de vaccination contre la maladie d'Aujeszky en fonction de la situation sanitaire, dans quels cheptels vacciner, et quels animaux ?

- décisions concernant le pilotage d'un programme de lutte, par exemple contre la tuberculose bovine : 1) repérage des cheptels exposés à un risque particulier, pour y mener une intervention personnalisée ; 2) indication du changement de rythme de tuberculination (actuellement, en France, le rythme est de 1 à 4 ans selon la situation sanitaire) ; 3) identification de la cause de persistance de la tuberculose la plus fréquente dans un département, afin d'en déduire les actions prioritaires ;

- décisions résultant de l'évaluation d'un programme de lutte : les objectifs définis ont-ils été atteints ? Les dépenses consenties ont-elles été convenablement investies ? Le rapport entre les coûts supportés et les résultats est-il conforme aux prévisions ? Est-il acceptable ?

En ce qui concerne l'aide à la formulation d'hypothèses explicatives, l'épidémiologie descriptive intervient à différents niveaux.

Quand une nouvelle maladie survient, il faut commencer par la décrire ; par exemple :

- l'encéphalose hépatique équine qui a sévi dans l'Ouest de la France en 1992 atteint plus particulièrement les juments suitées de 13 ans d'âge en moyenne ;

- de nombreuses erreurs par excès ont été constatées dans le dépistage sérologique de la brucellose bovine en France au cours des campagnes 1990 - 1991 et 1991 - 1992 : elles concernent principalement les élevages à

viande, et ne comportent dans 90 p. 100 des cas qu'un seul animal réagissant.

Il faut ensuite caractériser les phénomènes de manière à pouvoir formuler des hypothèses explicatives ; par exemple :

- 1. l'encéphalose hépatique équine n'est pas de nature infectieuse en raison des caractéristiques de distribution des cas (d'allure non contagieuse) ; elle serait plutôt de nature nutritionnelle ou toxique : dans un lot où une jument fut atteinte, les juments suitées étaient exclusivement à l'herbage, tandis que dans un autre lot de même moyenne d'âge indemne, les juments, également suitées, étaient nourries le soir avec un complément abondant en céréales ;

- 2. la répartition des réactions sérologiques atypiques dans le dépistage de la brucellose bovine est incompatible avec une infection par *Brucella* ; en revanche, les premières tentatives d'isolement menées à partir de bouses ont permis de mettre en évidence *Yersinia*.

## But des enquêtes d'épidémiologie descriptive

Le but de l'épidémiologie descriptive est de quantifier, afin d'évaluer la "grandeur" d'un phénomène, sa taille : à dessein, nous n'utilisons pas le mot "importance" qui est très ambigu, car il peut aussi contenir (ou non) tout ce qui concerne les conséquences, en particulier économiques des maladies (dont la mesure fait également partie de l'épidémiologie). Cette quantification, et c'est une des particularités de l'épidémiologie, est rapportée aux populations, au temps et à l'espace.

## Distribution des phénomènes de santé dans les populations, le temps et l'espace

Pour répondre à la question "comment procède l'épidémiologie descriptive pour décrire un phénomène de santé dans une population ?" on supposera que toute l'information, toutes les données nécessaires sont présentes : la récolte des informations est envisagée plus loin. La seule question qui demeure par conséquent est de savoir quels sont les résultats auxquels aboutit cette description.

### Description dans les populations

A l'aide d'indicateurs appropriés comme le "taux de morbidité" ou le "taux de mortalité", on décrit le phénomène dans une population, en déterminant la valeur de ces indicateurs dans les sous-populations constituées en fonction de caractéristiques de sexe, âge, type d'élevage ou de production, etc.

### Répartition et évolution dans le temps

On peut procéder à la représentation de la dynamique d'un phénomène pathologique dans le temps : on peut ainsi en apprécier l'accélération, ou au contraire le ralentissement, ou encore en constater la stagnation. Les variations, si elles existent, peuvent être saisonnières, annuelles, cycliques.

On peut aussi suivre, en fonction du temps, l'importance ou les répercussions d'un phénomène de santé ou des mesures d'intervention correspondantes. Cette information intéresse davantage le gestionnaire, et lui permet, par exemple, d'évaluer les ressources à mobiliser pour l'intervention.

### Distribution et évolution dans l'espace

La distribution dans l'espace est étudiée à l'aide de cartes, selon différents modes de représentation (points, codes de densité sous forme d'intensité de couleur par exemple, limites d'extension). Combinée avec le temps, elle permet de suivre la propagation.

## Méthodes d'enquêtes descriptives

### Les différents types d'enquêtes

On distingue deux types d'enquêtes d'épidémiologie descriptive.

#### Enquête transversale

Une enquête transversale permet de décrire des phénomènes de santé dans une population sur une période de temps très court ; par exemple : l'étude de la fréquence de la fasciolose dans une région donnée menée sur une période de quinze jours, considérés pour cette enquête comme nécessaires à l'évaluation de la proportion d'animaux atteints. Ce type d'étude convient à la mesure des états, c'est-à-dire de la prévalence.

#### Enquête longitudinale

Une enquête longitudinale permet de suivre pendant une longue période un phénomène de santé dans un ou plusieurs groupes par des observations périodiques ; par exemple l'étude de la conversion sérologique vis-à-vis de la leucose bovine enzootique dans 50 troupeaux contrôlés tous les mois pendant 3 ans.

Ce type d'étude est nécessaire pour la mesure des changements d'état, c'est-à-dire de l'incidence. Il suppose impérativement de répéter les observations sur les mêmes individus, afin d'être en mesure d'observer le changement d'état. Il réclame des moyens bien plus importants qu'une étude transversale.

Le type de la population qui fait l'objet de l'enquête conditionne aussi le type d'enquête. Si la population est stable, une enquête transversale peut convenir. Si la population est dynamique, soumise à un renouvellement important, le type longitudinal est beaucoup plus adapté.

### Les méthodes de sélection des échantillons

L'échantillon doit être représentatif de la population étudiée. Le biais de sélection constitue le défaut dont il faut préserver l'enquête. L'échantillon constitué de façon spontanée, au gré du déterminisme des individus (à tort qualifié de "hasard") est la plus mauvaise des procédures. On va voir les différentes modalités et leurs qualités.

#### *Echantillon empirique*

On fixe par avance un nombre de sujets nécessaires par catégorie. Toutes les catégories retenues devront être couvertes par l'échantillonnage, à concurrence du nombre préalablement fixé.

Cette méthode peut être très élaborée, et reposer sur une série de règles précises : il s'agit alors d'un échantillon raisonné. Les multiples sondages réalisés actuellement en sont la meilleure illustration. La démarche consiste à imaginer quelle est la constitution d'un échantillon idéal pour être représentatif, puis à choisir les sujets en conséquence. La question est de savoir comment choisir les individus, ce qui relève du savoir faire des organismes de sondage. A défaut de cette maîtrise, cette modalité d'échantillonnage ne peut être recommandée pour les enquêtes épidémiologiques.

#### *Echantillon aléatoire*

Un échantillon aléatoire est un "échantillon défini par un tirage aléatoire (tirage au sort) et dans lequel tous les individus ou toutes les unités ont une certaine probabilité, connue, d'être tirés"(12).

Cette méthode nécessite l'utilisation d'une liste de tous les individus de la population (base de sondage), et le recours à une procédure de sélection aléatoire (table de nombres au hasard, fonction aléatoire d'un ordinateur). Par son principe, elle garantit la qualité de représentativité.

Dans l'échantillon aléatoire simple "chaque individu de la population a la même probabilité d'être tiré" (12). En pratique, il ne donne qu'une image grossière, valable à l'échelon de l'ensemble de la population, dont il donne une valeur moyenne. Si l'on souhaite une image plus fine, par exemple selon différentes catégories d'individus, ou selon la distribution dans l'espace, il faut alors mobiliser des moyens considérables pour satisfaire ce besoin.

Les méthodes de stratification, et de sondage en grappe, permettent d'optimiser le résultat en fonction de res-

sources disponibles, pour une précision souhaitée. On le verra plus loin.

#### *Echantillon pseudo-aléatoire*

Le recours au tirage au sort peut être incompatible avec les contraintes pratiques ; par exemple, on ne peut demander un tel tirage au sort sur une chaîne d'abattage. La base de sondage peut aussi ne pas exister. On détermine alors une règle, qui déterminera le choix des sujets inclus dans l'échantillon, et qui doit être indépendante du phénomène étudié.

On peut procéder à un tirage systématique ; par exemple, on décide de prendre un individu sur 10 (ou toute autre nombre) sur un ensemble accessible, et qu'il sera malgré tout possible de classer, même d'une façon sommaire.

Dans une population d'animaux sauvages, dont la structure démographique est connue, on considère que chaque individu a une certaine probabilité d'être capturé, liée à la cohorte à laquelle il appartient.

Il faut éviter une règle qui puisse épouser le rythme cyclique du phénomène étudié. Par exemple, dans un abattoir, choisir un jour par semaine n'est pas une bonne solution, car les arrivages ne sont pas comparables selon les jours de la semaine.

Il faut éviter aussi de constituer des sous-groupes qui pourraient être redondants avec des groupes épidémiologiques ; par exemple en prenant les 5 ou 10 individus survenant à tel moment, on peut de ce fait sélectionner un ensemble provenant d'un même élevage.

#### *Echantillon aléatoire stratifié*

Cet échantillon est "réalisé par tirage aléatoire au sein de strates préalablement définies dans la population" (12). Une strate est un sous-ensemble d'une population, plus homogène au regard d'un caractère donné.

On sait, par exemple, que le taux d'élevages infectés dépend de leur taille ; mais, la démographie de ces élevages est telle que si l'on réalise un échantillonnage aléatoire simple, certaines catégories ne seront pas suffisamment représentées dans l'échantillon pour que l'estimation ait une précision satisfaisante. Il peut être nécessaire de sur-représenter certaines, ou d'en sous-représenter d'autres : c'est le principe de la stratification, qui vise à obtenir une meilleure précision d'ensemble, tout en réduisant le nombre de sujets nécessaires. De plus, l'information fournie pour chaque strate est de meilleure qualité.

#### *Echantillon aléatoire en grappes*

Les échantillons aléatoires précédents rencontrent des obstacles pratiques qui peuvent être insurmontables : il faut pouvoir accéder à chaque individu sélectionné à partir de la base de sondage, ce qui peut demander des

efforts considérables, en particulier des déplacements coûteux en temps et en argent. Ces inconvénients sont résolus lorsque les individus sont regroupés en unités collectives, comme des logements, des villages, ou encore une clientèle vétérinaire.

L'échantillonnage consiste à tirer au sort un échantillon de ces unités collectives, et à étudier tous les individus qui y sont contenus, d'où le terme de "grappe".

Pour que ce type de sondage soit efficace, il faut que les grappes soient relativement homogènes entre elles, mais qu'elles couvrent une large dispersion des valeurs pour chacune d'elles : ainsi, malgré un faible nombre de grappes tirées, l'image sera représentative de la population.

Inversement, si les grappes sont très différentes entre elles, par exemple parce qu'il existe des zones atteintes, et d'autres non atteintes, alors que la variabilité à l'intérieur de ces grappes est faible, le processus de tirage des grappes peut fournir une mauvaise image de la population.

#### *Echantillon aléatoire à plusieurs degrés*

Un échantillon à plusieurs degrés résulte d'un échantillonnage réalisé en plusieurs étapes.

Les unités de sondage sont organisées en différents niveaux hiérarchiques : par exemple, les individus sont regroupés en élevages, eux-mêmes regroupés en villages. La procédure de sélection consiste à tirer au sort un nombre donné d'unités correspondant à chacun des niveaux : un certain nombre de villages, dans lesquels on sélectionne un certain nombre d'élevages, dans lesquels on sélectionne un certain nombre d'individus.

Les unités de la première étape sont encore appelées "unités primaires", celles de la deuxième étape "unités secondaires", et ainsi de suite. Le tirage des unités primaires est le premier degré de l'échantillonnage, celui des unités secondaires le deuxième degré, etc.

Cette méthode réunit les avantages du sondage en grappes, qui permet la concentration des moyens. On n'a besoin que de la liste des unités de sondages soumise au tirage, et non de tous les individus.

L'avantage de ce type de sondage provient de l'économie réalisée dans les grappes, qui en permettant d'étudier un plus grand nombre de grappes, conduit à espérer une meilleure précision, afin de compenser une diversité éventuelle entre les grappes qui pourrait être trop grande.

#### **Nombre de sujets nécessaire**

On n'évoquera que brièvement le principe de la détermination du nombre de sujets nécessaire sur l'exemple de l'échantillon aléatoire simple, en renvoyant à des articles spécialisés pour les autres modalités d'échantillonnage,

dont certaines peuvent nécessiter l'aide d'un statisticien confirmé (4, 5, 6).

On veut estimer un pourcentage, avec un intervalle de confiance donné. Le nombre de sujets nécessaire dépend de la taille de la population dont l'échantillon provient, de la valeur de la prévalence à estimer, et la précision souhaitée.

Plus le pourcentage à estimer est petit, plus le nombre de sujets nécessaire est élevé. Il faut par conséquent en faire l'hypothèse préalable, sur la base d'informations disponibles avant l'enquête. Si le pourcentage trouvé est plus élevé, la précision obtenue est supérieure à celle qui était souhaitée, et on a dépensé des moyens de façon inutile. Si le pourcentage est inférieur à la valeur théorique, la précision est moindre : il reste à vérifier si elle est encore compatible avec les décisions qui doivent en résulter.

L'intervalle de confiance, ou la précision, est à déterminer en fonction de considérations pratiques, de l'usage qui sera fait de l'information ainsi produite. Par exemple, on peut être amené à choisir entre deux stratégies de lutte (sanitaire ou médicale) en fonction de seuils d'infection, qu'il importe de pouvoir nettement distinguer, grâce à une précision suffisante. Ou bien, on peut avoir besoin d'estimer l'importance de moyens à mettre en oeuvre : ce sont alors les contraintes liées à ces moyens qui détermineront la précision nécessaire.

Cette précision peut être rapportée à la valeur de la prévalence cherchée, sous forme d'une précision relative, qui facilite considérablement la détermination du nombre nécessaire, par la simple consultation de tableaux, ou d'abaques (4). Ainsi, une précision absolue de 5 p. 100, n'a pas les mêmes répercussions sur la précision d'un pourcentage à estimer qui serait soit de 50 p. 100, soit de 10 p. 100. Dans le premier cas, la précision relative est de 10 p. 100, tandis que dans le deuxième elle est de 50 p. 100.

Les modalités d'évaluation de ces enquêtes seront étudiées dans la partie "Discussion".

## **LES ENQUETES EN EPIDEMIOLOGIE ANALYTIQUE**

### **Définition**

Les enquêtes analytiques ont pour objectif de "déterminer le rôle d'un ou de plusieurs facteurs dans l'étiologie d'une maladie" (12). Cette partie de l'épidémiologie vise à répondre à la question : "pourquoi ?", à l'aide de démonstrations appropriées. A *minima*, elle contribue aussi à la formulation d'hypothèses, plus fortes que celles de l'épidémiologie descriptive.

## Principe

Le but des enquêtes analytiques est de soumettre des hypothèses préalablement formulées à l'épreuve des faits. Leurs méthodes se basent sur des comparaisons entre des groupes. Ces comparaisons sont accomplies en estimant et en testant le degré d'association entre un facteur supposé causal et son effet (la maladie).

La simple constatation d'une association statistique ne suffit pas : il faut aussi mesurer l'intensité de cette relation, et surtout soumettre la nature de cette relation à l'épreuve des faits : est-elle fortuite, associée en fait à un autre facteur, ou véritablement causale ? Tout l'esprit de cette démarche est d'ordre essentiellement méthodologique.

## Commentaires

Le mot "analytique" est ambigu. On peut en effet procéder à une analyse statistique de données descriptives, sans envisager de but explicatif. Le terme même d'analyse renvoie à un processus de décomposition en éléments qui ne correspond pas à la démarche explicative par modélisation qui est plutôt synthétique. Il serait préférable de lever toute ambiguïté en utilisant le terme d'épidémiologie explicative ou étiologique pour ce qui concerne l'étude des causes.

Les études épidémiologiques à vocation explicative sont riches de deux démarches scientifiques complémentaires, par expérimentation (essais épidémiologiques), et par observation (enquêtes exposés / non-exposés, cas / témoins, et de prévalence), auxquelles nous limiterons notre exposé.

On ne peut tirer de conclusion explicative qu'au travers d'une interprétation qui prend en compte non seulement la qualité du protocole d'observation, mais aussi les conditions propres aux principes de la logique d'inférence par déduction, appliqués à l'épidémiologie. C'est pourquoi, pour plus de facilité dans la présentation, on exposera tout d'abord le principe de l'étude de la relation de cause à effet au travers du modèle fondamental de l'expérimentation. Ensuite, les trois méthodes essentielles, enquêtes cas/ témoins, enquêtes exposés / non-exposés et enquêtes de prévalence seront présentées. A partir de ces trois méthodes de base dérivent une grande diversité de types d'enquêtes. Pour finir, les conditions d'interprétation de ces diverses méthodes, permettant de conclure sur un plan explicatif, seront étudiées.

## Les besoins visés par les enquêtes analytiques

Les enquêtes visent tout d'abord à établir des connaissances permettant de comprendre les mécanismes épidémiologiques des maladies. Leur interprétation n'est

pas toujours facile, et de nombreux exemples de médecine humaine (relation tabac-cancer bronchique) illustrent cette difficulté. En effet, de nombreuses différences autres que le facteur étudié, de surcroît liées au facteur lui-même, permettent de distinguer les populations atteintes et non atteintes ; on ne peut donc avoir la certitude de la responsabilité causale de ce facteur incriminé, à la différence des études expérimentales.

Ces difficultés peuvent conduire à viser des objectifs moins ambitieux, mais plus pragmatiques. Les enquêtes peuvent chercher à mettre en évidence des facteurs permettant de prédire, plutôt que d'expliquer. Les informations correspondantes sont utiles pour sélectionner les populations concernées, afin de prendre les mesures de prévention adaptées.

Enfin, toutes les méthodes utilisées dans la lutte contre les maladies peuvent faire l'objet d'étude : ce sont les études d'intervention, qui à la différence des études d'évaluation ont une structure de type analytique. On peut en distinguer différents niveaux, selon le degré de qualité du contexte de réalisation. Par exemple, l'étude d'une méthode de dépistage sera étudiée tout d'abord dans un laboratoire parfaitement équipé, possédant un standard de qualité d'exécution maximal, en comparaison à une méthode de référence. L'étude peut ensuite être menée dans le contexte des laboratoires qui auront à appliquer la méthode, dans les conditions de la pratique. Pour pouvoir rapporter les différences constatées à la seule méthode et à ses conditions locales d'application, et non à d'autres éléments indépendants appartenant au contexte, la structure de l'étude doit être de type analytique.

## Principe de l'étude de la relation de cause à effet. Les études expérimentales

### Le problème de la cause et de l'effet

Ce n'est qu'*a posteriori* que l'on peut attribuer à tel événement (A) le rôle de cause et à tel autre (B) celui d'effet. Pour y parvenir, on doit vérifier, par l'expérience des faits constatés, un ensemble de vérités logiques :

- A précède B,
- l'association entre A et B est "suffisamment" forte,
- aucun autre événement que A n'est susceptible d'intervenir pour perturber l'étude.

Cette relation, telle qu'elle est présentée, est simpliste. Elle n'envisage le rôle que d'un seul facteur. Elle néglige toutes les possibilités d'association et d'interactions de plusieurs facteurs. Elle permet toutefois d'expliquer plus simplement la problématique de l'étude de la relation de cause à effet. A partir de ce modèle, il est possible de transposer à des modèles plus complexes.

## Le modèle expérimental de Claude Bernard

Les conditions évoquées précédemment sont réunies dans ce prodige logique que constitue le modèle expérimental formalisé par Claude Bernard.

### Principe

Deux lots au moins sont comparés : l'un est soumis (par l'expérimentateur) à une manœuvre expérimentale (A+), l'autre subit exactement les mêmes manœuvres, au facteur étudié près (A-), et sert de témoin (seul le facteur étudié est susceptible d'intervenir). On compare l'apparition de l'effet (B) dans chacun des lots.

Les conditions tenant au protocole (figure 4)

Conditions tenant au protocole	Conditions tenant à la logique du raisonnement scientifique
1/ Formulation préalable d'une hypothèse	1/ Respect du cycle induction - déduction
2/ Maîtrise du facteur étudié	
3/ Comparabilité : initiale finale	2/ Stratégie de réfutation

Figure 4 : Les conditions permettant la conclusion de cause à effet à partir d'une expérimentation.

La formulation préalable d'une hypothèse qui prédit les résultats escomptés est indispensable ; elle permet d'élaborer le protocole, dans ses détails d'observation, mais aussi du point de vue de l'analyse statistique qui sera utilisée pour apprécier la force de la relation.

Les conditions expérimentales doivent permettre de garantir que le facteur A précède effectivement l'apparition de l'effet B, et de maîtriser les facteurs externes qui seraient susceptibles d'interférer sur l'un et/ou l'autre groupes observés.

Le tirage au sort des individus qui seront affectés à chacun des lots, à partir d'une population homogène, apporte une garantie déterminante de leur comparabilité initiale. Les conditions d'entretien et d'observation des sujets d'expérience doivent être totalement comparables pour les lots, de façon à maintenir leur comparabilité jusqu'à la fin de l'expérience.

*Conditions tenant à la logique du raisonnement scientifique*

*Respect du cycle logique d'induction / déduction.* La logique de la connaissance scientifique procède par cycles d'induction des hypothèses par des observations initiales, et de déduction par la mise à l'épreuve des faits de ces mêmes hypothèses par de nouvelles observations. On ne peut, sur un même jeu de données, procéder à ces deux phases. La formulation de l'hypothèse

explicative est donc préalable à l'élaboration du protocole explicatif.

*Respect de la stratégie de réfutation d'hypothèse.* La stratégie d'interprétation scientifique est *a priori* celle de la réfutation, c'est-à-dire du rejet de l'hypothèse soumise à l'épreuve. Ce n'est que par un ensemble de déductions que l'on est conduit à admettre les faits nouveaux. On ne peut donc pas confirmer directement une hypothèse.

Par exemple, l'isolement d'une Salmonelle de même sérotype dans deux élevages possédant des liens épidémiologiques ne permet pas d'affirmer que l'un est à l'origine de la contamination de l'autre. Ils ont pu être tous deux contaminés par une même source extérieure. En revanche, la mise en évidence d'une différence minime, par exemple d'ordre génétique, permettant d'affirmer la non identité des souches est suffisante pour rejeter l'hypothèse d'un lien épidémiologique de contamination entre les deux élevages. Ainsi, les faits permettent d'infirmer une hypothèse, jamais de la confirmer directement. Ce n'est que l'interprétation des résultats qui conduit à admettre sa confirmation comme plausible, dans la limite des possibilités de réfutation.

Cette stratégie de la connaissance scientifique pose de délicats problèmes d'interprétation pour les études épidémiologiques, en raison de leur particularité qui est de ne pas satisfaire l'ensemble des critères précédents.

## Les études d'observation

L'épidémiologie dispose, en complément des études par expérimentation dont on vient de voir le principe, d'études qui ne réunissent pas l'ensemble des composantes du modèle expérimental, en particulier le facteur n'est jamais maîtrisé par l'observateur. C'est pourquoi elles sont qualifiées d'études d'observation, car les événements se déroulent indépendamment de la volonté du chercheur, qui ne peut ni les provoquer, ni en maîtriser le cours, mais seulement les observer. Toutefois, il peut contrôler les conditions de l'observation.

Pour étudier l'association entre un facteur supposé causal (F) et la maladie (M), différents types d'enquêtes sont possibles, se ramenant à 3 modes d'échantillonnage :

- le chercheur détermine les lots selon le facteur, et il observe l'apparition de la maladie, il s'agit des enquêtes exposés / non-exposés ;
- le chercheur détermine les lots selon l'état par rapport à la maladie, et il mesure la fréquence du facteur, ce sont les enquêtes cas / témoins ;
- enfin, le chercheur observe une seule population, dans laquelle les individus se distribuent selon leur état vis-à-vis du facteur et de la maladie, ce sont les enquêtes de prévalence.

**Enquête exposés/non-exposés (fig. 5)**

Au début de l'enquête, l'information concernant le facteur d'exposition étudié est connue sur tous les individus, avant que la maladie n'apparaisse. Deux lots sont ainsi constitués, l'un est spontanément "exposé" au facteur, l'autre non. La population à risque (exposée et non-exposée) est suivie pendant une période de temps donnée. L'enquête exposés / non-exposés permet ainsi de recenser les cas incidents apparus pendant cette période de suivi, chez les exposés et chez les non-exposés.

Ce dispositif ressemble beaucoup à l'essai épidémiologique : il se déroule de manière "prospective" dans le temps, d'où la dénomination aussi d'enquêtes "prospectives" que l'on donne aussi aux enquêtes exposés / non-exposés. Mais il s'en distingue par le fait que l'observateur ne maîtrise pas les conditions d'exposition au facteur causal étudié : les sujets sont spontanément exposés ou non, et l'observateur n'intervient pas dans ce choix ; ce qui veut dire que l'on n'a pas la certitude équivalente à celle des conditions expérimentales en ce qui concerne les modalités d'exposition ou non au facteur, l'intensité, la durée, etc.

La comparabilité peut être recherchée *a priori*, c'est-à-dire avant le début de l'observation, à l'aide d'une procédure d'appariement : on choisit les témoins non-exposés de façon qu'ils ressemblent au mieux aux sujets exposés, par exemple du point de vue du sexe, de l'âge, du type d'élevage, etc. Elle peut aussi être établie *a posteriori*, à l'aide de procédures statistiques appropriées (ajustement), pour autant que les effectifs soient en nombre suffisant. Les difficultés sont d'obtenir un échantillon de sujets exposés qui soient véritablement représentatifs des exposés de la population générale dont ils proviennent, et que les lots restent comparables entre eux.

Cependant, dans le cas d'une maladie rare ou d'une période de latence (délai entre l'exposition et l'apparition de la maladie) trop longue, l'étude prospective nécessite un nombre de sujets trop élevé et des périodes d'observation très longues. Ces deux paramètres sont difficiles à gérer sur le terrain (abandon, vente d'animaux, cessation d'activité, etc.).

La relation est mesurée par le rapport des taux d'incidence (risque) chez les exposés et chez les non-exposés : c'est le risque relatif (RR) (voir fig. 7).

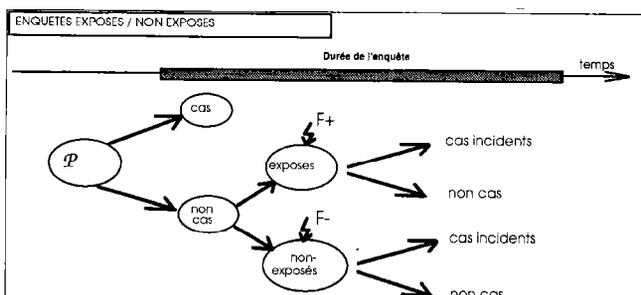


Figure 5 : Enquêtes exposés/non-exposés. P = population de base ; F = facteur étudié.

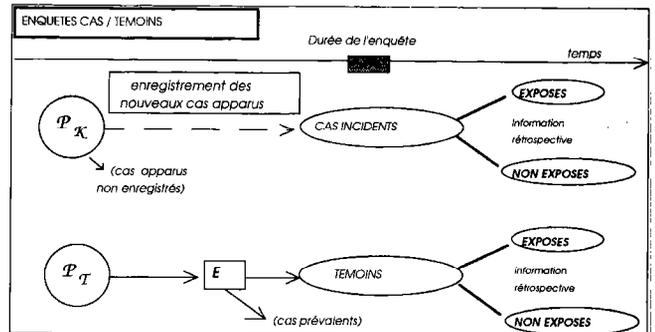


Figure 6 : Enquêtes cas/témoin. P<sub>K</sub> = population à partir de laquelle les nouveaux cas enregistrés sont apparus ; P<sub>T</sub> = population à partir de laquelle on tire les témoins ; E = échantillonnage (les cas prévalents sont exclus).

**Enquête cas / témoins (fig. 6)**

Un lot est constitué de sujets atteints ("cas"), un autre de sujets non malades dénommés "témoins" ou "non-cas". La comparaison est effectuée à l'aide d'informations sur l'exposition antérieure à un ou plusieurs facteurs. Cette information est collectée au moment de l'enquête, alors que les événements ont déjà eu lieu. Cette démarche, qui consiste à remonter dans le temps pour reconstituer les informations, fait aussi qualifier cette catégorie de "rétrospective".

Il faut disposer d'un système de suivi de l'état sanitaire de la population qui permette d'enregistrer les cas incidents, au fur et à mesure de leur apparition. Les témoins sont choisis à partir de la population générale, une fois que tous les cas incidents nécessaires à l'enquête ont été détectés, et après élimination des cas prévalents.

Les deux populations (P<sub>K</sub> et P<sub>T</sub>) ne sont pas systématiquement équivalentes. En effet, le système de recensement des cas peut exclure une catégorie de la population, et le délai entre la détermination des cas et des témoins peut rendre les deux populations non comparables.

Pour pouvoir faire de l'inférence causale, il faut vérifier ou supposer que les non-cas (témoins) tirés de la population (P<sub>T</sub>) sont représentatifs de la population (P<sub>K</sub>) à partir de laquelle les cas se sont développés, c'est-à-dire que les deux populations sont comparables. Afin d'assurer la comparabilité, des techniques d'appariement peuvent être utilisées.

Dans le cas de la listériose humaine, les patients sont appariés avec des témoins, sur des critères par exemple de sexe, âge, catégorie socio-professionnelle, race. Par exemple, pour un cas survenu chez une femme de 32 ans, institutrice, de race blanche, on apparie (au moins) un témoin de même sexe, âgé de 25 à 35 ans, travaillant dans le secteur tertiaire, de même race.

La mesure de l'intensité du lien entre le facteur étudié et la maladie ne peut être effectuée de la même manière que dans les études exposés/ non-exposés, en raison de la différence fondamentale de constitution des populations. Les enquêtes exposés/non-exposés (figure 7) permettent de mesurer l'incidence, en raison de leur caractère prospectif. Les enquêtes cas/témoins (figure 8) sont constituées de manière totalement différente, représentée dans la figure par une orientation perpendiculaire du tableau d'analyse par rapport à celui des enquêtes exposés/non-exposés : on mesure la fréquence d'exposition au facteur étudié. Cette démarche, par nature rétrospective, interdit tout calcul d'incidence : la somme d'effectifs en lignes, nécessaire à ce calcul, n'aurait en effet aucun sens. L'odds ratio, tel qu'il est défini dans le tableau, constitue la mesure recherchée du lien entre les variables. Un odds est le rapport d'une probabilité à son complément ( $p/(1 - p)$ ). L'odds ratio est un rapport de deux odds (12), odds chez les sujets exposés au facteur rapporté à l'odds chez les non-exposés. L'odds ratio mesure l'intensité ou la force liant un facteur de risque à un état pathologique. La liaison est d'autant plus forte que la valeur de l'odds ratio est plus élevée. Dans le cas de maladies rares, il constitue aussi une approximation du risque relatif.

Dans certaines études, il n'existe pas de système de déclaration de la maladie permettant de répertorier les cas incidents. Le recrutement des cas et des non-cas se fait alors à partir de la population générale, et les cas deviendront des cas prévalents.

### Enquête de prévalence

L'échantillon est tiré au sort à partir d'une population cible définie par l'investigateur. Comme le montre la figure 9, dans ce type d'enquête, les cas (malades) appartiennent à la population des cas prévalents. Ce type d'enquête ne prenant pas en compte le temps est aussi qualifié d'enquête transversale.

Après la sélection des animaux ou groupes d'animaux (bandes, élevages, etc.), tous les individus sont examinés ou observés, leur statut d'exposés ou non-exposés est déterminé et d'autres variables sont parfois relevées.

Dans certains cas, l'échantillon n'est pas aléatoire. Il faut noter que sans échantillonnage aléatoire, une étude de prévalence a une valeur très limitée si elle a comme objectif de déduire la fréquence de la maladie ou autres caractéristiques d'une population et présente ainsi de très sérieuses limitations pour faire de l'inférence causale. Elles peuvent malgré tout servir dans une phase de prospection initiale à la proposition d'hypothèses.

Quand la maladie est rare, ce type d'étude reste peu puissant pour détecter d'éventuelles relations entre un facteur et la maladie.

ENQUETES EXPOSES / NON EXPOSES			
	non malades		
	malades	malades	
exposés	a	b	a+b
non exposés	c	d	c+d

Risque exposés = RE+ =  $a / (a+b)$

Risque non exposés = RE- =  $c / (c+d)$

Risque relatif = RE+ / RE-

R.R. =  $(a/(a+b)) / (c/(c+d))$

Figure 7 : Les mesures de l'intensité des relations dans les enquêtes exposés/non-exposés.

ENQUETES CAS / TEMOINS		
	malades = cas	non malades = témoins
Facteur +	a	b
Facteur -	c	d
	a+c	b+d

Odds ratio = O.R. =  $(a/b) / (c/d)$   
=  $ad / bc$

Figure 8 : Les mesures de l'intensité des relations dans les enquêtes cas/témoins.

### Détermination du nombre de sujets nécessaire

Comme dans la partie consacrée aux enquêtes descriptives, nous ne présenterons que le principe de la détermination du nombre de sujets nécessaires.

Le problème se résume à la comparaison de deux pourcentages (P1 et P2) de la maladie chez les exposés et les non-exposés (dans le cas d'une enquête prospective), ou pourcentages d'exposés chez les cas et les témoins (enquête rétrospective). Le test statistique consiste à comparer la différence observée entre les échantillons à la différence maximale qui peut être due au hasard résultant de fluctuations d'échantillonnage (fig. 10). Si la différence observée est supérieure à cette différence théorique, elle est considérée comme significative. Cette interprétation est donnée avec un risque résiduel d'erreur ( $\alpha$ ) que le hasard puisse malgré tout expliquer cette différence. Inversement, si la différence observée est inférieure à la différence théorique, elle est considérée comme non significative ; cette dernière interprétation est donnée avec un autre risque d'erreur ( $\beta$ ) que l'écart en fait ne soit pas dû au hasard, mais bien à une différence substantielle entre les deux populations. Par conséquent, l'aptitude du test à révéler cette différence réelle est sa puissance, dont la valeur est le complément à l'unité de l'erreur  $\beta$ .

Le nombre de sujets nécessaire pour révéler la différence entre ces deux pourcentages dépend donc (11) :

- de l'écart réel (qui à la conception du protocole ne peut qu'être posé en hypothèse) ; plus il est élevé, et plus le nombre de sujets nécessaire est faible ;
- du risque d'erreur  $\alpha$  consenti : plus il est faible, plus le nombre de sujets devra être élevé ;
- de la puissance du test ( $1 - \beta$ ) : plus elle est élevée, plus le nombre de sujets devra être élevé.

### Interprétation d'une relation de cause à effet

L'interprétation des enquêtes épidémiologiques explicatives doit toujours être prudente, en raison de l'absence de maîtrise des conditions d'observation (en particulier du degré d'exposition aux différents facteurs causaux étudiés pour les études d'observation) à la différence des expérimentations. Les conclusions ne peuvent pas être portées directement en termes de relations causales entre les facteurs de risque observés et la maladie. En effet, une association peut être fallacieuse, causale ou non causale.

### L'interprétation causale

Une fois la validité interne établie (voir "Discussion"), on peut envisager d'interpréter les résultats dans le sens

recherché de la relation de cause à effet. Pour pouvoir conclure sur une telle relation, il est admis dans la communauté scientifique qu'il faut et il suffit que les conditions méthodologiques du modèle expérimental soit strictement respectées : les contraintes méthodologiques imposées correspondent en effet à l'ensemble des conditions logiques permettant de conclure sur le plan causal. La discussion porte habituellement sur l'adéquation entre le modèles expérimental et le problème que l'on veut résoudre, et les possibilités de généralisation à partir des observations effectuées.

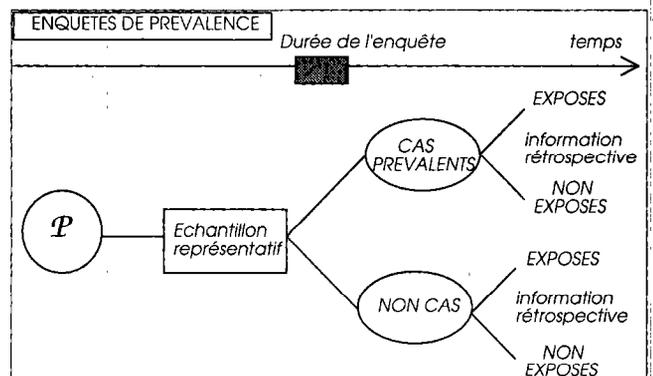


Figure 9 : Enquête de prévalence.

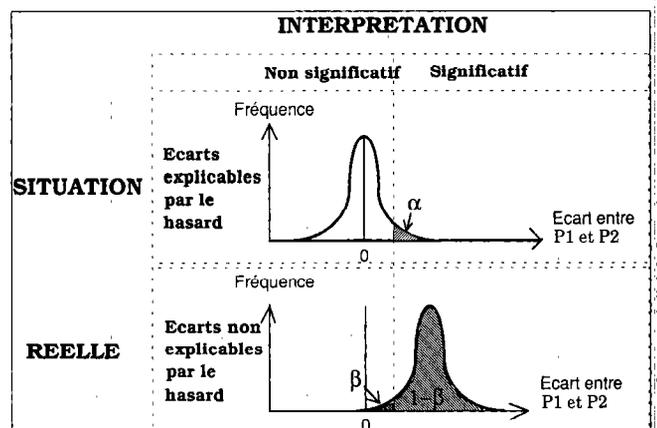


Figure 10 : Comparaison de deux pourcentages : les risques d'erreur dans l'interprétation des résultats du test statistique, en fonction de la situation réelle.

Quand les écarts sont explicables par le hasard des fluctuations d'échantillonnage, les écarts entre les pourcentages P1 et P2 sont distribués normalement autour d'une moyenne nulle. Si un écart observé est suffisamment différent de 0, le résultat du test est considéré "significatif". Dans le cas où les écarts sont dus au hasard, cette interprétation est donnée avec un risque d'erreur  $\alpha$ . Dans le cas où les écarts ne sont pas dus au hasard, l'interprétation "résultat non significatif" est donnée avec un risque d'erreur inverse ( $\beta$ ) ; l'aptitude d'un test à donner la bonne interprétation est sa puissance ( $1-\beta$ ).

En épidémiologie, par principe, les conditions intrinsèques du modèle expérimental sont mal, voire pas du tout, respectées, au moins pour certaines d'entre elles. L'épidémiologiste doit par conséquent apprendre à gérer par lui-même les conditions logiques permettant une conclusion de cause à effet : les différentes propositions de telles règles, que nous allons évoquer, révèlent la simplicité et l'extrême efficacité du modèle expérimental.

On retiendra ici les "critères" proposés par HILL (1965, *in* (7)).

*La séquence dans le temps : la cause précède l'effet*

Cela peut paraître une évidence. Mais il n'est pas toujours facile de pouvoir garantir que le facteur étudié précède effectivement l'apparition de la maladie. Par exemple, il faut tenir compte du délai de latence, il faut pouvoir dater les événements. Une simple réaction sérologique positive peut ne pas être suffisante, en raison de la durée de persistance des anticorps (toute la vie de l'individu pour certaines).

*La force de l'association statistique : cause et effet sont fortement corrélés*

La force ne veut pas dire degré de significativité, mais renvoie à l'intensité du lien entre les variables, risque relatif et odds ratio selon le cas, qui eux doivent avoir une valeur significative.

*L'essai randomisé : les conditions d'observation doivent exclure les biais*

Ce critère constitue la reconnaissance la plus claire des limites des études d'observation. Mais il est vrai que la randomisation constitue un moyen de garantir la comparabilité au moins initiale des lots à comparer.

*La reproductibilité des résultats sur d'autres échantillons : on doit aboutir aux mêmes conclusions*

Ce critère est très général, mais il a d'autant plus d'importance en épidémiologie que les sujets observés ne sont pas homogènes : les résultats peuvent être particuliers à la population observée, et ne pas être extrapolables à d'autres populations.

*Le gradient biologique*

L'existence d'une relation dose-effet constitue un bon indicateur de la solidité des conclusions.

*La plausibilité et la cohérence des observations*

Les conclusions doivent être en accord avec les connaissances antérieures, ou les modèles (à moins que l'on ne cherche à en démontrer un nouveau), ou les théories.

Les dogmes, en revanche, sont faits pour être soumis à la critique scientifique aussi souvent que possible, pour autant que l'on soit capable de les identifier parmi l'ensemble de connaissances scientifiques communément admises. Ce critère est très conservateur, mais il est robuste : une connaissance nouvelle a moins de risque d'être artefactuelle si elle ne remet pas en cause les fondements de la connaissance (l'exemple de la mémoire de l'eau de BENVENISTE est encore dans nos mémoires (3)).

Les éléments précédents du raisonnement causal ne font que permettre d'apprécier la validité de la réponse que constituent les résultats de l'étude à la question posée au travers du protocole, le problème à résoudre étant celui de la validité de l'hypothèse à tester.

## DISCUSSION

La présentation des méthodes serait incomplète sans l'évocation de la stratégie de choix entre les différentes modalités d'enquête, et de l'évaluation de la validité des résultats.

### Choix stratégiques dans les enquêtes épidémiologiques

#### Descriptif, explicatif ?

L'exposé précédent a opposé les enquêtes descriptives et analytiques. Cette distinction est effectivement importante du point de vue de la satisfaction des critères de qualité correspondant : représentativité pour les enquêtes descriptives, et comparabilité, contrôle des tiers facteurs pour les enquêtes analytiques. Les buts visés sont très différents.

Mais, en pratique, les besoins sont souvent complexes, et peuvent emprunter à la fois à l'un et à l'autre domaine. Comment les concilier, tout en préservant ce qu'il est indispensable de rigueur pour ne pas aboutir à des résultats sans aucune valeur ?

Il faut reconnaître que la présentation faite a volontairement simplifié, pour les besoins de la clarté, ce qui en pratique est beaucoup plus nuancé.

Ainsi, sur la base d'un jeu de données purement descriptives, il n'est pas interdit d'utiliser des méthodes de type analytique, et ainsi de dépasser les buts descriptifs, en vue de proposer des hypothèses explicatives. Celles-ci auront une bien meilleure validité que si l'on s'était borné à la simple constatation d'associations. Mais, ces constatations ne seront que des hypothèses, et c'est bien là la frontière avec le domaine explicatif véritable, qui lui commence après la formulation de l'hypothèse.

D'un point de vue réaliste, encore une fois, force est aussi d'admettre que les contraintes de terrain peuvent être telles que même un protocole proprement analytique peut voir sa valeur considérablement altérée, au point que la force des conclusions peut être du même ordre que celles provenant d'une étude descriptive, dont on aurait exploité les données dans un sens analytique. Que vaut un tel protocole, si les tiers facteurs ne peuvent être contrôlés, si l'antériorité du facteur étudié sur l'effet n'est pas vérifiée, ou si les conditions de comparabilité des lots ne sont pas satisfaites ?

En définitive, la démarche scientifique d'explication suppose dans son essence principale une remise en jeu des hypothèses par un apport de nouveaux faits. Ceux-ci peuvent provenir de différents types de protocole, qu'il soit expérimental, analytique, ou autre. L'exemple de salmonellose commune à deux élevages, a montré que des constatations descriptives peuvent permettre de rejeter une hypothèse explicative.

Autrement dit, mieux vaut réaliser de bonnes études descriptives dont les résultats seront exploitables, et mieux vaut en associer, en combiner plusieurs selon une stratégie de raisonnement bien construite, que de mener de mauvaises études analytiques qui ne permettraient aucune conclusion.

On vient, en quelque sorte, de caractériser les particularités méthodologiques d'un grand nombre d'études épidémiologiques qui ont été dénommées "écopathologiques". Celles-ci visent à étudier la pathologie dans ses rapports avec le milieu, par exemple, l'infécondité de la vache laitière, en fonction de l'alimentation, de la conduite d'élevage, etc., dans une approche systémique.

Bien souvent, les protocoles écopathologiques ne peuvent être clairement rattachés à l'un des types développés dans cet article, au point qu'il a semblé nécessaire à certains de créer un domaine à part, pour justifier cette originalité. En effet, des biais initiaux importants obèrent souvent toute velléité de représentativité, car le recrutement des propriétaires dépend de leur bonne motivation. De même, les lots à comparer sont constitués spontanément pour les mêmes raisons, et la comparabilité doit être assurée *a posteriori*, ce qui nécessite de grands effectifs. Les méthodes statistiques utilisées pendant longtemps étaient seulement descriptives.

Malgré ces limites, ces enquêtes ont contribué à la connaissance de différentes maladies. En effet, elles consistent en la succession de campagnes d'enquêtes, en partant d'un état de prospection en quête d'hypothèse, pour éprouver ces hypothèses par de nouveaux jeux de données sur des échantillons plus importants. Elles peuvent aussi les soumettre à l'épreuve des faits, par la mise en oeuvre de mesures de lutte adaptées à chaque cas d'élevages, sur la base des prédictions résultant du traitement statistique des observations précédentes. Même si des modalités pratiques différentes ont pu être décrites selon les équipes, dans leur ensemble, elles res-

pectent le principe fondamental du cycle induction-déduction, qui est une des bases essentielles du raisonnement scientifique.

Il faut toutefois souligner qu'elles demeurent dans un domaine résolument pragmatique, et qu'à défaut de pouvoir respecter les critères de qualité nécessaires, elles ne peuvent pas être considérées comme des études de méthodologie explicative au sens strict. On n'ira pas plus loin dans ce débat d'une brûlante actualité internationale, puisque régulièrement des congrès abordent cette question épistémologique du rapport entre l'explication et la décision (10).

Au total, le choix entre descriptif et explicatif dépend de la balance entre les besoins (quelle information est nécessaire pour quelles décisions), et les ressources, au sens le plus large. De plus, il faut aussi tenir compte du fait que la description n'est jamais suffisante ou trop riche, et que sur sa base, il est possible de prendre quantité de décisions, pourvu que l'interprétation soit conduite en connaissance des limites des résultats.

Enfin, on peut considérer qu'en dehors de protocoles qui peuvent être très clairement classés comme descriptifs ou analytiques, il est possible d'envisager une espèce de continuum passant de l'un à l'autre de ces aspects au travers d'une grande variété de protocoles (8).

### **Enquête longitudinale, transversale, prospective, rétrospective ?**

Compte tenu des nuances que nous venons d'apporter précédemment, nous ne distinguerons pas les modalités d'enquêtes selon leur objectif, mais plutôt selon leur structure.

Les enquêtes longitudinales fournissent une information très riche, et surtout irremplaçable pour la mesure de l'incidence. Celle-ci est d'une grande valeur pour l'étude de la relation de cause à effet. Elles peuvent permettre des comparaisons du type "avant-après", qui bénéficient de la puissance statistique des dispositifs en séries appariées. Elles ont l'inconvénient de nécessiter la mise en oeuvre de moyens très lourds, puisque les observations sont répétées périodiquement. Du fait de la durée, les conditions d'observation initiales peuvent évoluer, affectant aussi bien les individus enquêtés, qui peuvent changer leurs pratiques, ou tout simplement sortir du champ d'observation (migration, mort, ou arrêt d'exploitation pour les élevages).

Les enquêtes transversales sont plus faciles à mettre en oeuvre, ce qui explique leur plus grande fréquence d'utilisation. Elles ne permettent pas la mesure de l'incidence, et ce n'est que dans des conditions particulières de relation parfaitement connue et stable entre prévalence et incidence que l'on peut en faire l'approximation.

Les enquêtes prospectives ont les avantages et les inconvénients des enquêtes longitudinales, telles que nous les avons présentées.

Les enquêtes rétrospectives sont fortement dépendantes de la qualité des informations selon le statut des individus. Il n'est pas exceptionnel que des sujets atteints, ou ayant été atteints mémorisent plus facilement une grande quantité d'informations, que les non-cas n'auront pas remarquées. Cette différence constitue une difficulté dans l'interprétation des écarts que l'on peut éventuellement constater.

## **Interprétation, évaluation des enquêtes**

L'interprétation doit tout d'abord tenir compte de la manière dont le problème est posé, et dont la stratégie d'étude a été conçue. Elle doit ensuite établir la validité des faits observés (validité interne), avant d'envisager l'interprétation dans le sens des buts de l'enquête, et des finalités visées.

### **Définition du problème**

Le but de l'étude doit être adapté aux besoins. Par exemple, avant de se préoccuper de la manière d'intervenir pour lutter contre une maladie, il faut tout d'abord se poser la question de la nécessité, et de l'opportunité de cette lutte. Une étude descriptive est par conséquent une priorité, avant d'autres types d'étude.

Les objectifs, qui correspondent à la formulation en termes quantifiables des buts visés, doivent être adaptés à ces buts. C'est la partie la plus délicate de la conception de l'enquête, car elle représente la concrétisation des choix stratégiques, ce qui justifie pleinement le temps qui peut être nécessaire à leur élaboration. Mieux vaut redéfinir les buts, si les objectifs ne peuvent être atteints.

La population cible doit être clairement définie au préalable, de façon à conditionner les modalités de sélection des échantillons, et partant, le champ d'extrapolation. Si l'on ne peut accéder qu'à des éleveurs inscrits sur telle liste, il ne sera pas possible d'extrapoler à l'ensemble des éleveurs de la région.

Si les buts concernent la distribution d'un phénomène dans le temps, ou dans l'espace, la formulation des objectifs et indicateurs épidémiologiques correspondants permet de concevoir le protocole adapté, et non l'inverse, à savoir, en fonction de données collectées pour un but donné, tenter, le plus souvent vainement, de produire une information qui va au delà des buts initiaux.

Les indicateurs épidémiologiques doivent correspondre aux objectifs. On peut être amené à redéfinir les objectifs, et éventuellement les buts, si l'on se rend compte que certains éléments constitutifs de ces indicateurs représentent une limite incontournable.

Par exemple, on ne saurait retenir des pourcentages d'animaux infectés comme pouvant représenter le pourcentage d'élevages infectés. Ou bien, la détection d'individus à sérologie positive ne correspond pas à la détection de la maladie.

Les étapes suivantes concernent la conception et l'exécution du protocole.

### **Validité interne**

Les faits observés doivent refléter la situation réelle, et non résulter des conditions même d'observation, ce qui constitue alors un artefact. Chacun des points du protocole doit faire l'objet d'une évaluation, en vue de rechercher des biais potentiels.

Un biais est "une erreur systématique pouvant se produire à tout niveau d'une étude et dont la présence peut donner une fausse idée de la réalité" (11). Il modifie la valeur de la mesure, en affectant aussi bien une estimation (par exemple une prévalence), qu'une relation entre deux variables. Bon nombre de ces biais sont indépendants de l'échantillon, et par conséquent il faut distinguer les biais des fluctuations d'échantillonnage.

Il existe de très nombreux biais, que l'on peut regrouper en trois catégories : biais de sélection, biais d'information, et biais dus à un facteur de confusion.

#### *Biais de sélection*

La sélection des échantillons doit correspondre aux besoins du protocole : représentativité de la population cible pour une enquête descriptive, comparabilité des échantillons dans une étude analytique, ou simplement visant à une comparaison. La qualité de la sélection doit être évaluée tant à la phase de conception, que suite à l'exécution du protocole, qui peut ne pas être conforme aux prévisions initiales.

Une association peut être fallacieuse à cause d'un biais d'échantillonnage. Par exemple, pour étudier l'efficacité d'un traitement contre les mammites, on recrute des éleveurs sur la base de leur motivation à participer à l'enquête ; les éleveurs qui acceptent de se plier au protocole d'essai du nouveau traitement sont les plus motivés, mais aussi les plus attentifs dans le respect des techniques de santé ; si l'on n'y prend garde, et que les témoins sont choisis parmi une population différente par sa motivation, les différences éventuelles entre les deux lots ne pourront pas être rapportées qu'à l'effet du traitement étudié.

#### *Biais d'information.*

Les mesures doivent être réalisées avec des méthodes choisies en connaissance de leur qualités intrinsèques

(sensibilité, spécificité), et en vérifiant que leurs conditions de réalisation dans le cadre de cette étude ont permis d'atteindre le même degré de qualité. Dans le cas fréquent d'intervention de plusieurs enquêteurs, les procédures mises en oeuvre doivent avoir été standardisées, c'est-à-dire qu'elles sont reproduites selon les mêmes modalités. Pour cela, il faut les définir de façon explicite, et vérifier au préalable que les participants procèdent effectivement de la même façon, et obtiennent des résultats compatibles avec les marges d'erreur consenties. Une formation est le plus souvent nécessaire.

Un biais de mesure peut provenir de l'intervenant chargé de collecter l'information. L'erreur peut être liée à l'utilisation d'un instrument de mesure : par exemple, pour un cutimètre, appareil de mesure mal réglé (le cadran ne revient pas à 0 quand les mors sont jointifs), de marque et de performances différentes de celles des autres enquêteurs (cutimètre à pression du pouce versus à ressort isodynamométrique), ou encore utilisé dans des conditions inadéquates (mesure effectuée en tenant l'appareil verticalement versus horizontalement). Elle peut être d'ordre méthodologique et résulter d'une différence dans la définition de la mesure épidémiologique : par exemple, les cas cliniques à dénombrer ne sont pas définis par le même ensemble de symptômes selon les intervenants.

Ces biais ne sont détectables que si l'on a pris la précaution de récolter l'information correspondante nécessaire : identité de l'enquêteur connue pour toutes les observations, date, heure, ordre de collecte par exemple.

#### *Biais dus à un facteur de confusion*

Les biais de confusion, encore appelés biais de comparaison, modifient la relation entre le phénomène pathologique et le facteur de risque étudiés. Contrairement aux biais de sélection et de mesure, les biais dus à des facteurs de confusion peuvent être pris en compte, et corrigés quantitativement au moment de l'analyse statistique.

Ce facteur externe qui altère l'estimation de la relation entre facteur étudié et maladie est appelé facteur de confusion. C'est une "variable associée aussi bien à la variable indépendante d'intérêt particulier (facteur causal vrai) qu'à la variable dépendante (maladie)"(12). Il doit être neutralisé, contrôlé en estimant la relation entre le facteur étudié et la maladie pour chacun des niveaux d'exposition à ce facteur externe. On dit qu'un facteur externe est un facteur de confusion à partir du moment où les estimations du risque de maladie calculées à partir des données brutes et à partir des données corrigées en tenant compte du facteur externe sont différentes.

Par exemple, une étude (fictive) de type exposés/non-exposés montre que l'utilisation d'un tablier de caoutchouc par les vachers est associée à une plus faible incidence des mammites de la vache laitière, selon un risque

relatif brut de 4. L'examen du protocole ne révèle pas de faute dans la procédure d'échantillonnage. En revanche, une analyse complémentaire des données montre que le risque relatif associé au port du tablier, corrigé selon une variable externe portant sur la technicité des élevages, est voisin de 1 pour chacune des catégories distinguées selon le niveau de technicité. En revanche, le risque lié à ce facteur externe est de l'ordre de 6.

Un facteur de confusion peut augmenter, réduire, ou masquer la relation réelle entre le facteur d'exposition et la maladie.

Il peut aussi modifier la relation entre le facteur étudié et la maladie, dans le cas où il existe une interaction entre les deux facteurs, étudié et externe. On s'en rend compte dans le cas où les risques relatifs propres à chacune des catégories distinguées selon le niveau du facteur externe ne sont pas égaux. Pour reprendre notre exemple, ce serait le cas, si dans la population des élevages de meilleure technicité, le risque relatif était plus faible pour ceux utilisant le tablier, tandis qu'il resterait voisin de 1 pour les élevages de moindre technicité.

Cet exemple est caricatural, et chacun peut penser qu'il ne serait pas besoin de recourir à la statistique, et à la neutralisation des facteurs de confusion, pour se rendre compte d'évidences : n'importe qui penserait *a priori* au risque de liaison entre technicité et port de ce tablier, et risque de mammite. La facilité didactique de cet exemple permet de souligner, *a contrario*, la nécessité de ce type d'analyse statistique dans la grande majorité des circonstances où personne ne sait quel est au juste le facteur et l'effet, et même s'il y a une liaison *a priori*.

La prise en compte des facteurs de confusion peut être faite *a priori*, au moment de la planification de l'étude, ou au moment de l'analyse statistique.

Au moment de la planification, on procède au tirage au sort des groupes, dans le cas d'un essai. Dans les études d'observation, on peut recourir à la restriction de la population d'étude, ou à l'appariement des sujets par strate, ou individuellement.

On ne peut corriger un biais de confusion au moment de l'analyse statistique qu'en l'absence d'interaction. Dans le cas d'un seul facteur, on utilise la méthode d'ajustement de MANTEL-HAENSZEL. Dans les autres cas, on recourt à une modélisation qui permet la prise en compte de plusieurs facteurs de confusion. Les modèles les plus utilisés sont le modèle logistique, lorsque la maladie peut être codée en terme de présence/absence, et que l'on s'intéresse au risque de la maladie, et le modèle de COX, lorsqu'on suit des sujets au cours du temps et que l'on s'intéresse à l'incidence instantanée de la maladie (8). Dans les cas d'interaction, la relation globale entre le facteur étudié et la maladie n'a plus de sens, et l'on est conduit à poursuivre l'analyse et l'interprétation des résultats séparément pour chacune des catégories du facteur externe.

## Les résultats

Les résultats ne peuvent que correspondre aux objectifs, et surtout pas aller au delà, ce qui appartient alors au domaine de la spéculation. Ils sont prononcés pour l'échantillon étudié, et lui seul.

## Extrapolation

Il faut tenir compte du fait que les résultats épidémiologiques, quels qu'ils soient, sont toujours "marqués" par leurs conditions d'obtention : ils ont été collectés à un moment donné, en un lieu donné, sur une population donnée.

Cette phase vise à extrapoler les résultats observés sur l'échantillon étudié à la population cible. Le pouvoir d'extrapolation dépend essentiellement de la qualité de représentativité des échantillons vis-à-vis des populations cibles : population cible pour une étude descriptive, problème de la relation causale étudiée en général pour une étude analytique, en fonction de la représentativité vis-à-vis des populations cibles exposées ou non.

## Décisions pragmatiques

Etant donné qu'il n'existe pas d'étude épidémiologique parfaite (sinon on réaliserait des expériences), on doit prendre un certain nombre de décisions pour valider les résultats malgré les inconvénients constatés.

### Action sur les biais

Les biais de sélection sont irrécupérables. En effet, s'ils résultent d'une attitude spontanée, c'est-à-dire d'un comportement, rien ne permet d'apprécier quels auraient été les comportements s'ils avaient été conformes aux attentes. On peut toutefois évaluer leur importance, soit par raisonnement, soit par enquête sur un échantillon complémentaire (par exemple des sujets n'ayant pas répondu ou ayant refusé de participer à l'enquête). De cette manière on peut apprécier si les résultats représentent une sous-estimation, ou au contraire une surestimation, sans pour autant qu'il soit possible de quantifier les répercussions de ce biais.

On peut tenter de corriger les biais de mesure (à l'aide des valeurs de sensibilité et de spécificité connues) : on peut ainsi estimer la fréquence réelle à partir de la fréquence apparente.

Un biais de comparaison peut être compensé par des méthodes statistiques appropriées.

### Point de vue pragmatique

La rigueur scientifique est indispensable pour éviter d'accorder une valeur illégitime à des informations corrompues par des conceptions, ou des modalités de récolte de mauvaise qualité. Mais les critères d'exigence absolue pour l'apport de connaissances nouvelles pourraient paralyser la mise en oeuvre d'études épidémiologiques

indispensables aux décisions de santé. C'est pourquoi, en définitive, il faut toujours revenir dans le processus d'interprétation aux buts visés, et aux finalités poursuivies, afin de relativiser l'importance des défauts constatés, en regard des décisions auxquelles ils sont sensés conduire.

## CONCLUSION

L'épidémiologie se caractérise par sa méthode, au point qu'on lui reconnaît une manière particulière de penser.

Ses composantes méthodologiques lui permettent de fournir une information à valeur scientifique : leur maîtrise constitue aussi une excellente école de rigueur du raisonnement scientifique.

En plus, étant en prise directe avec les problèmes de santé qu'elle doit contribuer à résoudre, l'épidémiologie est, par essence même, une discipline tournée vers l'action. De ce fait, les résultats des enquêtes épidémiologiques doivent toujours être interprétés en fonction des décisions qu'elles doivent servir.

## BIBLIOGRAPHIE

1. A.E.E.M.A. Qualité des analyses biologiques en épidémiologie et décisions de santé (Réunion A.E.E.M.A., Alfort, 7 Décembre 1989). *Epidémiol. Santé anim.*, 1990, **17**, 144 p.
2. BERNARD (C.). Morceaux choisis et préfacés par J. Rostand. Paris, Gallimard, 1938. 285 p.
3. DAVENAS (E.) *et al.* Human basophil degranulation triggered by very dilute antiserums against IgE. *Nature*, 1988, **333** : 816-818.
4. ELOIT (M.), KOUTCHOUKALI (M.A.). Sondage dans une population animale : estimation du taux d'infection des cheptels. *Epidémiol. Santé anim.*, 1984, **6** : 65-77.
5. FARVER (T.B.), THOMAS (C.), EDSON (R.K.). An application of sampling theory in animal disease prevalence survey design. *Prev. vet. Med.*, 1985, **3** : 463-473.
6. FARVER (T.B.). Disease prevalence estimation in animal populations using two-stage sampling designs. *Prev. vet. Med.*, 1987, **5** : 1-20.
7. JENICEK (M.) et CLEROUX (R.). *Epidémiologie. Principes, techniques applications.* Paris, Maloine, 1982. 454 p.
8. KLEINBAUM (D.G.), KUPPER (L.L.) MORGENSTERN (H.). *Epidemiologic research. Principles and quantitative methods.* New York, Van Nostrand Reinhold. 1982. 530 p.
9. MARTIN (S.W.), SHOUKRI (M.), THORBURN (M.). Evaluating the health status of herds based on tests applied to individuals. *Prev. vet. Med.*, 1992, **14** : 33-43.
10. ROTHMANN (K.J.). *Causal inference.* Chestnut Hill, Massachusetts, Epidemiology Resources Inc., 1988. 207 p.
11. SCHWARTZ (D.), FLAMANT (R.), LELLOUCH (J.). *L'essai thérapeutique chez l'Homme.* Paris, Flammarion, 1980. 288 p.
12. TOMA (B.), BENET (J.J.), DUFOUR (B.), ELOIT (M.), MOUTOU (F.), SANAA (M.). *Glossaire d'épidémiologie animale.* Maisons-Alfort, Editions du Point Vétérinaire, 1991. 365 p.

J.J. Bénet M. Sanaa B. Dufour B. Toma

**BÉNET (J.J.), SANAA (M.), DUFOUR (B.), TOMA (B.).** Methodology of surveys used in animal epidemiology. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 403-422

**In the present paper, the authors review the methodological bases of surveys, both descriptive and analytical, used in animal epidemiology. They give a comprehensive definition of the main terms applied to epidemiology as well as of the method used to evaluate the quality of these surveys.**

*Key words* : Survey - Method - Epidemiology - Sampling - Evaluation.

**BÉNET (J.J.), SANAA (M.), DUFOUR (B.), TOMA (B.).** Metodología de las encuestas en epidemiología animal. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 403-422

**Los autores hacen una revision de las bases metodológicas de las encuestas, tanto descriptivas como analíticas, en la epidemiología animal. Se indican también las definiciones de los términos más utilizados en epidemiología, así como las modalidades de evaluación de la calidad de las encuestas.**

*Palabras claves* : Encuesta - Metodo - Epidemiología - Muestreo - Evaluación.

J. Domenech<sup>1</sup>M. Wyers<sup>2</sup>J.-P. Braun<sup>3</sup>P. Formenty<sup>4</sup>

# Le syndrome nerveux des ovins en Côte-d'Ivoire. I. Étude épidémiologique et clinique, méthodes de diagnostic et traitement

DOMENECH (J.), WYERS (M.), BRAUN (J.-P.), FORMENTY (P.). Le syndrome nerveux des ovins en Côte-d'Ivoire. I. Étude épidémiologique et clinique, méthodes de diagnostic et traitement. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 423-430

Le "syndrome nerveux des ovins" en Côte-d'Ivoire est assimilable à la "nécrose du cortex cérébral" (NCC) due à une carence en vitamine B1. Tous les symptômes classiques de la NCC ont été observés (ataxie locomotrice suivie de paralysies) et les lésions histologiques de polioencéphalomalacie ont été mises en évidence. En revanche, les circonstances d'apparition de la maladie sont très différentes dans les deux cas : si la NCC est une maladie des jeunes ruminants à l'engrais dans les pays développés, le syndrome nerveux des ovins se manifeste essentiellement, en Côte-d'Ivoire, durant la saison sèche, lorsque le pâturage devient sec et rare et que la complémentation alimentaire est insuffisante. La cause principale, relativement univoque, est donc représentée par une dégradation brutale de la valeur nutritionnelle de la ration alimentaire, mais l'étiopathogénie précise de la maladie reste inconnue. Dans un troupeau atteint, 10 à 30 p. 100 des animaux peuvent être malades et 80 à 90 p. 100 d'entre eux vont mourir. Sur le plan du diagnostic, aucune épreuve biochimique classique n'est suffisamment spécifique pour être retenue pour une confirmation formelle du syndrome nerveux. Il faut cependant signaler que les CK (créatinine kinase) sont très régulièrement augmentées et que les ASAT (aspartate aminotransférase) sont élevées dans 75 p. 100 des cas. Le diagnostic formel reste donc basé, dans les conditions actuelles pratiques de terrain en Afrique, sur l'efficacité du traitement avec la vitamine B1 et, pour l'animal mort, sur l'analyse histologique du cerveau.

**Mots clés :** Ovin - Trouble du système nerveux - Nécrose du cortex cérébral - Polioencéphalomalacie - Épidémiologie - Diagnostic - Thérapeutique - Histologie - Carence en vitamine - Thiamine - Côte-d'Ivoire.

## INTRODUCTION

Depuis 1978, une nouvelle maladie des ovins a été signalée en Côte-d'Ivoire (13\*). Cette affection se traduit par des symptômes nerveux de type ataxique puis paralytique et atteint les troupeaux de moutons faisant l'objet d'améliorations génétiques et zootechniques (1, 13, 20). Au fur et à mesure que l'élevage intensifié se dévelop-

peut, le nombre de foyers augmentait, en particulier dans la moitié sud du pays, de climat humide et sub-humide.

L'origine nutritionnelle de cette maladie, dénommée dès le début "syndrome nerveux des ovins", a tout de suite été évoquée (6, 13) mais l'étiologie précise n'a pu être mise en évidence rapidement. Parmi les différentes hypothèses, l'intervention de la carence en vitamine B1 a été envisagée car les symptômes étaient en tous points comparables à ceux de la nécrose du cortex cérébral (2, 4, 7, 9, 10, 14, 18, 21, 22). Mais les données épidémiologiques divergent nettement de celles observées dans les pays développés. De plus, les lésions histologiques et l'efficacité du traitement avec la thiamine n'avaient pas été clairement mises en évidence avant l'année 1990 (8).

Les études menées en Côte-d'Ivoire entre 1989 et 1991 sur ce syndrome sont exposées en deux parties : la première fait état des données épidémiologiques et cliniques et des méthodes de diagnostic et de traitement. La deuxième partie abordera le problème de l'importance économique d'une maladie qui semble n'être pas limitée à la Côte-d'Ivoire puisqu'une affection très voisine, sinon identique, a été signalée dans d'autres pays africains, de climat et végétation similaires, comme le Ghana(3) ou différents, comme le Sénégal (17).

Dans cette même partie, les résultats d'essais de prophylaxie et de calcul des coûts-bénéfices des plans de lutte seront présentés.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Types d'élevage

La maladie n'est signalée que dans des troupeaux de moutons de race Djallonké, élevés en unités de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de têtes, et faisant l'objet d'efforts pour augmenter la productivité. La répartition géographique est essentiellement limitée à la moitié sud du pays, de climat humide et sub-humide (carte 1).

L'encadrement technique par la SODEPRA (Société de Développement des Productions animales), dont bénéficient ces troupeaux, suppose l'adhésion des éleveurs à toute une série de thèmes améliorateurs : conduite en troupeau, interdiction de la divagation, utilisation d'un parc de nuit, complémentation alimentaire en saison sèche, apport de sels minéraux, prophylaxies systématiques contre la peste des petits ruminants, la clavelée et les parasitoses gastro-intestinales et cutanées.

1. OUA-IBAR, PO Box 30786, Nairobi, Kenya.

2. Laboratoire d'Anatomie pathologique, École nationale vétérinaire, Case Postale 3013, 44087 Nantes Cedex, France.

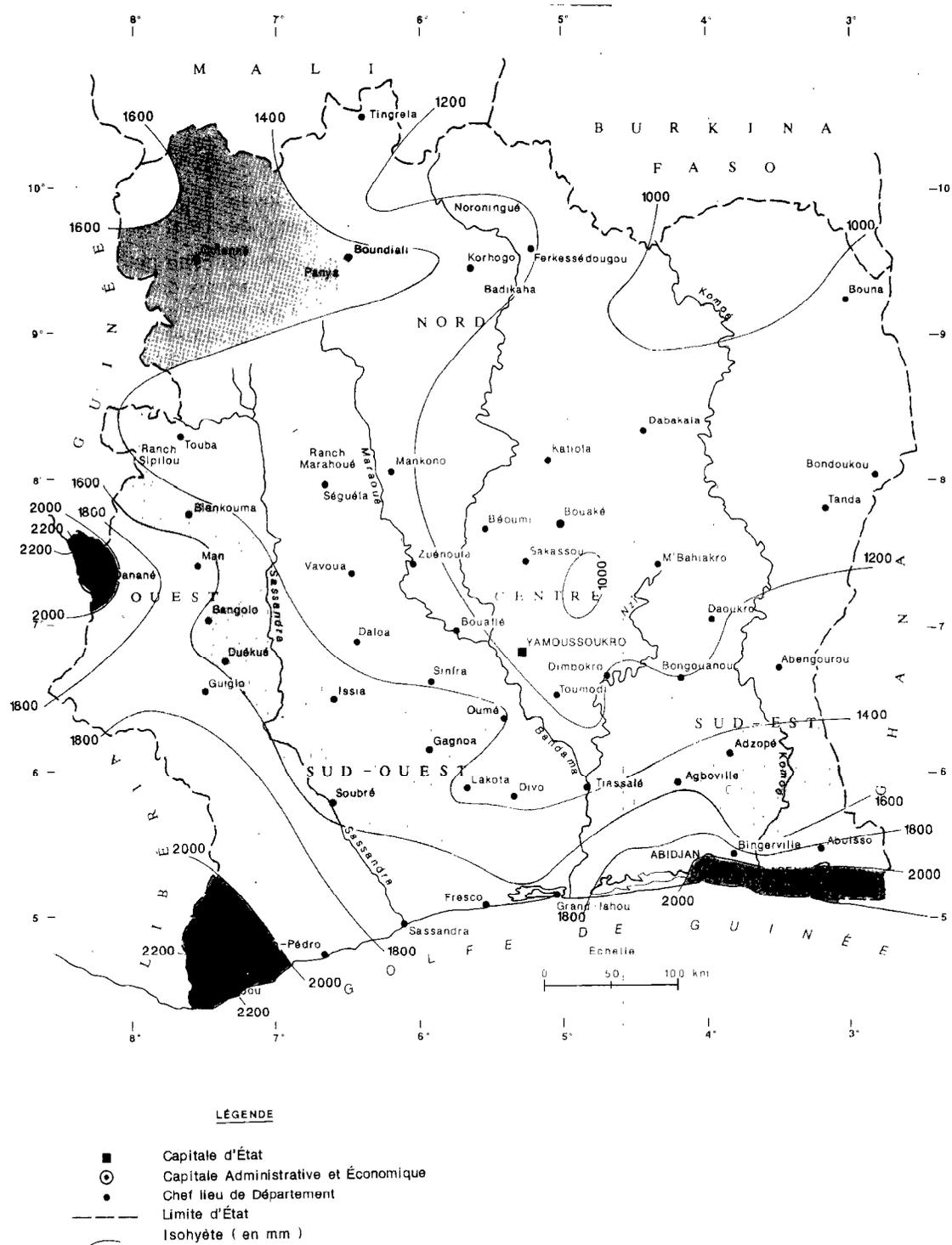
3. Laboratoire de Biochimie, École nationale vétérinaire, 23, Chemin des Capelles, 31076 Toulouse Cedex, France.

4. Laboratoire central de Pathologie animale, B.P. 206, Bingerville, Côte-d'Ivoire.

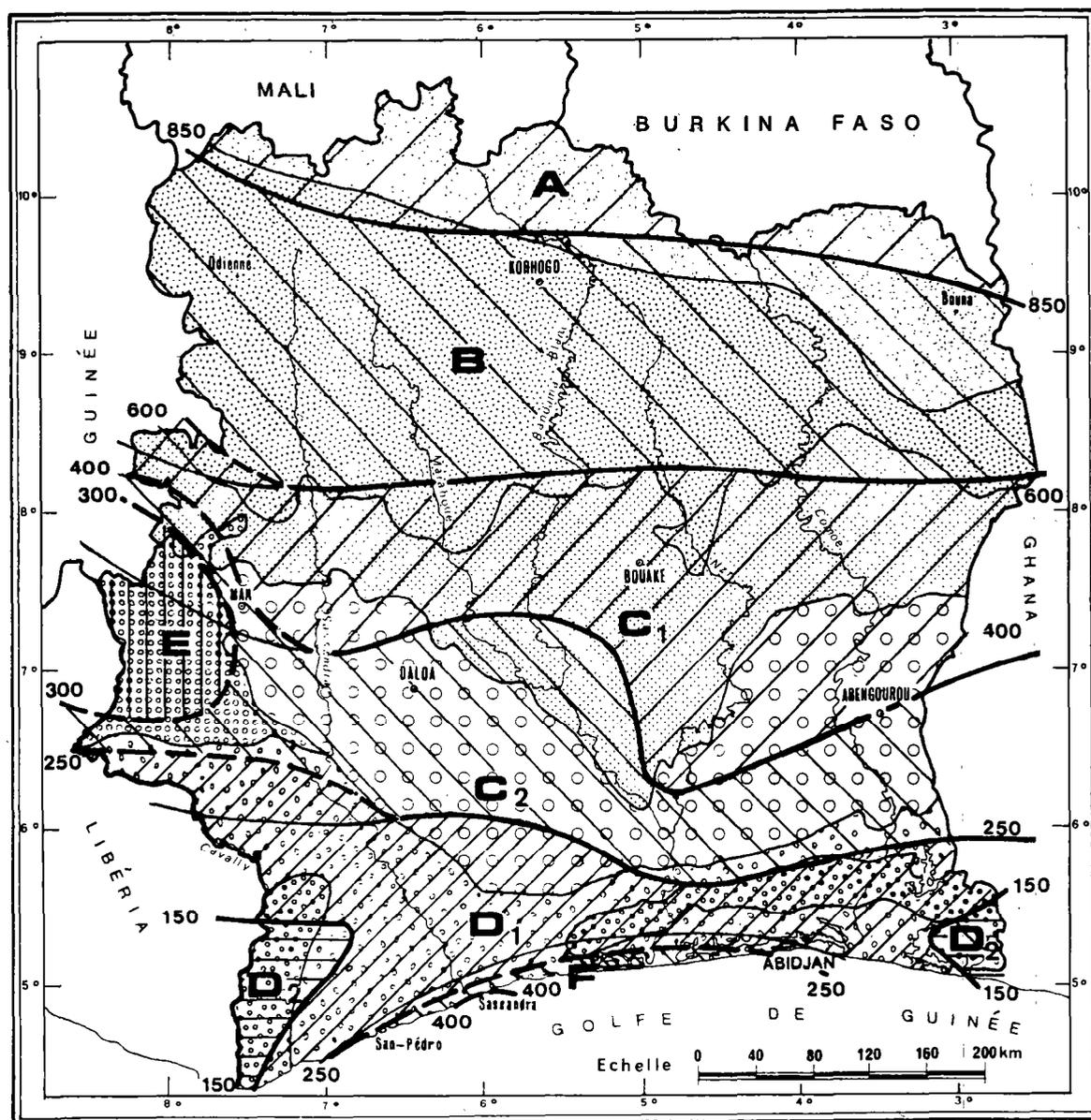
Reçu le 17.7.1992, accepté le 16.9.1992.

\* Les références bibliographiques se trouvent à la fin de la deuxième partie de cet article, p. 519 de ce volume.

J. Domenech M. Wyers J.-P. Braun P. Formenty



Carte 1 : Carte pluviométrique de Côte-d'Ivoire.



- |  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <b>DOMAINE SOUDANAIS</b>   |   | <b>DOMAINE GUINÉEN</b>   |   |
| <b>SECTEUR SOUDANAIS</b>   |   | <b>SECTEUR MESOPHILE</b> (forêt dense humide semi-décidue)   |   |
| 1  | Savane boisée, arborée ou arbustive et/ou forêt claire                      | 3  | Savane guinéenne et forêt à <i>Aubrevillea kerstingii</i> et <i>Khaya grandifolia</i>   |
| <b>SECTEUR SUB SOUDANAIS</b>   |   | Type fondamental à <i>Celtis</i> spp. et <i>Triplochiton scleroxylon</i> et sa variante à <i>Nesogordonia papaverifera</i> et <i>Khaya ivorensis</i> |   |
| 2  | Savane boisée, arborée ou arbustive et ou forêt claire et forêt dense sèche | <b>SECTEUR OMBROPHILE</b> (forêt dense humide sempervirente)   |   |
| — Ligne d'isodéficit hydrique climatique cumulé (en mm)  |   | 5  | Type fondamental à <i>Eremospatha macrocarpa</i> et <i>Diospyros mannii</i> et type à <i>Turraeanthus africanus</i> et <i>Heisteria parvifolia</i>        |
| - - - Corrections apportées en fonction de la végétation naturelle par rapport au tracé initial —    |   | 6  | Type à <i>Diospyros</i> spp. et <i>Mapania</i> spp.   |
| [Diagonal lines] D1 Zone climatique (déficit hydrique climatique cumulé compris entre 150 et 250 mm) |   | 7  | Type à <i>Uapaca esculenta</i> , <i>U. guineensis</i> et <i>Chidlowia sanguinea</i> et type à <i>Tarrietia utilis</i> et <i>Chrysophyllum perpulchrum</i> |

Carte 2 : Carte de végétation de la Côte d'Ivoire.

Le pâturage est à base de savane naturelle de zone guinéenne à soudanaïenne (carte 2) à laquelle s'ajoute ou se substitue, surtout dans le sud forestier, un pâturage artificiel de *Panicum maximum*.

## Prélèvements

A l'occasion des visites des foyers, les interventions du laboratoire ont consisté en des examens épidémiologiques et cliniques, accompagnés de prélèvements sur l'animal vivant et en des autopsies d'animaux morts. Les prélèvements ont été effectués avec un matériel ordinaire, auquel s'ajoutait l'appareillage nécessaire à la centrifugation immédiate des sangs.

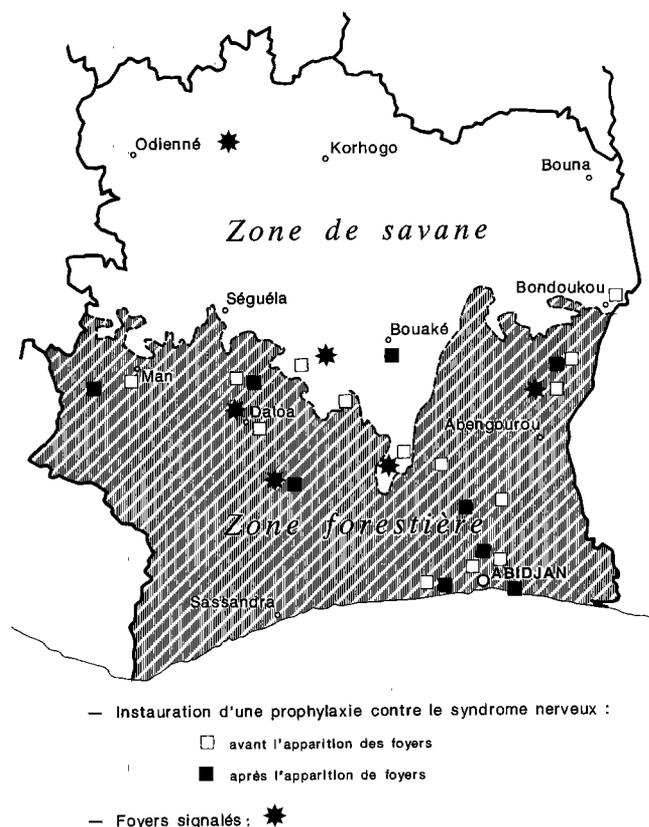
Les prélèvements de sang ont été recueillis, selon l'analyse à effectuer, en tube secs ou contenant des anticoagulants (EDTA, héparinate de lithium, fluorure de sodium oxalate de potassium). Pour le dosage de l'acide pyruvique, le sang a été déprotéiné (acide perchlorique). Des fèces, pour recherches coproscopiques, et des frottis sanguins, pour diagnostic des hémoparasitoses, ont également été prélevés. Après autopsie, d'autres tissus (tissu nerveux, foie, rein...) ont été réfrigérés, congelés ou formolés, selon le cas, pour analyses bactériologiques, virologiques ou histologiques.

## Diagnostic de laboratoire

Les analyses hématologiques ont porté sur l'hématocrite, la numération sanguine et la formule leucocytaire. Les dosages biochimiques sanguins ont concerné le sodium, le potassium, les chlorures, les bicarbonates, le calcium, le phosphore, le magnésium, les protéines totales, l'urée, la créatinine, les triglycérides, la phosphatase alcaline, les ALAT (alanine aminotransférase), les ASAT (aspartate aminotransférase), les GGT (gamma glutamyl transférase), la LDH (lactate déshydrogénase), les CK (créatinine kinase), l'acide lactique et l'acide pyruvique. Les méthodes classiques en usage ont été utilisées pour les analyses parasitologiques, bactériologiques et histologiques. Les recherches virologiques ont consisté en inoculations au souriceau nouveau-né et à l'oeuf embryonné.

## Traitement

Les interventions ont porté sur 25 foyers (carte 3), à l'occasion desquelles 72 moutons ont été traités à des stades variés de la maladie. Ce traitement a reposé sur l'usage exclusif de vitamine B1 (chlorhydrate de thiamine), à la dose de 400 mg par voie IV et/ou sous-cutanée, pendant 5 à 6 jours (11, 21, 22). Le chlorhydrate de thiamine Hoffmann-Laroche en poudre a été remis en solution dans du sérum physiologique, à la concentration de 100 mg/ml, et stérilisé, par filtration, au laboratoire. La conservation du produit étant présumée aléatoire



Carte 3 : Syndrome nerveux des ovins : foyers observés et essais de prophylaxie.

lorsqu'on n'est pas en milieu acide, la solution a donc été préparée un à quelques jours seulement avant son utilisation et conservée à + 4°C.

## RÉSULTATS

### Étude épidémiologique et clinique

Dans la grande majorité des cas, la "nécrose du cortex cérébral" (NCC) apparaît dans des troupeaux de type amélioré, d'une dizaine à plusieurs centaines de têtes, durant la saison sèche, et dans la moitié sud du pays. Quelques exceptions existent cependant (1 foyer sur 27 observé dans le Nord). Lorsque le foyer apparaît, le pâturage, qu'il soit une savane naturelle ou un pâturage artificiel de *Panicum maximum*, est très dégradé et la complément alimentaire insuffisante ou inexistante. Les foyers évoluent sur 2 à 3 semaines. Le taux de morbidité atteint 10 à 30 p. 100 et, parmi les malades, 80 à 90 p.100 mourront si aucun traitement spécifique n'est instauré. La maladie touche surtout les adultes, très exceptionnellement les jeunes à la mamelle.

Le tableau clinique observé sur plus de 300 malades est dominé par des signes nerveux : ataxie locomotrice sui-

# Le syndrome nerveux des ovins en Côte-d'Ivoire. Étude épidémiologique et clinique

J. Domenech et coll.



*Début de la maladie*



*Début de la phase de décubitus*



*Phase terminale*

vie de décubitus, la mort survenant après un à quelques jours d'évolution (8). Pendant la phase ataxique, les animaux tremblent, présentent des symptômes de déséquilibre et se tiennent souvent sur les genoux. En phase de décubitus, on observe des crises de convulsion et de nystagmus. L'amaurose n'est qu'inconstamment mise en évidence.

### Diagnostic de laboratoire

Les analyses parasitologiques, bactériologiques et virologiques n'ont mis en évidence aucun agent à pouvoir pathogène nerveux. Sur le plan hématologique, les modifications sont faibles et inconstantes. Les bilans biochimiques effectués sur 66 moutons malades montrent les résultats suivants : augmentation des CK (85 p. 100 des cas), des ASAT (75 p. 100) et, plus rarement, des LDH (30 p. 100) et des GGT (8 p. 100) ; peu de modifications des électrolytes et des sels minéraux, avec quelques augmentations de la phosphatémie (17 p. 100 des cas) et de la kaliémie (9 p. 100) ou diminution de la calcémie (15 p. 100) et des bicarbonates (11 p. 100). Les autres modifications constatées sont irrégulières et portent sur une augmentation de l'urée (15 p. 100 des cas), de la créatinine (3 p. 100), des triglycérides (22 p. 100) et du cholestérol (35 p. 100) et une diminution des protéines totales (3 p. 100). Les taux d'acide lactique dépassent 2 mmol/l dans 95 p. 100 des cas (valeur extrême 12,8 mmol/l) et ceux de l'acide pyruvique dépassent 100 µmol/l dans 48 p. 100 des cas (valeur extrême 160 µmol/l). Les résultats des autres dosages sont restés dans les normes (ALP, bilirubine totale et conjuguée, acide urique, sodium, chlorures et magnésium).

Les lésions histologiques du système nerveux central sont présentes dans 74 p. 100 des cas examinés (28 sur 38). Il s'agit de lésions de polioencéphalomalacie en foyers multiples, caractérisées par de l'oedème ou de la spongiose de la substance grise, associés dans les cas les plus évolués à des images de tuméfaction, de dégénérescence ou de nécrose des corps cellulaires des neurones situés dans la lésion. Ces lésions se localisent préférentiellement dans les noyaux du tronc cérébral et du bulbe, avec une atteinte constante et généralement symétrique des tubercules quadrijumeaux inférieurs. Les lésions du cortex sont inconstantes et plus discrètes : les foyers sont souvent délimités dans les régions corticales profondes et se traduisent par un aspect spongieux, discrètement vacuolaire, associé à des neurones rétractés ou d'aspect pycnotique. Les lésions du cervelet et de la moelle cervicale sont exceptionnelles.

### Traitement

Sur les 72 moutons traités à des stades variés de la maladie, 56 ont guéri, soit 78 p. 100 des cas. Ces résultats sont variables selon la gravité ou l'ancienneté des symptômes :

- phase ataxique : 48 cas de guérison sur 49 traitements, soit 98 p. 100 de réussite ;

- phase de décubitus : 8 cas de guérison sur 23 traitements, soit 65 p. 100 de réussite.

## DISCUSSION

### Assimilation du "syndrome nerveux ovin" à la nécrose du cortex cérébral (NCC)

Le "syndrome nerveux" des ovins peut être assimilé à la nécrose du cortex cérébral, sur la base des éléments suivants :

- similitude parfaite des syndromes observés avec ceux décrits, dans la littérature pour la NCC (2, 4, 7, 10, 11, 14, 20, 21, 22) ;

- présence de lésions de polioencéphalomalacie identiques à celles de la NCC (14, 15, 16, 21, 22) ;

- efficacité remarquable du traitement exclusif avec le chlorhydrate de thiamine, aux doses élevées préconisées pour la NCC (2, 4, 10, 11, 21, 22).

Bien que parfois suspectée, la NCC n'avait pu être démontrée avant 1990, sans doute parce que les analyses histologiques avaient été relativement peu nombreuses et n'avaient pas toujours porté sur la totalité du système nerveux central.

L'inconstance du traitement à la thiamine n'était, par ailleurs, pas bien argumentée. En effet, on peut constater que, le plus souvent, le traitement avec la vitamine B1 avait consisté en l'administration de cocktails vitaminiques polyvalents : la dose de thiamine injectée n'était donc en général pas suffisante pour pouvoir démontrer son efficacité. De plus, de nombreux malades furent traités à un stade trop avancé et donc incurable de la maladie (voir plus loin).

La maladie nerveuse relatée dans d'autres pays et dénommée "syndrome ataxie - parésie du mouton" au Ghana (3) ou "syndrome paraplégique du mouton de Casamance" au Sénégal (17), semble être un syndrome identique à celui décrit en Côte-d'Ivoire. Mais l'absence, dans le syndrome nerveux ovin de Côte-d'Ivoire, des lésions de la substance grise de la moelle épinière mises en évidence au Ghana reste pour le moment inexplicée.

### Circonstances d'apparition et étiopathogénie

Le syndrome nerveux apparaît, en Côte-d'Ivoire, dans des conditions très différentes de celles de la NCC dans les pays développés. En effet, la NCC est, classiquement, une maladie des jeunes ruminants à l'engrais, ali-

TABLEAU I *Maladie à symptomatologie nerveuse (liste non exhaustive).*

Etiologies infectieuses et parasitaires		
Parasitaire	Bactérienne	Virale
<ul style="list-style-type: none"> <li>* toxoplasmose</li> <li>* coenurose</li> <li>* œstrose</li> <li>* hémoparasitoses</li> <li>* coccidioses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* cowdriose</li> <li>* listériose</li> <li>* tétanos</li> <li>* botulisme</li> <li>* entérotoxémies</li> <li>* méningo-encéphalomyélites</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Border disease</li> <li>* louping ill</li> <li>* rage</li> <li>* VISNA</li> <li>* tremblante</li> </ul>
Etiologies toxiques		
Produits toxiques	Origine nutritionnelle	
<ul style="list-style-type: none"> <li>* plantes toxiques</li> <li>* produits chimiques</li> <li>* mycotoxines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* tétanie d'herbage</li> <li>* acidose lactique</li> <li>* toxémie de gestation</li> <li>* alcalose</li> </ul>	
Etiologies par carence		
<ul style="list-style-type: none"> <li>* sélénium</li> <li>* cuivre</li> <li>* calcium</li> <li>* magnésium</li> <li>* vitamine E</li> <li>* vitamines B</li> </ul>		

mentés de façon très intensive et subissant un déséquilibre nutritionnel brutal, dans le sens d'une augmentation de l'énergie et d'une diminution du taux des fibres (1, 9, 21, 22). La flore du rumen va alors se modifier et, soit ne plus produire la thiamine nécessaire à l'animal, soit produire une thiaminase ou un analogue structural de la thiamine (4, 9, 10, 21, 22). Or, en Côte-d'Ivoire, la maladie survient le plus souvent en saison sèche, lorsque le pâturage devient très sec et rare et que la complémentation alimentaire reste insuffisante.

Le syndrome nerveux est une conséquence directe d'un appauvrissement brutal et important de la ration alimentaire, dans des troupeaux d'une certaine taille et constitués de moutons améliorés sur le plan génétique, ayant donc des besoins plus élevés. Les animaux en divagation dans les villages, et qui ont des besoins moindres, parviennent, du fait de leur faible nombre, à glaner leur nourriture et sont épargnés par la maladie. L'étiopathogénie du syndrome nerveux reste donc assez mystérieuse et il est nécessaire de poursuivre un programme de recherches afin d'élucider les causes de cette carence en thiamine.

### Diagnostic du "syndrome nerveux" des ovins

Si les symptômes sont assez évocateurs de la NCC, le diagnostic différentiel reste néanmoins à faire avec de

nombreuses autres maladies à dominante nerveuse. Le tableau I présente une liste, non exhaustive, des affections parasitaires, bactériennes, virales, toxiques ou carencielles auxquelles il faut penser lorsqu'on est en présence de symptômes nerveux. Il sera donc souvent indispensable d'effectuer un diagnostic biologique de confirmation. L'efficacité des injections de vitamine B1 sur l'animal malade représente un bon moyen mais il eut été intéressant de disposer d'une méthode de laboratoire applicable à l'animal vivant. Or, de toutes les études biochimiques réalisées, on n'a pu tirer aucun test qui soit à la fois spécifique, régulièrement positif et facile à utiliser.

Les CK sont certes augmentées dans la majorité des cas (85 p. 100) mais elles ne sont pas spécifiques de la lyse des cellules nerveuses, puisqu'elles sont également libérées lorsqu'il y a lyse des cellules musculaires (ce qui du reste est le cas lorsqu'on a, durant l'évolution du syndrome nerveux, des tremblements et convulsions musculaires). Les ASAT, élevées dans 75 p. 100 des cas, ne sont pas non plus suffisamment spécifiques pour assurer le diagnostic de NCC.

Les dosages de l'acide lactique et pyruvique devraient être plus intéressants, mais les conditions techniques de mise en oeuvre (déprotéinisation et centrifugation du sang immédiates) et l'interférence du moindre effort musculaire, qui entraîne une augmentation des taux d'acide lactique et pyruvique (5), rendent ces dosages très délicats. De plus, outre sa mise au repos absolu, le malade devrait être à jeun, deux conditions impossibles à obtenir.

Sur l'animal mort, le diagnostic histologique reste le plus sûr, mais encore faut-il prélever la totalité du système nerveux central et le plonger sans délai dans le formol à 10 p. 100. Faute de quoi les artéfacts seront nombreux et difficiles à distinguer des lésions de polioencéphalomalacie. Par ailleurs, l'intégrité anatomique doit être soigneusement respectée afin que les tubercules quadrijumeaux, dans lesquels les lésions siègent de façon presque constante, puissent être facilement reconnus. Enfin, en cas de sacrifice en début de maladie, les lésions seront souvent discrètes et difficiles ou impossibles à déceler.

En conclusion, on voit que le diagnostic de confirmation reposera, pour l'animal vivant, sur le test d'efficacité du traitement avec la thiamine et, pour l'animal mort, sur l'histologie. Ajoutons cependant que la mesure de l'activité transcétolase des globules rouges et le dosage de la vitamine B1 dans le foie et le cerveau (non pratiqués dans cette étude) sont envisageables si on dispose d'un laboratoire compétent pour effectuer ces analyses.

### Efficacité du traitement

Le traitement avec le chlorhydrate de thiamine par voie intraveineuse et/ou sous-cutanée à forte dose (400 mg par jour), durant plusieurs jours, s'avère très efficace au point, ainsi qu'il a été dit plus haut, de constituer un élément déterminant du diagnostic de la maladie.

Le coût de ce traitement varie de 50 F CFA (1 FF) par animal, si on compte le seul prix du chlorhydrate de thiamine base (hors taxe, coût du travail de préparation de la solution et des flacons non compris) à 500 à 600 F CFA (10 à 12 FF)<sup>1</sup> si on prend le prix TTC Abidjan d'un produit commercial à base de vitamine B1<sup>2</sup>.

**DOMENECH (J.), WYERS (M.), BRAUN (J.-P.), FORMENTY (P.).** The ovine nervous syndrome in Côte-d'Ivoire. I. An Epidemiological and clinical study, diagnostic methods and treatment. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3): 423-430

The ovine nervous syndrome in Côte-d'Ivoire is similar to the cerebrocortical necrosis (CCN) due to vitamin B1 deficiency. All classical symptoms of CCN were observed (locomotor ataxia with subsequent paralysis) and histological evidence for polioencephalomalacia was given. However, the circumstances for occurrence of the disease are very different in the two cases, i.e. CCN is a disease encountered in young fattening ruminants in developed countries while the ovine nervous syndrome is mainly observed in Côte-d'Ivoire during the dry season when pastures become sparse and dry and when the feed supply is insufficient. Thus, the main cause, which is rather univocal, is a sudden decrease in the nutritive value of the diet, but the accurate etiopathogenesis of the disease has not yet been determined. In a flock where 10-30 % of the animals are ill, the mortality may reach 80-90 %. No classical biochemical assays were specific enough to establish a precise diagnosis of the nervous syndrome. However, it should be pointed out that the CK (creatinine kinase) values very regularly rose and that the ASAT (aspartate aminotransferase) values were high in 75 % of the cases. In the present African field conditions, the precise diagnosis is based on the efficiency of the vitamin B1 treatment and, for the dead animals, on the histological analysis of the brain.

**Key words :** Sheep - Nervous system disease - Cerebrocortical necrosis - Polioencephalomalacia - Epidemiology - Diagnosis - Therapeutics - Histology - Vitamin deficiency - Thiamine - Côte-d'Ivoire.

### CONCLUSION

Le syndrome nerveux des ovins en Côte-d'Ivoire est une maladie due à une carence en vitamine B1. Elle se présente avec des caractéristiques cliniques et des lésions histologiques en tous points similaires à celles de la nécrose du cortex cérébral (NCC). De plus, le traitement avec de fortes doses de thiamine s'avère aussi efficace dans le syndrome nerveux ovin que dans la NCC. En revanche, les circonstances d'apparition du syndrome sont très différentes de celles décrites pour la NCC dans les pays développés. Il y a donc un problème étiopathogénique à élucider. On sait que l'origine de la maladie est nutritionnelle et que l'utilisation d'une alimentation adaptée empêche souvent le syndrome nerveux de s'installer ou de trop se développer. Mais compte tenu des erreurs trop souvent commises par les éleveurs, il serait intéressant de disposer d'un schéma prophylactique efficace. Pour ce faire, des essais d'injection de thiamine ont été effectués, qui feront l'objet de la deuxième partie de l'exposé sur le syndrome nerveux des ovins. Par ailleurs, un programme de recherches sur cette maladie est en cours, afin de comprendre pourquoi et comment s'installe la carence en vitamine B1<sup>3</sup>.

1. Les coûts en F CFA ne prennent pas en compte la récente dévaluation de celui-ci et sont à réactualiser en conséquence.

2. Corébral® (vétroquinol), Ultra B (rigaux), Thiavit (CSI IVFC)...

3. Pour les remerciements et la bibliographie, se reporter à la fin de la deuxième partie de l'article, p. 519.

**DOMENECH (J.), WYERS (M.), BRAUN (J.-P.), FORMENTY (P.).** El síndrome nervioso de los ovinos en Costa de Marfil. I. Estudio epidemiológico y clínico, métodos de diagnóstico y tratamiento. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 423-430

El "síndrome nervioso de los ovinos" en Costa de Marfil es similar a la necrosis del cortex cerebral (NCC), producida por una carencia de vitamina B1. Se han observado todos los síntomas clásicos de la NCC (ataxia locomotriz seguida de parálisis), así como las lesiones histológicas de polioencefalomalacia. Las condiciones de aparición de la enfermedad son, por el contrario, muy diferentes en los dos casos: si la NCC es una enfermedad de los jóvenes rumiantes de engorde en los países desarrollados, en Costa de Marfil, el síndrome nervioso de los ovinos se manifiesta esencialmente durante la estación seca, cuando los pastos están secos y son escasos y el complemento alimenticio es insuficiente. En forma general, la causa principal es supuestamente una degradación brutal del valor nutricional de la ración alimenticia, pero aún se desconoce la etio-patogenia exacta de la enfermedad. En un hato infectado, 10 a 30 p. 100 de los animales pueden enfermar, con una mortalidad de 80 a 90 p. 100. Desde el punto de vista diagnóstico, ninguna prueba bioquímica clásica es suficientemente específica como para ser utilizada para una confirmación formal del síndrome nervioso. Vale la pena señalar que las CK (creatinina kinasa) aumentan regularmente y que las ASAT (aspartato aminotransferasa) se encuentran elevadas en 75 p. 100 de los casos. El diagnóstico formal debe centrarse, bajo las condiciones actuales de campo en Africa, sobre la eficiencia del tratamiento de la vitamina B1 y sobre el análisis histológico del cerebro del animal muerto.

**Palabras claves :** Ovino - Trastorno de sistema nervioso - Necrosis del cortex cerebral - Polioencefalomalacia - Epidemiología - Diagnóstico - Terapéutica - Histología - Deficiencia de vitaminas - Tiamina - Costa de Marfil.

M. Giangaspero<sup>1</sup>D. Tabbaa<sup>2</sup>H. Nishikawa<sup>1</sup>E. Vanopdenbosh<sup>3</sup>

## Epidemiological survey of the Maedi Visna (MV) virus in Syrian Awassi sheep

GIANGASPERO (M.), TABBAA (D.), NISHIKAWA (H.), VANOPDENBOSH (E.). Enquête épidémiologique sur le virus Maedi Visna (MV) chez des moutons Awassi de Syrie. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 431-434

Des sérums d'ovins Awassi de toutes les provinces syriennes ont été testés pour rechercher les anticorps du virus Maedi Visna (MV) par le test d'immunodiffusion en gélose. Quatre vingt-sept animaux sur 1 445 testés ont montré une positivité à la glycoprotéine 135 du MV soit 6 p. 100. L'infection a été décelée dans la plupart des provinces sauf dans celles, méridionales, de Damas, Konaitra et Sweida. Le mode d'utilisation et la qualité des bergeries ainsi que la pluviosité ont été considérés comme des facteurs influençant la distribution du MV. L'infection pourrait être en relation avec les pertes de production ovine, et plus spécialement avec la diminution du pourcentage net annuel de survie des moutons (pourcentage de moutons qui ne meurent pas et ne sont pas réformés).

Mots clés : Ovin - Mouton Awassi - Virus Maedi Visna - Épidémiologie - Sérum - Anticorps - Glycoprotéine - Technique d'immunodiffusion - Syrie.

### INTRODUCTION

The Maedi Visna (MV) virus infection was reported for the first time in Syria in a small sample of Awassi sheep originating from 3 different locations in the Aleppo province and Euphrates valley. Four sheep out of 73 tested were positive (R.F. SELLERS, W.P. TAYLOR : Investigations on virus diseases of ruminants in Syria, 1978-1981. Animal Virus Research Institute, Pirbright, U.K., unpublished data). In order to obtain a clear picture of the epidemiology of this disease in Syria, a serological survey of antibodies to MV virus was undertaken to determine the prevalence in the thirteen Syrian provinces. The survey encompassed sheep raised both commercially and traditionally. Farmers were interviewed on flock management, productivity and losses referring to the previous year to define possible factors of influence on the epidemiology of the disease and to explore the impact on sheep productivity.

1. International Center of Research in the Dry Areas (ICARDA), POB 5466, Aleppo, Syrie.

2. Al Baath University, Faculty of Veterinary Medicine, Hama, Syrie.

3. National Institute for Veterinary Research (NIVR), Groeselenberg 99, 1180 Brussels, Belgique.

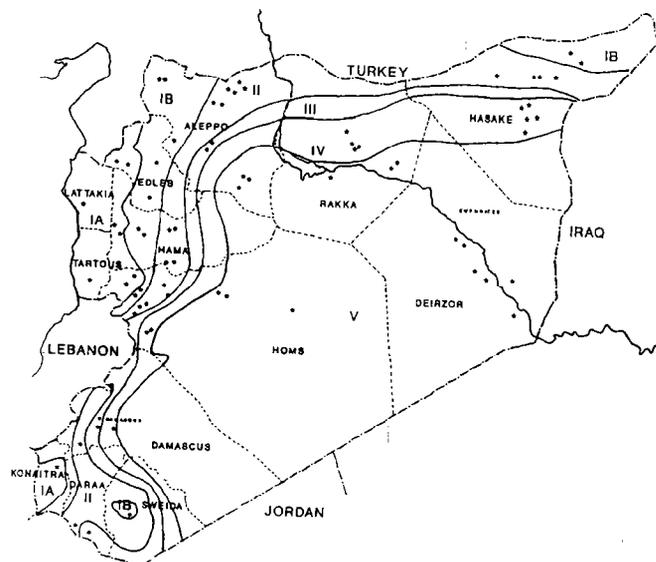
Reçu le 21.7.1992, accepté le 5.01.1993.

### MATERIAL and METHODS

#### Sample collection

Seventy-three Awassi fat-tailed sheep flocks from the 13 Syrian provinces were sampled from mid-November 1991 until mid-February 1992 (map 1). The number of flocks was chosen according to the animal population of each province (Ministry of Agriculture and Agrarian Reform, Department of statistics, 1991, unpublished data) (table 1) and are representative of the livestock production systems in Syria. Lattakia and Tartous provinces were considered together because of their very small sheep populations. Twenty sheep from each flock were selected for sampling, according to the national standard of flock composition (number of rams, ewes and yearlings). All age categories, from 1 up till 9 years were sampled except lambs to prevent interpretation difficulties due to maternal antibodies.

One-thousand-four-hundred-and-forty-five blood serum samples were collected. The sera were stored at -20 °C until examination.



Map 1 : Syrian Arab Republic. Agro-climatic zones (defined by rainfall) : IA = + 600 mm ; IB = 350-600 mm. II = 250-349 mm. III = + 250 mm in 1 or 2 years. IV = + 200 mm in 1 or 2 years. V = - 200 mm. - : Boundaries of agro-climatic zones ; ... : Province boundaries ; \* Places of sampling.

M. Giangaspero D. Tabbaa H. Nishikawa E. Vanopdenbosh

**TABLE I** Animal population in the different provinces of Syria (1991) (Values expressed in thousands and percentage).

Province	n	%	Province	n	%
Aleppo	2,370	15.6	Deirzor	2,213	14.6
Edleb	572	3.75	Hasake	2,041	13.4
Hama	1,656	10.9	Damascus	727	4.8
Homs	3,150	20.7	Daraa	421	2.8
Tartous	30	0.2	Konaitra	118	0.8
Lattakia	7.5	0.05	Sweida	182	1.2
Rakka	1,696	11.2			

### Agar Gel Immuno Diffusion Test (AGID)

A commercial test kit\* for the detection of Maedi Visna antibodies was used. Briefly, WLC-1 Maedi Visna virus strain, growth on ovine foetal lung (OFL) cell culture, sheep reference serum against MV virus gp 135 and a caprine serum precipitating both MVv gp 135 and p 28, positive controls, were used for the execution of the test.

Reading was performed up to 14 days of incubation. Doubtful reactions were retested with 1:2 diluted antigen. Sera that formed lines of non-identity peripheral to the major glycoprotein line were retested using the control serum for both the viral internal protein and external glycoprotein. Curved lines and lines of identity with the control serum lines were considered positive, excluding non-specific reactions.

### Statistical analysis

Data were analysed by computing chi-square statistics based on the deviations of the observed proportions from equality. The chi-square tests were based on the relevant degrees of freedom (df).

## RESULTS

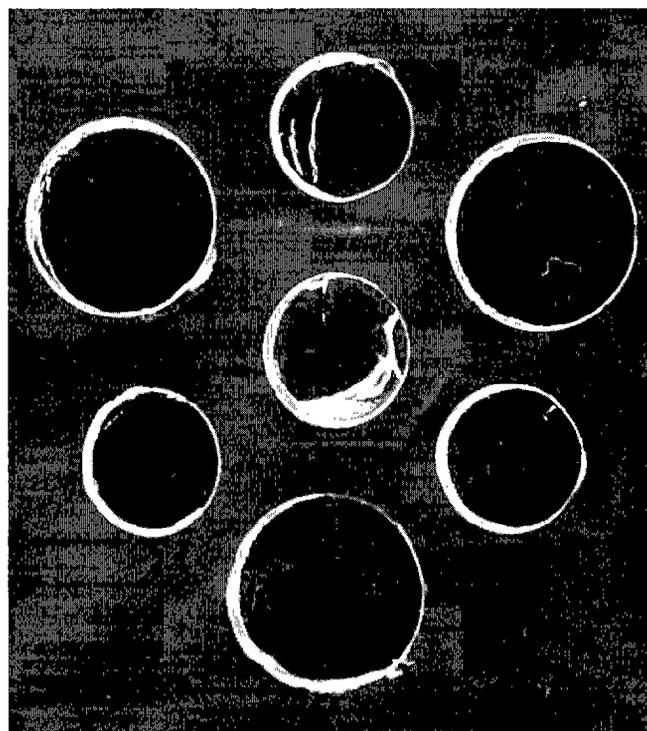
Using The AGID test, 87 samples out of the 1,445 sera examined were observed to be positive for anti-MV gp 135 immunoglobulins (fig. 1, table II); this corresponds to a prevalence of 6%. Most of the sera showed positive-ness after 24 h of incubation and 13 sera showed a positive reaction during the following two weeks. Seven sera also reacted against MV virus p 28. Proportions of infected sheep were found to increase with age ( $P < 0.01$ ). Seropositiveness was not found in animals older than eight years.

Maedi Visna infection was detected in 24 flocks. Excluding 2 flocks which were heavily infected, having 50 and 75% respectively of positive animals, the average of ranging from 5 to 35%.

\* Maeditect 1000, Central Veterinary Laboratory, Weybridge, U.K.

Prevalence of MV virus infection was found to vary between provinces (table II). Infection was absent in the Southern provinces of Damascus, Sweida and Konaitra.

Evaluation of possible factors of influence on MV epidemiology showed that the use of folds and their quality as



**Figure 1** : Agar-Immuno-diffusion test (AGID). Anti-MV virus antibodies detection in sheep sera. Positive reaction of serum n° 925 (arrow) which have formed identity lines with antisera (small peripheral wells). MV antigen (central well), negative test sera (large peripheral wells).

**TABLE II** Comparison between different provinces of Syria of the percentage of sheep positive for antibodies to MV virus.

Province	n flocks	n samples	% Positive
Aleppo	14	282	8.5
Edleb	4	86	5.8
Hama	8	157	7.6
Homs	14	282	8.5
Lattakia/Tartous	2	41	12.2
Rakka	7	139	3.6
Deirzor	6	114	6.1
Hasake	11	208	0.5
Damascus	3	58	0
Daraa	2	38	10.5
Sweida	1	20	0
Konaitra	1	20	0

well as rainfall were correlated with the levels of seropositivity. In particular, for animals not sheltered during the night, 7.9 % were MV positive, while animals sheltered in poorly ventilated and humid folds showed 6.07 % positivity compared with 3 % in well sheltered animals ( $P < 0.05$ ). Furthermore, comparison of flocks from the different climatic zones (defined by rainfall) showed that the level of seropositivity to MV was highest in the wettest areas, with more than 600 mm of rainfall per year (9 % in the IA zone) (Map 1) and gradually decreased to 4.07 % in the driest areas (zone V) ( $P < 0.01$ ).

Comparison of the proportions of seropositivity to MV between flocks with different survival rates (*i.e.* annual percentage of sheep not dying or culled) in 1991 (the year prior to sampling), showed a variation of the infection rate ( $P < 0.001$ ). Occurrence of MV infection was highest in flocks with a 8-18 % reduction of survivability (53 % of the MV positive sheep).

Similarly, flocks were also compared according to their mortality rate of adults during 1991, which showed a positive relation with the infection rate ( $P < 0.001$ ) ; 77 % of the MV positive sheep belonged to flocks with a mortality rate of 1 to 10 %.

## DISCUSSION

Antibodies against the Maedi Visna virus were found in most of the provinces of Syria where serum was collected (table II).

No seropositive animals were found in the three Southern provinces of Damascus, Konaitra and Sweida. This may be related to the fact that these provinces do not lie on the major East-West line of transhumance. The lower livestock movement consequently may relatively reduce the risk of introduction of this disease. The seropositivity found in sheep from the Daraa province may be due to the import of animals from other regions.

Proportions of infected sheep were found to increase with age. This corresponds to the findings of surveys in other countries (3). Mortality or culling explain probably the absence of seropositivity in sheep older than eight years.

The study of possible factors of influence on MV epidemiology showed interesting aspects. Distribution of MV infection appeared to be related to the use of folds and their quality. The stress due to exposure during the night or sheltering in poorly ventilated and humid folds might facilitate the occurrence of the infection. Sheep from the wettest regions, with more than 600 mm of rainfall per year (IA zone), showed the highest prevalence of MV. This aspect remain unclear and needs further evaluation.

The MVv infection could be related to losses in sheep production, especially with a 8-18 % reduction of survivability (*i.e.* annual percentage of sheep not dying or culled)

and with a 1-10 % mortality rate among adults. This mortality rate does not represent a relevant finding while it occurs normally in sheep flocks. Nevertheless, it is worthwhile to take into account the estimation of losses due to MVv in previous studies undertaken in other countries. These studies indicate that the losses gradually increased over several years and reached 15-30 % annually in some flocks (7).

## CONCLUSIONS

This survey demonstrates that infection with Maedi Visna virus is widespread in Syria. However, the low prevalence reported may suggest the possibility of eradicating the disease, as the pathology caused by the virus is known to adversely affect animal production. The cost effectiveness of control measures must be investigated. As vaccination is not available (2), these measures actually rely on prevention, through serological tests of the initial flocks when sheep originate from another flock (7) and eradication in the flocks, according to the proportion of infected animals :

- test every six months and culling of reactors and their progeny, when the proportion of infected animals is low (1, 4, 6) ;

- isolations and tests in heavily infected flocks, by removing lambs from infected ewes at birth and raising them artificially, and isolated from the infected flock (1, 5).

Once a seronegative flock is established, annual monitoring of the serological status is necessary to assure that the flock remains virus-free (1) and to control any new introduction.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We extend our thanks to all those who kindly helped us in this study, including Ing. H. BLONDEEL, National Institute for Veterinary Research, Brussels, Belgium ; Mr F.A. BAHADY and the staff of the Sheep Unit, Pasture Forage and Livestock Programme, ICARDA, and naturally all the farmers who agreed to participate in this study.

## REFERENCES

1. CUTLIP (R.C.), LEHMKUHL (H.D.). Eradication of ovine progressive pneumonia from sheep flocks. *J. Am. vet. med. Ass.*, 1986, **188** (9): 1026-1027.
2. CUTLIP (R.C.), LEHMKUHL (H.D.), BROGDEN (K.A.), SCHMERR (M.J.F.). Failure of experimental vaccines to protect against infection with ovine progressive pneumonitis (Maedi-Visna) virus. *Vet. Microbiol.*, 1987, **13**: 201-204.
3. GATES (N.L.), WINWARD (L.D.), GORHAM (J.R.), SHEN (D.T.). Serologic survey of prevalence of ovine progressive pneumonia in Idaho range sheep. *J. Am. vet. Ass.*, 1978, **173** (12): 1575-1577.

M. Giangaspero D. Tabbaa H. Nishikawa E. Vanopdenbosh

4. HOFF-JORGENSEN (R.). Maedi-Visna in Danish sheep. *Bull. Off. int. Épizoot.*, 1978, **89**: 527-530.

5. HOUWERS (D.J.), DE BOER (G.F.), SCHAAKE (J. Jr.), KONIG (C.D.W.). Maedi-Visna control in sheep. I. Artificial rearing of colostrum-deprived lambs. *Vet. Microbiol.*, 1983, **8**: 179-185.

6. HOUWERS (D.J.), SCHAAKE (J. Jr.), DE BOER (G.F.). Maedi-Visna control in sheep. II. Half-yearly serological testing with culling of positive ewes and progeny. *Vet. Microbiol.*, 1984, **9**: 449-451.

7. PETURSSON (G.), GEORGSSON (G.), PALSSON (P.A.). Maedi-Visna virus. In : HORZINEK (M.C.), Ed. *Virus diseases of ruminants*. Amsterdam, Elsevier, 1990. Chap. 24. P. 267-278.

**GIANGASPERO (M.), TABBAA (D.), NISHIKAWA (H.), VANOPDENSBOSH (E.).** Epidemiological survey of the Maedi Visna (MV) virus in Syrian Awassi sheep. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 431-434

Awassi sheep sera from all the Syrian provinces were tested for antibodies against the Maedi Visna (MV) virus using the Agar Immuno-diffusion test. Eighty-seven animals out of 1,445 tested, showed positiveness (6 %) to MV glycoprotein 135. The infection was detected in most provinces except in the Southern provinces of Damascus, Sweida and Konaitra. Use and quality of folds and rainfall were considered as factors influencing Maedi Visna distribution. The infection could be related to losses in sheep production and especially to the reduction in survivability (*i.e.* annual percentage of sheep not dying or culled).

*Key words* : Sheep - Awassi sheep - Maedi Visna virus - Epidemiology - Sera - Antibody - Glycoprotein - Immunodiffusion test - Syria.

**GIANGASPERO (M.), TABBAA (D.), NISHIKAWA (H.), VANOPDENSBOSH (E.).** Encuesta epidemiológica del virus de Maedi Visna (MV) en ovejas Awassi sirias. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 431-434

Con el fin de detectar anticuerpos anti virus de Maedi Visna (MV), se examinaron sueros de ovinos Awassi procedentes de todas las provincias sirias, mediante el test de inmunodifusión en agar. Ochenta y siete animales, de los 1 445 examinados, presentaron resultados positivos (6 p. 100) a la glicoproteína 135 del MV. Se detectó la infección en la mayoría de las provincias excepto en las meridionales : Damasco, Sweida y Konaitra. El uso y la calidad de forraje y la pluviosidad han sido considerados como factores que influyen la distribución del MV. La infección podría estar relacionada con pérdidas en la producción ovina, especialmente en la reducción de la supervivencia (por ejemplo, el porcentaje anual de ovejas que no mueren o van al matadero).

*Palabras claves* : Ovino - Oveja Awassi - Virus de Maedi Visna - Epidemiología - Suero - Anticuerpo - Glicoproteína - Test de inmunodifusión - Siria.

## Communications

### Epidemiology of *Salmonella* infections in Trinidadian livestock farms

A.A. Adesiyun<sup>1</sup>

J.S. Kaminjolo<sup>1</sup>

R. Loregnard<sup>2</sup>

W. Kitson-Piggott<sup>3</sup>

ADESIYUN (A.A.), KAMINJOLO (J.S.), LOREGNARD (R.), KITSON-PIGGOTT (W.). Épidémiologie des salmonelloses dans les élevages de Trinidad. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 435-437

Les fèces de 689 animaux domestiques ont été examinées pour rechercher des salmonelles, et les antibiogrammes des isolats ont été établis. Au total, 29 (4,2 p. 100) animaux présentaient des salmonelles. On a rencontré la plus forte prévalence chez les veaux, puisque 14 sur 293 (soit 4,8 p. 100) étaient *Salmonella* positifs, tandis qu'elle était la plus faible chez les chevreaux, aucune salmonelle n'étant détectée chez les 18 animaux examinés. Chez les porcelets, 12 animaux sur 294 (4,1 p. 100) présentaient des salmonelles, alors que ce chiffre s'élevait à 3 sur 84 (3,6 p. 100) chez les agneaux. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative ( $p \geq 0,05$ ;  $\chi^2$ ) entre les animaux soumis à une conduite semi-intensive (4,4 p. 100) et ceux élevés de façon intensive (4,3 p. 100), entre les animaux diarrhéiques (5,0 p. 100) et les non diarrhéiques (3,3 p. 100), entre les femelles (5,2 p. 100) et les mâles (3,4 p. 100). Neuf sérotypes ont été isolés, avec une prédominance de *S. hadar*, *S. gaminara* et *S. typhimurium* respectivement chez les veaux, les porcelets et les agneaux. L'existence des deux sérotypes *S. kinshasa* et *S. virchow* est décrite pour la première fois chez des animaux des Antilles. Toutes les souches de salmonelles ont été sensibles à l'ampicilline et à la gentamycine, alors que la résistance aux tétracyclines était élevée (40 p. 100), ainsi qu'à une préparation base de néomycine, sulfaméthazine et sulfathiazole dénommée "triple sulphur" (30,0 p. 100) et à la streptomycine (26,7 p. 100).

**Mots clés :** Bovin - Veau - Caprin - Chevreau - Porcin - Porcelet - Ovin - Agneau - Salmonellose - *Salmonella* - Épidémiologie - Antibiogramme - Sérotype - Diarrhée - Résistance aux produits chimiques - Trinité - Antilles.

### Introduction

In Trinidad and the West Indies in general, there is a lack of information on *Salmonella* infection in livestock especially in association with diarrhoea. Although *Salmonella* species have been isolated from children with gastroenteritis in Trinidad (8), the only available reports on isolation from animals were from slaughter swine (3) and wild-life (5).

1. School of Veterinary Medicine, Faculty of Medical Sciences, The University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad, Trinité et Tobago.

2. Quarantine Station, Curepe, Trinidad, Trinité et Tobago.

3. Veterinary Diagnostic Laboratory, Curepe, Trinidad, Trinité et Tobago.

Reçu le 16.10.1992, accepté le 27.1.1993.

As part of comprehensive study to determine selected enteric pathogens associated with diarrhoea in livestock in Trinidad, this communication reports the frequency of *Salmonella* from calves, piglets, lambs and kids and the antibiograms of the strains.

### Materials and Methods

Between April and September, 1991, through arrangements with field veterinarians who attend to calls by farmers, weekly visits were paid to several livestock farms for evidence of diarrhoeic animals as part of a study to determine the enteric pathogens associated with diarrhoea in Trinidad. Samples were therefore only taken from farms with diarrhoeic animals. Animals were sampled from 25, 20, 8 and 7 farms raising pigs, cattle, sheep and goats, respectively. During each visit, all diarrhoeic animals were sampled and, where possible, samples were also collected from the same number of non-diarrhoeic controls matched for age, sex and breed. A prepared questionnaire was used to find out the age, sex, husbandry system, experience with diarrhoea and ongoing therapy on the farms. During the six-month period, repeated visits were made to several farms following calls reporting cases of diarrhoea, but no animal was sampled twice.

Faecal samples or rectal swabs were collected as earlier described (9) and isolation and identification procedures described for *Salmonella* (10) were used. Serotypings of *Salmonella* isolates were kindly done at the Caribbean Epidemiology Centre (CAREC), Trinidad.

To determine the antibiograms of strains, the antimicrobial discs (Difco, USA) and concentrations used were as follows: tetracycline (30 µg), triple sulphur (300 µg), streptomycin (10 µg), neomycin (30 µg), nalidixic acid (30 µg), kanamycin (30 µg), chloramphenicol (30 µg), ampicillin (10 µg) and gentamycin (10 µg). Tests were conducted by the disc diffusion method of BAUER *et al* (2).

### Results

A total of 689 animals consisting of 293 calves, 294 piglets, 84 lambs and 18 kids were studied. Of these, 175 calves (59.7 %), 179 piglets (60.9 %), 57 lambs (67.9 %) and 10 kids (55.6 %) were diarrhoeic at the time of sampling. For the four animal species studied, semi-intensively managed animals had higher prevalences of diarrhoea than those kept under the intensive management system. A total of 360 male and 329 female animals were studied. All animals considered in this presentation were less than 6 months old.

In total, 29 (4.2 %) of 689 young livestock sampled were shedding salmonellae. The prevalence of salmonellae was highest amongst calves (4.8 %) and least in kids with no isolation made. Twelve (4.1 %) of 294 piglets and

## Communication

3 (3.6 %) of 84 lambs sampled were positive for salmonellae. The differences in prevalence were, however, not statistically significant ( $P \geq 0.05$ ;  $\chi^2$ ).

Intensively-managed animals had the same *Salmonella* prevalence of 4.3 % (24 of 562) as that detected amongst semi-intensively kept animals 4.4 % (5 of 114). No strain of *Salmonella* was, however, isolated from animals kept under the extensive management system. A larger number of diarrhoeic animals, 5.0 % (21 of 421) yielded salmonellae than non-diarrhoeic controls, 3.0 % (8 of 268), but the difference was not statistically significant.

Twelve of 360 males (3.3 %) and 17 of 329 females (5.2 %) tested were positive for salmonellae.

A total of nine serotypes were isolated with a predominance of *S. hadar* (7 of 15), *S. gaminara* (5 of 12) and *S. typhimurium* (3 of 3) amongst strains from calves, piglets and lambs, respectively. *S. typhimurium* was the only serotype commonly isolated from calves, piglets and lambs while the other serotypes of strains isolated from calves were distinctly different from those recovered from piglets. In calves, other isolated serotypes were *S. typhimurium* (1 isolate), *S. newport* (4), *S. virchow* (1), *S. kinshasa* (1) and *S. infantis* (1). In piglets, other isolated serotypes were *S. agona* (3), *S. derby* (2) and *S. typhimurium* (2). A calf was positive for serotypes *S. hadar* and *S. newport*. Twenty-two (73.3 %) of the 30 isolates of *Salmonella* were recovered from diarrhoeic animals compared to only 8 (26.7 %) strains recovered from non-diarrhoeic controls.

All calves positive for *Salmonella* were aged 2 to 7 weeks while the age groups of piglets and lambs positive to *Salmonella* were 2 to 8 weeks and 4 to 6 weeks, respectively.

All 30 strains were sensitive to ampicillin and gentamycin, but resistance was rather high to tetracycline (40.0 %), triple sulphur (30.0 %) and streptomycin (26.7 %). Resistance was highest to tetracycline and streptomycin amongst isolates from calves with 7 (46.7 %) of 15 each resistant.

Fifteen (50.0 %) out of 30 isolated strains were sensitive to all 9 antimicrobial agents tested whilst 3, 7, 4 and 1 strains were resistant to one, two, three and four antimicrobial agents, respectively. The most common patterns were streptomycin-tetracycline (4 strains), tetracycline-triple sulphur (3 strains) and streptomycin-tetracycline-triple sulphur (3 strains).

### Discussion

Failure to detect a statistically significant association between isolation of *Salmonella* and occurrence of diarrhoea in the experimental animals was a surprise. This is because salmonellae have been associated with diarrhoea in livestock (11, 15, 16). HULL *et al.* (8) in the

same environment established a correlation between isolation of *Salmonella* and occurrence of diarrhoea in children in Trinidad.

KWAGA *et al.* (9), however, found a similar lack of association between *Salmonella* infections and diarrhoea in cattle in Nigeria. A factor that may be partly responsible is that the clinical disease is most common in calves 2 to 4 weeks old and a small proportion of animals remain infected after clinical recovery (12). In the present study, one-day to 6 month-old calves were sampled. Other factors that may be important are the role of maternal immunity in young animals and the presence of recovered or recovering carriers which may, at sampling time, be non-diarrhoeic but shedding salmonellae. The fact that samples were only collected from farms with diarrhoeic animals should not be ignored either.

The rates of isolation of salmonellae from intensively and semi-intensively managed farms were similar. It has been suggested that *Salmonella* are isolated with a higher frequency from animals under the intensive husbandry system, because it is conducive to the spread of infection (14). It is however known that variables such as type of specimen and techniques of isolation influence the rate of isolation (6) while management practices within each of the systems may also affect spread of *Salmonella* between animals.

The well documented diversity of *Salmonella* serotypes (6) was evident with nine different serotypes detected amongst 30 strains of *Salmonella*. *S. typhimurium*, a serotype, which together with *S. dublin*, *S. cholera-suis* and *S. abortus-ovis* were responsible for 91.6 % of *Salmonella* infections in animals in England and Wales (17) again exhibited its being ubiquitous with its isolation from the three animal species positive for *Salmonella*.

The isolation of two serotypes, *S. gaminara* and *S. virchow*, hitherto unreported in livestock in Trinidad but earlier documented in human infections confirms the introduction of new serotypes into farm animals.

It was of interest to detect a clear-cut predominance of *Salmonella* serotypes in the 3 animal species positive for the organism, *S. hadar* in calves, *S. gaminara* in piglets and *S. typhimurium* in lambs. These serotypes may have aetiological significance since 6 of 7 isolates of *S. hadar*, 4 of 5 porcine isolates of *S. typhimurium* were recovered from diarrhoeic animals. Establishment of the complete absence of all other enteric pathogens in the animals infected by these serotypes is needed to confirm their significance. It is, however, necessary to consider these serotypes in the epidemiology of salmonellosis in the different animal species.

The prevalence of antibiotic resistance amongst *Salmonella* strains from livestock in Trinidad is much higher than that reported for developed countries like the United Kingdom (18), New Zealand (7) and the USA (13). A

similar prevalence of resistance to antibiotics was, however, reported for sheep and goat isolates of *Salmonella* in Nigeria.

The detection of a relatively high prevalence of resistance (30.0 %) to triple sulphur was not a surprise. This may be due to the fact that a commonly used anti-diarrhoeal preparation, available in almost all farms visited, contained neomycin, sulfamethazine and sulfathiazole, the latter two agents in high concentrations. The uncontrolled use of these anti-diarrhoeal drugs may have resulted in the development of resistance amongst *Salmonella* isolates in livestock.

In conclusion, it is difficult to ascribe any aetiological significance to the *Salmonella* serotypes isolated because their prevalences in the diarrhoeic and non-diarrhoeic livestock were not significantly different. The possible role of other enteropathogens not assayed for in obscuring any existing trend cannot be ignored. Finally, a commonly used anti-diarrhoeal preparation in Trinidad may be responsible for a relatively high resistance to triple sulphur.

### Acknowledgements

The financial support provided by the University of the West Indies, St. Augustine Campus Research Committee is appreciated. The assistance rendered by Dr. JOHNSON of the Quarantine station, Curepe is acknowledged. We thank Mrs. AWEEDA NEWAJ-FYZUL for her technical assistance.

### References

1. ADESIYUN (A.A.), DASUKI (M.O.), IBRAHIM (G.A.). Occurrence and antibiograms of salmonellae isolated from slaughter sheep and goats in Zaria, Nigeria. *Isr. J. vet. Med.*, 1988, **44** : 248-255.
  2. BAUER (A.W.), KIRBY (W.M.), SHERRIS (J.C.), TURCK (M.). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disc method. *Am. J. clin. Path.*, 1966, **54** : 493-496.
  3. CAZABON (E.P.I.), BERMENT (M.P.), SUPERSAD (N.). *Salmonella* infection in market swine, Trinidad and Tobago. *Bull. Pan. Am. Hlth Org.*, 1978, **12** : 51-54.
  4. CORKE (M.), BLAKE (P.), COULSON (A.E.), NICHOLSON (J.B.). The isolation of salmonellae from domestic ruminants at slaughter. In : Royal Vet. Coll., West African Research Team final Report, 1975. P. 12-14.
  5. EVERARD (C.O.R.), TOTA (B.), BASSETT (D.), ALI (C.). *Salmonella* in wildlife from Trinidad and Grenada, W.I. *J. Wildl. Dis.*, 1979, **15** : 213-219.
  6. HARVEY (R.W.S.), PRICE (T.H.). Principles of *Salmonella* isolation. *J. appl. Bact.*, 1979, **46** : 27-56.
  7. HEFFERNAN (H.M.). Antibiotic resistance among *Salmonella* from human and other sources in New Zealand. *Epidem. Infect.*, 1991, **106** : 17-23.
  8. HULL (B.P.), SPENCE (L.), BASSETT (D.), SWANSTON (W.H.), TIKASINGH (E.S.). The relative importance of rotavirus and other pathogens in the etiology of gastroenteritis in Trinidadian children. *Am. J. trop. Med. Hyg.*, 1982, **31** : 142-148.
  9. KWAGA (J.K.P.), UMOH (J.U.), ADDO (P.B.), BELINO (E.D.). Prevalence of *Salmonella* in cattle in Kaduna State, Nigeria. *Trop. Vet.*, 1984, **2** : 133-136.
  10. MACFADDIN (J.F.). Biochemical tests for identification of medical bacterial. New York, Williams and Wilkins, 1977.
  11. MINGA (U.M.), LICHT (H.H.), SHLUNDT (J.). Four outbreaks of salmonellosis due to *Salmonella typhimurium* among cattle in one district in Denmark : case reports. *Brit. vet. J.*, 1985, **141** : 490-497.
  12. MORSE (E.V.). Salmonellosis. In : AMSTUTZ (A.), Ed. Bovine Medicine and Surgery. 2nd ed. Vol.2. Washington, American Veterinary Publications, 1980.
  13. NEU (H.C.), CHERUBIN (C.E.), LONGO (E.D.), FLOUTON (B.), WINTER (J.). Antimicrobial resistance and R-factor transfer among isolates of *Salmonella* in Northeastern United States: a comparison of human and animal isolates. *J. Infect. Dis.*, 1975, **132** : 617-622.
  14. OSBORNE (A.D.), LINTON (A.H.), PETHIYAGODA (S.). Epidemiology of *Salmonella* infection of calves. II. Detailed study in a large beef rearing unit. *Vet. Rec.*, 1974, **94** : 604-610.
  15. RICHARDSON (A.). Salmonellosis in cattle. *Vet. Rec.*, 1975, **96** : 329-331.
  16. RICHARDSON (A.). Outbreaks of bovine salmonellosis caused by serotypes other than *S. dublin* and *S. typhimurium*. *J. Hyg. (Camb.)*, 1975, **74** : 195-203.
  17. SOJKA (W.J.), WRAY (G.), HUDSON (E.B.), BENSON (J.A.). Incidence of *Salmonella* infection in animals in England and Wales, 1968-1973. *Vet. Rec.*, 1975, **96** : 280-284.
  18. WRAY (C.), BEEDELL (Y.E.), McLAREN (I.M.). A survey of antimicrobial resistance in salmonellae isolated from animals in England and Wales during 1984-1987. *Br. vet. J.*, 1991, **147** : 356-369.
- ADESIYUN (A.A.), KAMINJOLO (J.S.), LOREGNARD (R.), KITSON-PIGGOTT (W.).** Epidemiology of *Salmonella* infections in Trinidadian livestock farms. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 435-437

Faeces of 689 diarrhoeic and non-diarrhoeic livestock were examined for salmonellae and the antibiograms of isolates were determined. Twenty-nine (4.2 %) animals were positive for *Salmonella*. The highest prevalence was detected amongst calves with 14 (4.8 %) of 293 found positive and the lowest prevalence in kids with none of 18 sampled shedding salmonellae. Twelve (4.1 %) of 294 piglets and 3 (3.6 %) of 84 lambs tested were positive for *Salmonella*. There were no statistical differences ( $P \geq 0.05$ ;  $\chi^2$ ) between animal semi-intensively managed (4.4 %) and those intensively kept (4.3 %), between diarrhoeic (5.0 %) and non-diarrhoeic (3.3 %), between females (5.2 %) and males (3.4 %). Nine serotypes were isolated with a predominance of *S. hadar*, *S. gaminara* and *S. typhimurium* in calves, piglets and lambs, respectively. Two serotypes, *S. kinshasa* and *S. virchow* are reported for the first time in animals in the West Indies. All *Salmonella* strains were sensitive to ampicillin and gentamycin whereas resistance was high to tetracycline (40.0 %), triple sulphur (30.0 %) and streptomycin (26.7 %).

**Key words :** Cattle - Calf - Goat - Kid - Pig - Piglet - Sheep - Lamb - Salmonellosis - *Salmonella* - Epidemiology - Antibiogram - Serotype - Diarrhoea - Chemical resistance - Trinidad - West Indies.

## Anthrax in humans and camels in the Sudan with reference to the disease in the country

M.T. Musa<sup>1</sup>

A.M. Shomein<sup>2</sup>

Y.M. Abd El Razig<sup>3</sup>

N.T. Meki<sup>2</sup>

S.M. El Hassan<sup>3</sup>

MUSA<sup>1</sup> (M.T.), SHOMEIN (A.M.), ABD EL RAZIG (Y.M.), MEKI (N.T.), EL HASSAN (S.M.). La fièvre charbonneuse chez l'homme et le dromadaire au Soudan. Épidémiologie de la maladie dans le pays. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 438-439

Les auteurs dressent un tableau épidémiologique de la fièvre charbonneuse au Soudan, après l'apparition d'un foyer concernant six dromadaires et dix personnes, en 1988, à la frontière avec le Tchad.

*Mots clés* : Dromadaire - Charbon bactérien - *Bacillus anthracis* - Vaccination - Épidémiologie - Zoonose - Soudan.

### Introduction

Anthrax in the Sudan was first recognized in 1917 (1) and was then annually reported nation-wide affecting many kinds of domestic animals and wildlife (2). In 1946 (3), it was decided to vaccinate all export animals, hence the disease was controlled in quarantines where it was predominant. Mass vaccination of animals in the field was started in 1951 (4), however the disease is still sporadically occurring throughout the country. Similarly, it was found widely spread in West Africa (19, 20).

The habits of Sudanese of slaughtering sick animals for meat and skins have caused many hazards to the people (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14) and might also have played a role in further dissemination of the disease from the soil (15).

The present paper reports an outbreak of anthrax in camels causing human infections in the Northern Darfur Province of the Western Sudan.

### History

In February 1988 anthrax outbreaks flared up near Kulbus town at the borders with Chad, involving six camels

1. Nyala Regional Veterinary Research Laboratory, P.O. Box 24, Nyala, Soudan.

2. Veterinary Research Administration, P.O. Box 8067 El Amarat, Khartoum, Soudan.

3. Department of Epidemiology, Ministry of Animal Resources, P.O. Box 293, Khartoum, Soudan.

Reçu le 22.2.1990, accepté le 1.6.1993.

and ten persons. The disease was first observed in a female camel shortly after returning from water. The next day it was slaughtered for meat. Consequently, ten people, seven men and three women and later another five camels were infected.

### Materials and Methods

In the outbreak area, the infected people were examined and questioned. Dried meat samples from two dead camels were collected for the detection of *Bacillus anthracis*, the suspected cause of the disease. In the laboratory, two grams of the meat were used for the recovery of the bacterial spores according to BUXTON and FRASER method (17).

The presence of the spores was confirmed microscopically by preparing slides stained with Methylene blue. The filtrates containing the spores were heated to kill the vegetative forms of bacteria (17) and amounts of 0.5 ml were used to inoculate semi-solid agar media, plates were poured, incubated at 37°C overnight and examined for cultural characteristics of *B. anthracis* (17). According to the same authors two grams of the dried meat were used to extract *B. anthracis* antigen for Ascoli's test employing antianthrax hyperimmune serum manufactured by the Pasteur Institute Paris, 1972. A positive control antigen was included in the test.

### Results

Symptoms of the disease in humans and camels were characteristic for anthrax. The duration of illness in the first infected camel was less than 24 h and the prominent symptoms were salivation, bloody anal discharge and dark unclotted blood observed in the heart and intestines. Ten persons who either participated in the slaughtering, cooking, eating or who had come in contact with the infected meat and effluent, were infected and signs of the disease appeared 36-48 h after slaughter of the animal. Some people who only ate the meat were unaffected, which might be due to differences in cooking. The first infected person showed inflammation and itching of the arm on the second day after slaughter and his condition was misdiagnosed as allergy. He died on the third day of the disease signs. The rest of the patients showed varied symptoms and lesions which were cutaneous, respiratory and intestinal forms exhibited by malignant carbuncles, cough with bloody sputum and both bloody diarrhoea and haemoptosis, respectively. Lymphadenitis was observed in some people. One patient showed a laryngeal oedema probably due to swallowing of *B. anthracis* spores. Pyrexia was common and in one person the temperature was 106°F. The patients were treated with ampicillin and septrin, but four of them did not respond to the treatment and died, probably due to some serious complications and the use of antibiotics alone rather than comple-

ting them with cortisone (20). The course of the disease in the survivors was long (19-30 days).

Immediately after the infection of the first camel, another four became ill, had symptoms similar to those of the former and died. A month later a sixth camel showed elevation of temperature (105.8°F) and was suspected for anthrax, and treated with oxytetracycline.

Two foxes were also found dead near the outbreak site. Their cause of death was alleged to be due to scavenging in the premises of the dead camels.

#### Laboratory tests results

The dry meat samples contained bacterial spores which had typical characteristics of *B. anthracis*. Ascoli's precipitin test was positive confirming the disease as anthrax.

#### Control

The area of the tragedy was proclaimed a high risk site. Consequently the animal market was closed, offtake of livestock prohibited and slaughter banned for one month. The remnants and premises of the dead camels and trees on which the meat was dried were burned. Camel owners were evacuated to new settlements and put under surveillance. 7,000 camels, 31,000 cattle, sheep and goats and a few equines were vaccinated against the disease.

#### Discussion

In Africa, anthrax frequently affects livestock and people coming in contact with the sick animals or handle their by-products. Many such outbreaks were reported in Senegal, Côte d'Ivoire and Mali (19) and the neighbouring Chad (20). In the Sudan anthrax is enzootic (18) and it is believed that soil is acting as a focus for dissemination of the disease in nature (15). Opposite to what was reported elsewhere (20) many cases of anthrax were diagnosed in humans, but could not be detected in animals (5, 9, 11, 12). In Eastern Sudan where the disease is endemic, it is thought that River Gash is distributing anthrax spores from slaughtered sick animals along the course of the river during summer. There the incidence of anthrax in humans exceeded those of animals (12) and the Aroma district on the west bank of Gash was reported to be a persistent site of the disease (14).

In Darfur Western Sudan, the disease is sporadic but was found to cause considerable losses in the Southern part of the region. In 1951, a severe outbreak occurred resulting in deaths of 310 cattle, nine horses, nine donkeys in one area and 71 cattle, 33 donkeys in another. During the following year, a serious outbreak occurred in cattle and several cases of anthrax in humans were reported (16). In Northern Darfur, however, reports about the disease are scarce.

The source of the present outbreak was suspected to be a water dam contaminated from a focus of the disease or the field where the first camel picked up the infection which thereafter spread through the water effluents. Migration of animals from Chad might also have influenced the outbreak.

Routine vaccination of camels should be practised especially when they are migrating southwards where the disease is known to occur. Nomads should be informed about the serious zoonotic diseases.

#### Conclusion

Anthrax in humans and camels in the Sudan was investigated. Five camels and five people infected died, and the rest was treated successfully. The disease was symptomatically diagnosed in humans and definitely by Ascoli's precipitin test. Control of the disease was achieved by mass vaccination of the animals in the area.

#### Acknowledgements

Our thanks are due to Dr. Mohamed EL AMIN, the District Medical Officer, for his help, the Director of Veterinary Research Administration and the Under Secretary of Animal Resources, Khartoum, Sudan, for allowing to publish the article.

#### References

- 1 to 16. Animal Health. Annual reports of the Veterinary Department, Khartoum, Sudan, 1917, 1917 to 1946, 1946, 1951-1952, 1926, 1931, 1935, 1954-1955, 1957-1958, 1958-1959, 1959-1960, 1960-1961, 1961-1962, 1968-1969, 1942 and 1952-1953.
17. BUXTON (A.), FRASER (G.). *Animal Microbiology*, vol. 1. London, Blackwell Scientific Publication, 1977. P.195-203.
18. EL NASRI (M.). Present status of diseases and disease control. *Sudan J. vet. Sci. Anim. Husband.* 1966, 7 (2) : 34-43.
19. SIMAGA (S.Y.), ASTORQUIZA (E.), THIERO (M.), BAYLET (R.). Un foyer de charbon humain et animal dans le cercle du Kati (République du Mali). *Bull. Soc. Pathol. exot.*, 1980, 73 : 23-28.
20. SIROL (J.), GENDRON (Y.), CONDAT (M.). Le charbon humain en Afrique. Réflexion à partir de 22 nouveaux cas observés en Haute-Volta. *Bull. Org. mond. Santé*, 1973, 49 : 143-148.

MUSA (M.T.), SHOMEIN (A.M.), ABD EL RAZIG (Y.M.), MEKI (N.T.), EL HASSAN (S.M.). Anthrax in humans and camel in the Sudan with reference to the disease in the country. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 438-439

The situation and epidemiology of anthrax in the Sudan is reviewed after an outbreak involving 6 camel and 10 human cases in 1988 at the Chad border.

*Key words* : Dromedary - Anthrax - *Bacillus anthracis* - Vaccination - Epidemiology - Zoonosis - The Sudan.

# Épidémiologie de la cowdriose au Sénégal. I. Étude de la transmission et du taux d'infection d'*Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794) dans la région des Niayes

A. Gueye<sup>1</sup>Mb. Mbengue<sup>1</sup>A. Diouf<sup>1</sup>

GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.). Épidémiologie de la cowdriose au Sénégal. I. Étude de la transmission et du taux d'infection d'*Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794) dans la région des Niayes. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 441-447

Les auteurs rapportent les résultats de recherches sur les taux d'infection par *Cowdria ruminantium* des populations de nymphes et imagos d'*Amblyomma variegatum* dans la zone des Niayes, ainsi que sur les taux de transmission de cette rickettsie par ces diverses stases. Les expériences ont été réalisées sur des moutons provenant de la zone sahélienne où la tique vectrice n'est pas endémique. L'estimation du taux d'infection réalisée par inoculation du broyat de tiques à des ovins a donné les prévalences suivantes : t = 13,3 p. 100 pour les nymphes et t = 1,2 p. 100 pour les adultes. Les taux de transmission calculés sur la base d'un décompte hebdomadaire des nymphes et des adultes avec marquage de ces derniers, donnent les valeurs minimales suivantes : 11,1 p. 100 pour les nymphes et 9,5 p. 100 pour les imagos. Des études menées en station, en utilisant des nymphes et des imagos gorgées à leur stade larvaire ou nymphale sur des moutons infectés, ont montré des taux d'infection de 100 p. 100. La transmission assurée par des nymphes et des imagos provenant de ces mêmes lots est de 80 p. 100. Des essais de transmission intrastadiale par des mâles et des femelles préalablement gorgés sur des moutons en phase d'hyperthermie sont infructueux.

Mots-clés : Ovin - Cowdriose - *Cowdria ruminantium* - Rickettsie - Infection - Transmission des maladies - Tique - *Amblyomma variegatum* - Prévalence - Épidémiologie - Sénégal.

## INTRODUCTION

La cowdriose est une rickettsiose des ruminants due à *Cowdria ruminantium* (Cowdry, 1925). A l'origine, maladie strictement limitée à la région faunique afrotropicale, elle fut probablement introduite aux Antilles au siècle dernier lors de l'importation d'un de ses vecteurs africains, la tique *Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794), signalée par CURASSON (7). Elle y est devenue une néoentozootie, constituant ainsi une menace sérieuse pour les zones tropicales du continent américain (2).

Les pertes importantes qu'elle engendre à la fois sur le bétail exotique et sur le cheptel indigène dans certaines contrées de l'Afrique, justifient les actions menées en vue de son contrôle. Au Sénégal, les bovins laitiers importés ainsi que les petits ruminants paient un lourd tribut à cette affection (8, 9). Les paramètres épidémiologiques ne sont pas encore totalement appréhendés pour favoriser une prophylaxie judicieuse et permettre de stabiliser l'enzootie au niveau des aires de distribution de la tique

vectrice, en l'occurrence *Amblyomma variegatum*. Quelques facteurs importants à préciser, et qui sont susceptibles de concourir à la réalisation de tels objectifs, sont :

- la distribution et l'abondance du vecteur et la dynamique de ses populations ;
- la détermination des taux d'infection de la tique et des taux de transmission de l'infection aux hôtes sensibles ;
- la situation de l'état immunitaire des animaux en fonction de leur âge et de la saison, dans les différentes zones écologiques.

Les aspects relatifs à l'écologie des diverses espèces de tiques et les rapports avec leurs hôtes ont déjà été examinés (4, 5, 10, 11, 12, 13, 15). Quant à la présence de l'agent pathogène chez les tiques, son niveau reste à déterminer, ainsi que la capacité réelle de ces acariens à la propager parmi le cheptel.

L'intérêt de l'évaluation de la prévalence d'une infection au sein d'une population d'un vecteur peut être illustré par l'exemple de la mise au point et de l'application de stratégies adéquates de lutte contre la babésiose bovine (16). Cette méthode fait appel au contrôle de la charge parasitaire minimale assurant l'immunisation naturelle des animaux contre cette maladie.

Dans la même perspective, les premières investigations concernant la cowdriose ont débuté dans la zone des Niayes. Des épizooties régulières de cette rickettsiose sont observées ici, de même que des populations importantes d'*Amblyomma variegatum* dont les variations d'abondance saisonnière ont déjà été rapportées (10). Cette région constitue la façade maritime de la zone sahélienne, avec cette particularité de disposer de reliques de forêts guinéennes dans certains sites. Elle est caractérisée en outre par un microclimat assez singulier résultant des effets du courant froid des Canaries et des alizés.

Au sein de cette région, une aire géographique de 1 500 ha, délimitée par les villages de Keur Massar, Kamb et la ville de Rufisque, a été choisie pour mener les présentes études. Les effectifs des troupeaux qui exploitent ces parcours naturels restreints sont évalués à 1 182 bovins et 461 caprins. Les 167 ovins de ces localités restent plutôt cantonnés à l'intérieur des villages pour des raisons sanitaires (9).

1. ISRA-LNERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal.

Reçu le 3.8.1992, accepté le 14.9.1993.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les moutons destinés aux expériences sont tous des Touabire ou des Waralé (Touabire x Peul), et proviennent de la zone sahélienne où la tique *Amblyomma variegatum* est très rare et très localisée. Etant donné leurs terroirs d'origine, ces ovins n'ont vraisemblablement pas eu de contact avec l'agent causal de la cowdriose. Les animaux choisis, tous adultes et des deux sexes, sont identifiés par une boucle numérotée fixée à l'oreille.

Les investigations sur le terrain, relatives aux taux d'infection des tiques et à la transmission, ont été effectuées à la saison des pluies en ce qui concerne les imagos et à la saison sèche pour les nymphes. Quant aux essais en station, les tiques utilisées viennent de l'élevage entretenu au laboratoire. L'examen clinique des animaux en station dure un mois pour chacune des expériences.

### Taux d'infection des tiques dans la nature

Des bovins entièrement détiqués sont conduits au pâturage le matin afin de servir d'appât à des tiques adultes qui sont à la recherche d'hôtes. Cependant, pour les nymphes, il est fait appel de préférence aux moutons. Dès le retour de ces animaux à l'enclos le soir, les tiques fixées et non gorgées sont récoltées puis mises à gorger sur des lapins pendant 4 ou 5 jours. Elles sont ensuite recueillies, mises en lots de 3 puis broyées dans du PBS (pH 7,2). Ce broyat est centrifugé pendant 5 min à 500 t/min puis inoculé par voie intraveineuse à un ovin. Un lot de 30 moutons est consacré à l'étude de chacune de ces deux stases nymphale et imaginale.

### Méthode de calcul

Si on considère qu'une tique infectée peut transmettre l'infection à un mouton inoculé, la formule suivante peut être appliquée :

$$\text{TIO}^2 = \frac{\text{Nombre de tiques infectées}^1}{\text{Nombre total de tiques broyées et inoculées}^3} \times 100$$

Un mouton infecté (présentant une hyperthermie) peut mourir ou survivre ; dans ce dernier cas, il est inoculé avec du sang infecté par une souche de *Cowdria ruminantium* originaire de la même zone. Si aucune réaction n'est observée, on peut considérer que l'hyperthermie était causée par l'infection de la tique.

1. = correspondant au nombre de moutons infectés.

2. = taux d'infection observé.

3. = nombre de moutons infectés x 3.

## Taux de transmission dans la nature

### Les nymphes

Trente moutons sont introduits dans la région des Niayes où ils fréquentent les différents biotopes. Ils font l'objet d'un suivi clinique quotidien avec prise de température. En cas d'hyperthermie, un frottis de sang est confectionné puis examiné au laboratoire ; lors de mortalité, un frottis de cortex cérébral est réalisé pour la recherche de *Cowdria ruminantium*.

Chaque semaine, les tiques sont dénombrées sur les moutons sans être marquées, eu égard à la durée assez limitée de la phase parasitaire de cette stase (6-7 jours en général).

### Les imagos

Comme pour les nymphes, 30 moutons sont placés dans les Niayes et sont soumis au même type de suivi que précédemment. Un décompte hebdomadaire des *Amblyomma* est effectué sur l'ensemble des animaux. Ces tiques sont marquées à l'aide d'une peinture (Décorative Enamel, Testors®) et d'un liquide correcteur (Liquid Paper Correction Fluid®).

### Essais au laboratoire

Ils portent d'une part sur l'étude des taux d'infection de nymphes et d'imagos gorgés respectivement à la stase larvaire ou nymphale sur des moutons infectés et, d'autre part, sur les caractéristiques de la transmission de cette infection.

### Taux d'infection par voie transstadiale

Les moutons M 389 et M 390 sont inoculés avec la souche de *Cowdria ruminantium* isolée de la région des Niayes (8). Des larves sont déposées sur le mouton M 390 aux 5e, 7e et 9e jours après cette infection ; tandis que le mouton M 389 reçoit des nymphes aux 4e et 5e jours après l'inoculation. Les tiques qui se détachent à la période où ces animaux font de l'hyperthermie sont récoltées et conservées. Après la mue, les nymphes et les adultes mâles et femelles sont déposés sur lapin pendant quatre jours puis recueillis et broyés individuellement. Chaque broyat est centrifugé, le surnageant est injecté par voie intraveineuse à un mouton. Dix animaux sont utilisés pour les contrôles concernant chaque stase.

## Caractéristiques de la transmission

### Capacité de transmission d'une infection acquise par voie transstadiale

Des nymphes et des imagos des deux sexes issus de la même cohorte que les tiques utilisées précédemment, donc supposées infectées, sont placées sur des moutons à raison d'une tique par animal. Dix moutons sont soumis aux essais de transmission par chacune de ces stases.

### Transmission répétitive par les mâles

Cinquante mâles, issus de nymphes gorgées sur le mouton M 389 infecté, sont déposés sur le mouton M 457. Celui-ci, examiné régulièrement, meurt de cowdriose et 36 tiques en sont arrachées, puis déposées immédiatement sur le mouton M 461 qui fait l'objet d'une observation quotidienne. Toutes les tiques se sont refixées.

### Transmission intrastadiale (1)

Le mouton M 456 reçoit par voie intraveineuse 4 ml de sang infecté. Au début de l'hyperthermie, 50 mâles d'*Amblyomma variegatum* non infectés sont déposés sur les oreilles de l'animal qui meurt 4 jours après la fixation de ces tiques. Ces mâles sont arrachés et placés au bout de 4 heures sur les moutons selon la répartition suivante : M 245 et M 250 reçoivent chacun 5 tiques tandis que les moutons M 459 et M 460 reçoivent individuellement 20 tiques.

Seize *Amblyomma variegatum* femelles non infectées déposées sur le mouton M 457 à sa phase fébrile, en sont arrachées légèrement gorgées 2 jours après leur dépôt, à la suite de la mort de l'animal. Quatorze femelles mises à gorger pendant 3 jours sur le mouton M 456 fébrile ont été également récupérées. Ces deux lots de femelles sont placés sur le mouton M 458, à côté de mâles sains fixés depuis 3 jours. Le décompte des tiques fixées effectué au bout de 3 jours indique une fixation de l'ensemble des individus. Ces ovins ayant reçu, soit des tiques mâles, soit des tiques femelles, sont suivis sur le plan clinique.

## RÉSULTATS

### Taux d'infection des tiques dans la nature

#### Nymphes

Sur les 30 moutons inoculés, 12 ont réagi et succombé à la cowdriose. Si, pour chaque animal infecté, une seule tique est à l'origine de la contamination, alors le taux minimal d'infection observé est égal à :

$$\begin{aligned} \text{TIO} &= \frac{\text{Nombre de tiques infectées}}{\text{Nombre total de tiques broyées et inoculées}} \times 100 \\ &= \frac{12}{30 \times 3} \times 100 = 13,3 \text{ p.100} \end{aligned}$$

#### Imagos

Sur les 28 moutons soumis à l'inoculation de broyat de tiques adultes, seul un animal a manifesté une infection. Le taux minimal d'infection observé est égal à :

$$\text{TIO} = \frac{1}{28 \times 3} \times 100 = 1,2 \text{ p. 100}$$

### Taux de transmission dans la nature

#### Nymphes (tableau I)

Sur 30 moutons introduits, 26 ont succombé à la cowdriose. La durée d'incubation d'une infection consécutive à la transmission par les nymphes est en moyenne de 2 semaines selon nos observations en station.

Sur cette base, c'est-à-dire parmi les 234 tiques décomptées, précédant la phase d'incubation estimée chez les animaux atteints, l'estimation du nombre total de tiques susceptibles de concourir à la transmission de la rickettsie à ces animaux donne une valeur de 183 nymphes. Les animaux non atteints de cowdriose ont, en revanche, une charge parasitaire globale de 51 tiques. En supposant que chaque infection ait été occasionnée par une tique, le seuil minimal du taux de transmission est de :

$$\begin{aligned} \text{Ttr} &= \frac{\text{Nombre de tiques infectantes}}{\text{Nombre total de tiques sur les moutons}} \\ &= \frac{26}{183 \times 51} \times 100 = 11,1 \text{ p. 100} \end{aligned}$$

#### Imagos (tableau II)

Parmi les 30 moutons exposés à la contamination naturelle, 16 ont contracté la cowdriose. En station, la durée d'incubation notée pour cette maladie est de 3 semaines en moyenne si la transmission est effectuée par les imagos. Le décompte des tiques fixées durant la période précédant la phase d'incubation de l'infection chez les animaux atteints donne un total de 76 tiques mâles et femelles confondus. La charge parasitaire des animaux non infectés est de 104 imagos. Si un seul imago assure la transmission dans les conditions naturelles, le taux minimal de transmission est égal à :

$$\text{Ttr} = \frac{16}{64 + 104} \times 100 = 9,5 \text{ p. 100}$$

A. Gueye Mb. Mbengue A. Diouf

TABLEAU I Transmission naturelle par nymphes d'*A. variegatum*.

N°	Durée de vie après introduction dans les Niayes (jours)												Diagnostic	Charge parasitaire
	0	10	20	30	40	50	FDT ↓	60	70	80	90	100		
	Introduction à la saison sèche 23.11.89 - 14.01.90													
M 251	_____												A	0
M 252	_____ ↓ _____												C	2
M 253	_____												N	15
M 254	_____ ↓ _____												C	1
M 255	_____ ↓ _____												C	2
M 256	_____ ↓ _____												C	2
M 257	_____												C	1
M 258	_____												C	1
M 259	_____ ↓ _____												C	13
M 260	_____ ↓ _____												C	18
M 261	_____ ↓ _____												C	2
M 262	_____ ↓ _____												C	3
M 263	_____ ↓ _____												C	1
M 264	_____ ↓ _____												C	4
M 265	_____ ↓ _____												C	2
M 266	_____ ↓ _____												C	5
M 267	_____ ↓ _____												C	2
M 268	_____ ↓ _____												C	4
M 269	_____ ↓ _____												C	2
M 270	_____ ↓ _____												C	29
M 271	_____ ↓ _____												C	6
M 272	_____ ↓ _____												C	25
M 273	_____ ↓ _____												C*	14
M 274	_____												N	8
M 275	_____ ↓ _____												C	3
M 276	_____ ↓ _____												C	7
M 277	_____												N	28
M 278	_____ ↓ _____												C	22
M 279	_____ ↓ _____												C	9
M 280	_____ ↓ _____												C	3
													Total	234

▼ = F.D.T. (fin décompte des tiques), ↓ = début de l'hyperthermie.

C : cowdriose ; A : anaplasmose ; N : négatif ; charge parasitaire = valeur des effectifs de tiques précédant la période d'incubation.

\* Mouton survivant immunisé.

## Essais en laboratoire

### Taux d'infection par voie transstadiale

L'inoculation de broyats individuels de nymphes à chacun des 10 moutons a entraîné, chez l'ensemble de ces animaux, l'apparition de la cowdriose. Il en est de même pour l'inoculation de broyat (5 mâles, 5 femelles) aux 10 autres ovins. Ceci traduit un taux d'infection de 100 p.100 des tiques, suite à la prise de repas infectant à la stase précédente.

### Caractéristiques de la transmission

#### Capacité de transmission d'une infection acquise par voie transstadiale

Dans chacun des 2 lots de 10 moutons soumis à l'infestation d'une nymphe (10) ou d'un imago mâle ou femelle infecté (5 mâles, 5 femelles), 8 animaux ont contracté la cowdriose. Ce qui indique, pour chacune de ces stases, un taux de transmission de 80 p.100.

TABLEAU II Transmission naturelle par imagos d'*A. variegatum*.

N°	Durée de vie après introduction dans les Niayes (jours)												Diagnostic	Charge parasitaire
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		
	Introduction à la saison des pluies 02.08 -28.10.89													
M 211	_____												A	6
M 212	_____ ↓												C	10
M 213	_____ ↓												C + Ect	4
M 214	_____ ↓												C	10
M 215	_____ ↓												A	17
M 216	_____												N	3
M 217	_____ ↓												A	8
M 218	_____ ↓												A	1
M 219	_____												N	0
M 220	_____												N	30
M 221	_____ ↓												N	6
M 222	_____ ↓												C	1
M 223	_____												N	0
M 224	_____ ↓												C	2
M 225	_____												N	0
M 226	_____ ↓												C	12
M 227	_____ ↓												C	1
M 228	_____ ↓												C	1
M 229	_____												N	6
M 230	_____ ↓												N	18
M 231	_____ ↓												C	6
M 232	_____ ↓												C	1
M 233	_____ ↓												N	3
M 234	_____ ↓												C	2
M 235	_____ ↓												C + A	3
M 236	_____ ↓												E + A	6
M 237	_____ ↓												C	3
M 238	_____ ↓												C	1
M 239	_____ ↓												C	2
M 240	_____ ↓												C	5
													Total	168

↓ = F.D.T. (fin décompte des tiques) ; ↓ = début de l'hyperthermie.  
 C : cowdriose ; A : anaplasmose ; E : ehrlichiose ; Ect : ecthyma contagieux ; N : négatif.  
 Charge parasitaire = valeur des effectifs de tiques précédant la période d'incubation.

#### Transmission répétitive par les mâles

Les 36 tiques mâles recueillies sur le mouton M 457 mort de cowdriose et déposées sur le mouton M 461 transmettent à celui-ci la rickettsie. Ce résultat confirme la possibilité de la transmission successive de l'infection à plusieurs hôtes sensibles par les mâles infectés (1).

#### Transmission intrastadiale

Parmi tous les animaux ayant reçu des tiques mâles ou femelles gorgées sur des animaux malades, seul le mouton M 245 a fait de l'hyperthermie aux 21e jour (40°1),

23e jour (40°5) et 24e jour (40°1). La biopsie du cerveau réalisée sur cet animal pour la recherche de *Cowdria ruminantium* a donné un résultat négatif et la fièvre transitoire n'a pas eu de suite fatale. L'épreuve virulente n'a pas été faite cependant sur l'animal. Les autres moutons n'ont manifesté aucune élévation de température jusqu'à la fin de l'expérience.

## DISCUSSION

Le taux d'infection élevé des nymphes mis en évidence au cours de cette étude et la forte charge parasitaire

A. Gueye Mb. Mbengue A. Diouf

qu'elles occasionnent sur le bétail local (10) donnent ainsi l'explication de l'apparition des épizooties régulières qui affectent les chevreux de la région (9). Les données relatives à l'infection des nymphes d'*Amblyomma hebraeum* Koch, 1844, au Zimbabwe (17) avoisinent, du moins pour certaines localités, les valeurs enregistrées dans la zone des Niayes.

Face à ce contexte épidémiologique favorable au maintien et à la transmission de la rickettsie par les nymphes, existe une autre situation certes différente, mais tout de même coercitive due aux imagos. Le taux d'infection de ces derniers est plus faible. Il paraît cependant assez proche de celui trouvé par CAMUS (6) aux Antilles. Ce taux semble en outre relativement constant, car le même ordre de grandeur a été noté une année auparavant sur des populations de tiques localisées autour du village de Niayes, site distant d'une dizaine de km de la présente zone (données non publiées).

La transmission réalisée par cette stase sur le terrain est néanmoins très appréciable et ceci suscite des interrogations sur l'incidence du comportement des tiques adultes dans la diffusion accrue de l'infection. A l'inverse des résultats probants sur la capacité d'*Amblyomma hebraeum* à assurer la transmission intrastadiale de la cowdriose (1), les expériences menées sur les mâles et les femelles d'*Amblyomma variegatum* n'ont pas permis de réaliser ce type de transmission. En revanche, la transmission répétée par les imagos d'une infection acquise aux stases précédentes est possible. Les mâles infectés qui se décrochent d'un hôte pour rechercher des femelles peuvent, à cette occasion, se retrouver sur un autre animal et lui transmettre l'infection. Et ce phénomène peut avoir son importance. En effet, il est courant d'observer des tiques adultes se déplacer sur le sol des enclos où les animaux sont attachés le soir. Durant certaines saisons des pluies, ces acariens peuvent même pulluler en ces lieux et devenir de véritables nuisances.

Malgré la faiblesse apparente de l'infection des imagos, il a été constaté, lors d'études précédentes dans la région, l'impossibilité de conduire des animaux non immunisés sur les parcours naturels à la saison des pluies sans subir des pertes importantes engendrées par la cowdriose (8, 9, 14).

S'il faut évoquer dans cette situation, l'importance de l'intensité de l'infestation ixodienne comme paramètre épidémiologique, il est également nécessaire de souligner le rôle déterminant de la capacité vectorielle de la tique des Niayes dans l'entretien du niveau de l'enzootie. Alors que dans les Antilles, cette capacité vectorielle est d'environ 50 p.100 pour cet *Amblyomma* (6), la valeur observée dans les Niayes est, en revanche, de 80 p.100. Cependant, étant donné la faiblesse des effectifs utilisés, il serait aléatoire de conclure sur une différence entre ces valeurs.

La régression du taux d'infection des tiques entre la stase nymphale et la stase imaginale paraît néanmoins surpre-

nante. La logique serait d'avoir à la stase adulte les valeurs cumulées des infections successives contractées par les tiques aux stases larvaire et nymphale. Au contraire, dans la réalité, on observe une diminution de l'importance de l'infection au sein de la population. Ces résultats confirment les observations de CAMUS (6) en station sur le pouvoir vecteur plus important des nymphes. La rickettsie manifesterait-elle dans les conditions naturelles une action létale ou débiliteuse sur la tique à la période de la mue, ou après celle-ci ? Ou est-ce qu'une proportion des tiques infectées au stade larvaire perdrait l'infection lors de la mue de nymphe en imago ? En laboratoire, il a été noté une grande longévité des imagos infectés (6) ; certains facteurs comme la température et l'humidité y sont constants alors qu'ils sont très variables dans le milieu naturel, même si les tiques essaient d'y trouver un microclimat particulier. L'environnement exercerait-il alors un stress sur les individus infectés qui serait à l'origine de la réduction du taux d'infection observée ? Seules des études comparatives interannuelles sur les nymphes et les adultes pourraient donner des réponses concrètes à ces interrogations.

## CONCLUSION

La cowdriose est une contrainte majeure pour les productions animales dans la zone des Niayes. Son contrôle, qui est indispensable, devra faire appel, entre autres méthodes, à une lutte judicieuse contre les populations de tiques en tenant compte de certains paramètres comme les taux d'infection et de transmission.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Pr G. UILENBERG et le Dr J.L. CAMICAS pour les remarques et les suggestions qu'ils ont bien voulu apporter au manuscrit et expriment toute leur gratitude à la CEE qui a financé cette étude.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANDREW (H.R.), NORVAL (R.A.I.). The role of males of the bont tick (*Amblyomma hebraeum*) in the transmission of *Cowdria ruminantium* (heartwater). *Vet. Parasitol.*, 1989, **34** : 15-23.
- BARRÉ (N.), UILENBERG (G.), MOREL (P.C.), CAMUS (É.). Danger of introducing heartwater onto the american mainland: potential role of indigenous *Amblyomma* ticks. *Onderstepoort J. vet. Res.*, 1987, **54** : 405-417.
- CAMICAS (J.L.), CORNET (J.P.). Contribution à l'étude des tiques du Sénégal (*Acarida : Ixodida*). II. Biologie et rôle pathogène d'*Amblyomma variegatum*. *Afr. Méd.*, 1981, **20** (191) : 335-344.
- CAMICAS (J.L.), ROBIN (Y.), LE GONIDEC (G.), SALUZOO (J.F.), JOUAN (A.), CORNET (J.P.), CHAUVANCY (G.) BA (K.). Etude écologique et nosologique des arbovirus transmis par les tiques au Sénégal. 3. Les vecteurs potentiels du virus de la fièvre hémorragique de Crimée Congo (Virus CCHF) au Sénégal et en Mauritanie. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasit.*, 1986, **24** : 255-264.

5. CAMICAS (J.L.), WILSON (M.L.), CORNET (J.P.), DIGOUTTE (J.P.), CALVO (M.A.), ADAM (F.) et GONZALEZ (J.P.). Ecology of ticks as potential vectors of Crimean Congo hemorrhagic fever virus in Senegal : epidemiological implications. *Archs Virol.* (suppl. 1), 1990 : 303-322.
6. CAMUS (E.). Contribution à l'étude épidémiologique de la cowdriose (*Cowdria ruminantium*) en Guadeloupe. Thèse Doct. Sci. nat. Fac. Sci. Orsay, Université Paris-Sud, 1987. 201 p.
7. CURASSON (G.). Trypanosomes. Traités de protozoologie vétérinaire et comparée. Tome 1. Paris, Vigot Frères, 1943. 446 p.
8. GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), KEBE (B.), DIOUF (A.). Note épizootiologique sur la cowdriose bovine dans les Niayes au Sénégal. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1982, **35** (3) : 217-219.
9. GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.). Situation épizootiologique actuelle de la cowdriose des petits ruminants dans les Niayes du Sénégal. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1984, **37** (3) : 268-271.
10. GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.), SEYE (M.). Tiques et hémoparasitoses du bétail au Sénégal. I. La région des Niayes. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1986, **39** (3-4) : 381-393.
11. GUEYE (A.), CAMICAS (J.L.), DIOUF (A.), MBENGUE (Mb.). Tiques et hémoparasitoses du bétail au Sénégal. II. La zone sahélienne. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1987, **40** (2) : 119-125.
12. GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.). Tiques et hémoparasitoses du bétail au Sénégal. III - La zone nord-soudanienne. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1989, **42** (3) : 441-420.
13. GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.). Tiques et hémoparasitoses du bétail au Sénégal. IV - La zone sud-soudanienne. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1989, **42** (4) : 517-528.
14. GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.), VASSILIADES (G.). Prophylaxie de la cowdriose et observations sur la pathologie ovine dans la région des Niayes au Sénégal. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1989, **42** (4) : 497-503.
15. GUEYE (A.), CAMICAS (J.L.). Distribution des tiques du bétail. In : Élevage et potentialités pastorales sahéliennes. Synthèses cartographiques, Sénégal. Maisons Alfort, IEMVT/CTA, 1989. 27 p.
16. MAHONEY (D.F.), ROSS (D.R.). Epizootiological factors in the control of bovine babesiosis. *Aust. vet. J.*, 1972, **48** : 292-298.
17. NORVAL (R.A.I.), ANDREW (H.R.), YUNKER (C.E.). Infection rates with *Cowdria ruminantium* of nymphs and adults of the bont tick *Amblyomma hebraeum* collected in the field in Zimbabwe. *Vet. Parasitol.*, 1990, **36** : 277-283.

**GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.).** Epidemiology of cowdriosis in Senegal. I. Study of the transmission and infection rate of *Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794) in the Niayes region. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3): 441-447

The authors report the results of research on infection rates of *Amblyomma variegatum* nymph and imago populations by *Cowdria ruminantium* in the Niayes region as well as on the transmission rates of *A. variegatum* by the various stases. The experiments were carried out on sheep from the Sahelian zone where the vector tick is not endemic. The infection rate, estimated by inoculating sheep with ground ticks, gave the following prevalences:  $t = 13.3\%$  for nymphae and  $t = 1.2\%$  for adults. The transmission rates calculated on the basis of a daily count of nymphae and adults (which were marked), gave the following minimum values:  $11.1\%$  for nymphae and  $9.5\%$  for imagos. In-station studies, using nymphae and imagos gorged at their larval or nymphal stase on infected sheep, showed infection rates of  $100\%$ . The transmission by nymphae and imagos originating from the same groups amounted to  $80\%$ . Intrastadial transmission assays by males and females previously gorged on sheep in hyperthermia, were unsuccessful.

**Key words :** Sheep - Heartwater - *Cowdria ruminantium* - Rickettsia - Infection - Disease transmission - Tick - *Amblyomma variegatum* - Prevalence - Epidemiology - Senegal.

**GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.).** Epidemiología de la cowdriosis en Senegal. I. Estudio de la transmisión y de la tasa de infección de *Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794) en la región de Niayes. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993 **46** (3): 441-447

Se presentan los resultados de investigaciones sobre las tasas de infección por *Cowdria ruminantium* de poblaciones de ninfas e imagos de *Amblyomma variegatum* en la zona de Niayes, así como las tasas de transmisión de esta rickettsia en sus diversos estadios. Las experiencias se llevaron a cabo sobre ovinos provenientes de la zona sahelina, donde la garrapata vector no es endémica. La estimación de las tasas de infección, producida por inoculación de un extracto de garrapata a los ovinos, presentó las siguientes prevalencias :  $t = 13,3\%$  p. 100 para las ninfas y  $t = 1,2\%$  p. 100 para los adultos. La tasa de transmisión, calculada sobre la base de un conteo semanal de ninfas y adultos, con marcación de estos últimos, presentó los siguientes valores mínimos :  $11,1\%$  p. 100 para las ninfas y  $9,5\%$  p. 100 para los imagos. Estudios llevados a cabo en estación, utilizando ninfas e imagos llenos en estadio larval o ninfal sobre ovinos infectados, mostraron tasas de infección del  $100\%$  p. 100. La transmisión ocasionada por las ninfas e imagos provenientes de estos mismos lotes es de  $80\%$  p. 100. Ensayos de transmisión intra-estadial por machos y hembras, previamente alimentados sobre ovinos en fase de hipertermia, fueron infructuosos.

**Palabras claves :** Ovino - Cowdriosis - *Cowdria ruminantium* - Rickettsia - Infección - Transmisión de enfermedades - Garrapata - *Amblyomma variegatum* - Prevalencia - Epidemiología - Senegal.

A. Gueye<sup>1</sup>  
 D. Martinez<sup>2</sup>  
 Mb. Mbengue<sup>1</sup>  
 Th. Dieye<sup>1</sup>  
 A. Diouf<sup>1</sup>

## Épidémiologie de la cowdriose au Sénégal. II. Résultats de suivis séro-épidémiologiques

GUEYE (A.), MARTINEZ (D.), MBENGUE (Mb.), DIEYE (Th.), DIOUF (A.). Épidémiologie de la cowdriose au Sénégal. II. Résultats de suivis séro-épidémiologiques. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 449-454

Les auteurs rapportent les résultats de suivis séro-épidémiologiques réalisés dans la zone sahélienne, la zone des Niayes et en zone nord-guinéenne respectivement sur des zébus, des bovins Diakoré et des taurins Ndama. Des veaux âgés de 0 à 3 mois ou de 3 à 6 mois ont fait l'objet de prélèvements de sang tous les trimestres et ceci durant environ 20 mois. Au test d'immunofluorescence, 70 p. 100 environ des veaux âgés de 0 à 1 mois donnent dans les Niayes et en zone nord-guinéenne des résultats positifs vis-à-vis de l'antigène *Cowdria ruminantium*, tandis que la prévalence est de 92 p. 100 entre 3 et 6 mois. Au-delà du 2<sup>e</sup> trimestre, on obtient 100 p. 100 de positifs. En zone sahélienne, la prévalence de l'infection est nulle. Des résultats obtenus sur un échantillon d'une centaine de bovins adultes au niveau des zones écologiques suivantes : la zone sahélienne, la zone des Niayes, la zone nord-soudanienne, la zone nord-guinéenne, indiquent une bonne corrélation entre les taux de positivité et l'importance des populations d'*Amblyomma variegatum*.

**Mots-clés :** Bovin Diakoré - Bovin Ndama - Zébu - Veau - Cowdriose - *Cowdria ruminantium* - Antigène - Épidémiologie - Enquête pathologique - Immunofluorescence - Prévalence - *Amblyomma variegatum* - Sénégal.

### INTRODUCTION

La cowdriose, rickettsiose due à *Cowdria ruminantium* (Cowdry, 1926), est connue depuis plus d'un demi-siècle. Les données sur son épidémiologie sont demeurées cependant longtemps limitées aux seules indications sur le rôle vectoriel de diverses espèces de tiques du genre *Amblyomma* : *A. hebraeum* Koch, 1844 (19), *A. variegatum* (Fabricius, 1794) (3, 4), *A. gemma* Dönitz, 1909 (17), *A. pomposum* Dönitz, 1909 (21), *A. lepidum* Dönitz, 1909 (16) et au constat, d'une part de l'effet du stress dans l'apparition des manifestations cliniques chez les animaux autochtones et, d'autre part, de la grande sensibilité des bovins à haute productivité introduits dans certaines régions tropicales (8).

L'application de tests sérologiques, en particulier de l'immunofluorescence au diagnostic de la cowdriose (5, 20) ouvre de nouvelles perspectives à la compréhension des caractéristiques de cette affection, notamment son

évolution et son maintien au sein des troupeaux, selon le contexte écologique. Si la distribution d'un vecteur permet de définir approximativement les limites géographiques d'une enzootie transmissible, les paramètres tels que le niveau et la dynamique des populations du vecteur, leur taux d'infection, les pratiques d'élevage, et la période des mises bas contribuent à moduler la prévalence de l'infection chez les hôtes sensibles dans l'espace et dans le temps.

L'évaluation dans cette optique de la situation sérologique du cheptel bovin vis-à-vis de la cowdriose fait l'objet de cette étude réalisée dans différentes zones écologiques : la zone des Niayes, la zone sahélienne, la zone nord-guinéenne, la zone nord-soudanienne.

#### La zone sahélienne

Elle est caractérisée par un climat tropical sec du type sahélo-sénégalais (1). C'est la zone d'élevage du zébu Gobra. *Amblyomma variegatum* est quasi absent de cette aire géographique, seuls quelques rares individus sont quelquefois récoltés sur des oiseaux migrateurs (14).

#### La zone des Niayes

Elle est située en zone sahélienne, mais sa façade maritime lui fait bénéficier d'un microclimat particulier résultant des effets du courant froid des Canaries et des alizés. Les bovins sont ici des "Diakoré", terme local désignant le produit du croisement du zébu (*Bos indicus*) et du taurin Ndama (*Bos taurus*). La tique *Amblyomma variegatum*, vectrice de la cowdriose en Afrique de l'Ouest, est abondante dans la région (10).

#### La zone nord-guinéenne

Région la plus humide du Sénégal, elle est caractérisée par un climat tropical considéré comme un sous-climat maritime du climat sahélo-soudanien (1). Le bovin Ndama est la seule race exploitée par les agropasteurs. *Amblyomma variegatum* est l'espèce largement dominante dans la région et ses populations sont très importantes (15).

1. ISRA-LNERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal.

2. CIRAD-EMVT, BP 1232, 97185 Pointe-à-Pitre Cedex, Guadeloupe.

Reçu le 18.6.1993, accepté le 14.9.1993.

A. Gueye D. Martinez Mb. Mbengue Th. Dieye A. Diouf

## La zone nord-soudanienne

Elle possède les caractères soudaniens tant sur le plan climatique que de la végétation (1). Parmi le cheptel bovin de cette région, on distingue à la fois des Ndama et des Diakoré. L'infestation du bétail par *Amblyomma variegatum* est faible (12).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Suivi sérologique des veaux

Des suivis séro-épidémiologiques sont effectués pendant 18 à 21 mois dans la zone des Niayes, la zone sahélienne et la zone nord-guinéenne, sur des veaux nés et élevés respectivement dans ces régions. Chaque individu est identifié par une boucle numérotée, fixée à l'oreille.

Dans la zone des Niayes, à partir de 1988, 102 veaux sont suivis, dont 30 âgés au départ de 0 à 1 mois, 34 de 1 à 3 mois et 38 de 3 à 6 mois ; en 1989, 69 veaux sont rajoutés à ces effectifs.

Dans la zone nord-guinéenne, cette étude porte sur 162 individus presque tous nés en 1989, dont 78 âgés au départ de 0 à 1 mois et 84 de 1 à 3 mois.

Au niveau de la zone sahélienne : à partir de 1988, 168 veaux ont fait l'objet d'un suivi, et cet effectif comprend 73 veaux de 0 à 1 mois au départ, 72 de 1 à 3 mois et 23 de 3 à 6 mois ; en 1989, 38 veaux supplémentaires âgés de 0 à 1 mois complètent l'échantillon.

### Corrélation entre sérologie maternelle et sérologie du veau

Afin d'établir une corrélation entre la situation immunitaire de la mère et celle du veau durant les dix premiers jours après sa naissance, parmi les veaux suivis, 69 individus de la zone des Niayes et 60 de la zone nord-guinéenne sont prélevés en même temps que leurs mères.

### Séroprévalence chez les bovins adultes

À la saison sèche et à la saison des pluies, dans chacune des zones écologiques précédemment citées, un échantillon de 200 bovins est pris au hasard et chaque individu subit un prélèvement. Pour la zone nord-soudanienne, les prises de sang ne sont effectuées qu'à la saison sèche. Les sérums recueillis de ces prélèvements sanguins sont centrifugés à la vitesse de 3 000 tours/min pendant 15 min puis répartis dans des tubes en plastique de 2 ml et conservés à -20°C.

## Production d'antigène

Le stock Sénégal de *Cowdria ruminantium*, originaire de la zone des Niayes (8), a été utilisé pour la préparation des antigènes nécessaires à la réalisation des sérologies. Pour ce faire, les *Cowdria* ont été produites en culture de cellules endothéliales bovines selon la méthode décrite par MARTINEZ *et al.* (20). Lorsque la lyse du tapis cellulaire provoquée par le parasite atteint 90 p. 100 environ, les cellules encore adhérentes au flacon sont grattées et mélangées au surnageant. Ce dernier est alors centrifugé à 2 500 g pendant 15 min. Le culot resuspendu en tampon PBS constitue l'antigène qui est conservé à -20°C sous forme d'aliquotes jusqu'à utilisation.

## Immunofluorescence indirecte

Après décongélation, la suspension d'antigène est diluée au 1/100 dans du PBS (pH = 7,4) et déposée sur des lames à immunofluorescence à raison de 10 µl par spot. Les lames sont séchées puis fixées avec du méthanol et utilisées immédiatement. Sur chaque spot, on dépose 10 µl de sérum dilué au 1/80 et on incube en atmosphère humide à la température du laboratoire pendant 30 min. Chacune des lames porte un sérum négatif et un sérum positif, dilués au 1/80, servant de témoins de spécificité. Les lames sont ensuite lavées une fois avec du PBS puis trempées dans cette solution durant 10 min. Du sérum anti-IgG bovines conjugué à la fluorescéine et dilué au 1/100 dans du PBS contenant 0,01 p. 100 de bleu Evans est ajouté. Les lames sont remises en atmosphère humide pendant 30 min puis lavées et trempées comme précédemment dans du PBS. Les lames sont montées avec du glycérol et examinées au microscope à immunofluorescence.

## RÉSULTATS

### Suivi sérologique des veaux

Les résultats des suivis dans la zone des Niayes et la zone nord-guinéenne sont illustrés dans les tableaux I et II. Le pourcentage des veaux présentant des anticorps durant le mois qui suit la naissance est d'environ 70 p. 100 dans ces deux régions. Cette valeur augmente progressivement pour atteindre 100 p.100 après 6 mois.

Au niveau de la zone sahélienne, aucun résultat positif n'a été obtenu, ce qui traduit une prévalence nulle de l'infection dans cette région.

### Corrélation entre sérologie maternelle et sérologie du veau

Dans la zone des Niayes, sur les 69 couples mère-veau, toutes les mères se sont révélées positives, indiquant une prévalence de 100 p. 100 de l'infection sur ces animaux, alors que l'on distingue chez les veaux 47 cas

positifs et 22 cas négatifs (tableau I) correspondant à un taux de positivité de 68 p.100 dans ce groupe.

Dans la zone nord-guinéenne, sur les 60 mères prélevées, la prévalence observée est de 100 p. 100, tandis que chez les veaux, seuls 44 individus présentent des anticorps, les 16 autres étant négatifs, ce qui donne un taux de positivité de 73 p. 100 (tableau II).

**TABLEAU I** Suivi sérologique des veaux dans la zone des Niayes.

Saison de naissance	Classe d'âge (en mois)							
	0-1	1-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21
SS 1988		100 (11)*	100 (11)	100 (11)	100 (11)	100 (11)	100 (8)	100 (5)
SP 1988	73,3 (30)	NF 95,7 (23)	90,0 (30) 95,7 (23) 94,7 (38)	100 (28) 100 (23) 100 (37)	100 (28) 100 (23) 100 (37)	100 (26) 100 (23) 100 (37)	100 (25) 100 (21) 100 (36)	100 (22) 100 (14) 100 (26)
SS 1989	40,0 (5)**	NF	100 (5)	100 (5)	100 (1)	100 (1)	100 (1)	NF
SP 1989	70,3 (64)**	NF	82,4 (68)	100 (51)	100 (10)	NF	NF	NF
Prévalence totale	69,7 (99)	97,1 (34)	92,4 (175)	100 (155)	100 (110)	100 (98)	100 (91)	100 (67)
	76,7 (133)							

\* = pourcentage d'animaux séropositifs (effectifs) ; \*\* = veaux prélevés en même temps que leur mère.  
SS = saison sèche ; SP = saison des pluies.  
NF = non fait.

**TABLEAU II** Suivi sérologique des veaux dans la zone nord-guinéenne.

Saison de naissance	Classe d'âge (en mois)							
	0-1	1-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21
SS : - décembre 1988 + - janvier/février 1989	61,1 (18)*	92,8 (84)	100 (17) 100 (73)	100 (10) 100 (56)	100 (4) 100 (37)	100 (21)	100 (8)	
SP 1989	80 (25)**	NF	100 (25)	100 (22)	NF	NF	NF	
SS décembre 1989	68,5 (35)**	NF	90,9 (33)	100 (30)	NF	NF	NF	
Prévalence totale	69,8 (78)	92,8 (84)	97,7 (148)	100 (118)	100 (41)	100 (21)	100 (8)	
	81,3 (162)							

\* = pourcentage d'animaux positifs (effectifs) ; \*\* = veaux prélevés en même temps que leurs mères.  
SS = saison sèche ; SP = saison des pluies.  
NF = non fait.

TABLEAU III Séroprévalence chez les bovins adultes.

Zone écologique	Période		Total récoltes mensuelles d' <i>A. variegatum</i> sur 40 bovins pendant 15 mois	
	Saison sèche	Saison humide	Total	Abondance relative (en p. 100)
Zone des Niayes	97,7 (175)*	87,3 (126)	8 656** (GUEYE et al. 1987)	28,7
Zone sahélienne	0 (165)	0 (101)	0 (GUEYE et al. 1987)	0
Zone nord-guinéenne	93,6 (202)	92,7 (178)	21 280 (GUEYE et al. à paraître)	77,4
Zone nord-soudanienne	5,5 (200)		89 (GUEYE et al. 1989)	4,09

\* : pourcentage d'animaux séropositifs (effectif) ; \*\* : étude réalisée durant 18 mois.

### Séroprévalence chez les bovins adultes

Les résultats sont rapportés dans le tableau III. Ils témoignent d'une prévalence très élevée de l'infection dans la zone des Niayes et la zone nord-guinéenne avec un taux supérieur à 90 p. 100. Dans la zone nord-soudanienne, la prévalence très faible est de l'ordre de 5 p. 100. En zone sahélienne, l'infection est inexistante.

### DISCUSSION

La séropositivité précoce des veaux, apparaissant dès la période du 2<sup>e</sup> au 10<sup>e</sup> jours après leur naissance, témoigne d'une transmission passive d'anticorps maternels par le colostrum. Si la grande majorité des individus en reçoit, certains veaux se révèlent cependant négatifs. L'absence de réponse positive au test chez ces derniers est-elle la conséquence du non-transfert d'anticorps colostraux par la mère ou tout simplement d'une consommation insuffisante de colostrum par le veau ?

Dans les zones écologiques où le niveau des populations d'*Amblyomma variegatum* est élevé, en l'occurrence la région des "Niayes" et la zone nord-guinéenne, on note parmi les bovins adultes une petite fraction de l'ordre de 8 à 13 p. 100 des effectifs échantillonnés sans anticorps. Ces animaux ne sont pas pour autant affectés par la maladie qui sévit à l'état d'hyperenzootie dans les Niayes (8, 9). La survie de ces bovins dans ces conditions peu propices trouverait-elle alors son explication dans les

observations de DU PLESSIS *et al.* (6) sur la nature essentiellement cellulaire de l'immunité en ce qui concerne la cowdriose ? Le défaut de réponse humorale constaté chez quelques individus pourrait ainsi résulter de l'interférence même momentanée de facteurs défavorables à une production correcte d'anticorps. Et ce type de carence immunitaire n'entraînerait pas automatiquement un risque pour la vie de ces ruminants.

Le taux élevé d'animaux séropositifs constaté dans certaines régions signifierait *a priori* une prévalence très forte de l'infection par *Cowdria*. Cette interprétation est tempérée par les réactions croisées observées à l'immunofluorescence indirecte entre *Cowdria ruminantium* et diverses espèces d'*Ehrlichia* (2, 7, 18). Les études réalisées au Sénégal ces dernières années par l'introduction dans la région des "Niayes" de bovins de races exotiques (8) et de moutons provenant de la zone sahélienne, où *Amblyomma variegatum* n'est pas endémique (13), indiquent pourtant une intensité de transmission très élevée de l'infection. En effet, la quasi-totalité de ces animaux conduits ici sur les pâturages naturels ne survivent pas au-delà d'un à deux mois et meurent généralement de cowdriose. Par ailleurs, les chevreaux nés dans cette région succombent également à la maladie dès qu'ils commencent à fréquenter les pâturages après avoir été maintenus après leur naissance dans leur enclos au village (9). Néanmoins, un élément d'incertitude existe quant à la signification des résultats d'un tel suivi séro-épidémiologique, d'autant que l'on sait qu'*Ehrlichia bovis* existe au Sénégal et aurait également la tique *A. variegatum* comme vecteur (22).

## CONCLUSION

Les résultats du suivi séro-épidémiologique sont en adéquation avec la distribution et l'abondance du vecteur. Pour le cheptel bovin indigène des zones à populations d'*Amblyomma variegatum* importantes, l'absence de mortalité imputable à la cowdriose traduit une situation de stabilité enzootique. En ce qui concerne les zones en

marge des aires d'endémicité du vecteur, la faiblesse des populations de tiques ne permet pas d'assurer une infection des bovins à grande échelle. L'impact éventuel de la maladie sur les animaux non immunisés demeure inconnu et mérite d'être évalué.

## BIBLIOGRAPHIE

1. AUBREVILLE (A.). Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Paris, Sociétés d'Éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1949. 351 p.
2. CAMUS (E.). Contribution à l'étude épidémiologique de la cowdriose (*Cowdria ruminantium*) en Guadeloupe. Thèse doct. Sci., Orsay, Université de Paris Sud, 1987. 202 p.
3. DAUBNEY (R.). Heartwater (*Rickettsia ruminantium*). Rép. Kenya, Dept. Agric., 1929-1930. P. 325-332.
4. DAUBNEY (R.). Natural transmission of heartwater of sheep by *Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794). *Parasitology*, 1930, **2** (2) : 260-267.
5. DU PLESSIS (J.L.). The application of the indirect fluorescent antibody test to the serology of heartwater. In : Proc. int. Conf. "Tick biology and control". Grahamstown, South Africa, 1981. P. 47-52.
6. DU PLESSIS (J.L.), BERCHE (P.), VAN GAS (L.) T-cell mediated immunity to *Cowdria ruminantium* in mice: the protective role of LYT-2+T-cells. *Onderstepoort J. vet. Res.*, 1991, **58** : 171-179.
7. DU PLESSIS (J.L.), MALAN (L.). Problems with the interpretation of epidemiological data in heartwater : a study on 23 farms. *Onderstepoort J. vet. Res.*, 1987, **54** : 427-433.
8. GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), KEBE (B.), DIOUF (A.). Note épidémiologique sur la cowdriose bovine dans les Niayes au Sénégal. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1982, **35** (3) : 217-219.
9. GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.). Situation épizootologique actuelle de la cowdriose des petits ruminants dans les Niayes du Sénégal. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1984, **37** (3) : 268-271.
10. GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.), SEYE (M.). Tiques et hémoparasitoses du bétail au Sénégal. I. La région des Niayes. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1986, **39** : 381-393.
11. GUEYE (A.), CAMICAS (J.L.), DIOUF (A.), MBENGUE (Mb.). Tiques et hémoparasitoses du bétail au Sénégal. II. La région sahélienne. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1987, **40** : 119-125.
12. GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.). Tiques et hémoparasitoses du bétail au Sénégal. III. La zone nord-soudanienne. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1989, **42** (3) : 411-420.
13. GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.), VASSILIADES (G.). Prophylaxie de la cowdriose et observation sur la pathologie ovine dans la région des Niayes. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1989, **42** (4) : 497-503.
14. GUEYE (A.), CAMICAS (J.L.). Distribution des tiques du bétail. In : Elevage et potentialités pastorales sahéliennes. Synthèses cartographiques, Sénégal. Maisons Alfort, IEMVT/CTA, 1989. p. 20.
15. GUEYE (A.), MBENGUE (Mb.), DIOUF (A.), SONKO (M.L.). Tiques et hémoparasitoses du bétail au Sénégal. V. La zone nord-guinéenne. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.* (à paraître).
16. KARRAR (G.). Further studies on the epizootiology of heartwater in the Sudan. *J. vet. Sci. Anim. Husband.*, 1966, **6** : 83-85.
17. LEWIS (E.A.). Annual Report for 1947. Department of Veterinary Services, Kenya. Nairobi, Gov. Printer, 1949. p. 51.
18. LOGAN (L.), HOLLAND (C.J.), MEBUS (C.A.), RISTIC (M.). Serological relationship between *Cowdria ruminantium* and certain *Ehrlichia*. *Vet. Rec.*, 1989, **119** (18) : 458-459.
19. LOUNSBURY (C.P.). Tick heartwater experiments. *Agric. V. Cape. G.H.*, 1900, **16** : 682-687.
20. MARTINEZ (D.), SWINKELS (J.), CAMUS (E.), JONGEJAN (F.). Comparaison de trois antigènes pour le sérodiagnostic de la cowdriose par immunofluorescence indirecte. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1990, **43** (2) : 159-166.
21. NEITZ (W.O.). Die oordraging van hartwater deur *Amblyomma pomposum* (Dönitz. 1909). *S. Afr. Sci.*, 1947, **1** : 83.
22. RIOCHE. La rickettsiose générale bovine au Sénégal. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1966, **19** (4) : 485-494.

A. Gueye D. Martinez Mb. Mbengue Th. Dieye A. Diouf

**GUEYE (A.), MARTINEZ (D.), MBENGUE (Mb.), DIEYE (Th.), DIOUF (A.).** Epidemiology of cowdriosis in Senegal. II. Results of sero-epidemiological investigations. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3): 449-454

The authors report the results of sero-epidemiological monitoring of Zebu, Diakoré and Ndama cattle in the Sahel, Niayes and North Guinea zones, respectively. Calves aged 0-3 or 3-6 months were subjected to blood sampling every three months for a period of 20 months. In the Niayes and North Guinea zones, the immunofluorescence test showed that about 70 % of 0-1 month old calves reacted positively to the *Cowdria ruminantium* antigen, whereas the prevalence was 92 % between 3 and 6 months. After the age of 6 months, the results were 100 % positive. In the Sahelian area, the prevalence of the infection was null. Results obtained with a sample of about 100 adult cattle from the Sahel, Niayes, North Sudan and North Guinea zones, showed a good correlation between positivity rates and the size of *Amblyomma variegatum* populations.

*Key-words:* Diakoré cattle - Ndama cattle - Zebu cattle - Calf - Heartwater - *Cowdria ruminantium* - Antigen - Epidemiology - Pathological survey - Immunofluorescence - Prevalence - *Amblyomma variegatum* - Senegal.

**GUEYE (A.), MARTINEZ (D.), MBENGUE (Mb.), DIEYE (Th.), DIOUF (A.).** Epidemiología de la cowdriosis, en Senegal. II. Resultados del seguimiento sero-epidemiológico. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3): 449-454

Los autores presentan los resultados de seguimientos sero-epidemiológicos llevados a cabo en la zona sahelina, la zona de Niayes y la zona nor guineense, sobre cebúes, bovinos Diakoré y taurinos Ndama respectivamente. Durante 20 meses se obtuvieron muestras sanguíneas trimestrales de terneros de 0 à 3 meses y de 3 à 6 meses de edad. El test de inmunofluorescencia mostró que aproximadamente 70 p. 100 de los terneros de 0 à 1 mes de edad, originarios de las zonas de Niayes y nor guineense, presentaron resultados positivos para el antígeno de *Cowdria ruminantium*, mientras que la prevalencia fue del 92 p. 100 entre 3 y 6 meses de edad. A partir del segundo trimestre, se obtienen 100 p. 100 de resultados positivos. En la zona sahelina, la prevalencia de la infección es nula. Los resultados obtenidos a partir de una muestra de un centenar de bovinos adultos, en las zonas ecológicas sahelina, Niayes, nor sudanense y nor guineense indican una buena correlación entre las tasas de positividad y la importancia de las poblaciones de *Amblyomma variegatum*.

*Palabras calves :* Bovino Diakoré - Bovino Ndama - Cebú - Ternero - Cowdriosis - *Cowdria ruminantium* - Antígeno - Epidemiología - Encuesta patológica - Inmunofluorescencia - Prevalencia - *Amblyomma variegatum* - Senegal.

O. Diall<sup>1</sup>  
 Z. Bocoum<sup>1</sup>  
 B. Diarra<sup>1</sup>  
 Y. Sanogo<sup>1</sup>  
 Z. Coulibaly<sup>1</sup>  
 Y. Waïgalo<sup>2</sup>

## Épidémiologie de la trypanosomose à *T. evansi* chez le dromadaire au Mali : résultats d'enquêtes parasitologiques et cliniques

DIALL (O.), BOCOUM (Z.), DIARRA (B.), SANOGO (Y.), COULIBALY (Z.), WAIGALO (Y.). Épidémiologie de la trypanosomose à *T. evansi* chez le dromadaire au Mali : résultats d'enquêtes parasitologiques et cliniques. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 455-461

L'épidémiologie de la trypanosomose du dromadaire a été étudiée au Mali dans les régions d'élevage. Basée sur des enquêtes parasitologiques et cliniques, elle a révélé des taux d'infection globaux de 9,5 p.100 (29/305) dans le Sahel occidental (zone I) et de 4,5 p.100 (28/627) dans les zones de Tombouctou et de Gao (zone II). La proportion de troupeaux contaminés a été de 55 p.100 en région I et de 68 p.100 en région II. Certains troupeaux se trouvent infectés à plus de 50 p.100 de leurs effectifs. Nos enquêtes ont montré une tendance à l'accroissement de la prévalence parasitologique avec l'âge. Alors que celle-ci est virtuellement nulle chez les jeunes de moins d'un an, elle s'accroît avec l'âge pour atteindre son maximum dans la classe de 2-5 ans. Les auteurs montrent que l'infection a un effet significativement négatif sur l'hématocrite et sur l'état général, confirmant la pathogénicité de *Trypanosoma evansi* pour le dromadaire. Ce trypanosome a été le seul (ou presque le seul) rencontré chez le dromadaire au Mali. Il ne semble pas causer d'infections patentées chez d'autres espèces animales, évoluant dans le même milieu.

Mots-clés : Dromadaire - Trypanosomose - *Trypanosoma evansi* - Épidémiologie - Enquête pathologique - Mali - Sahel.

### INTRODUCTION

Le cheptel camelin malien était estimé à 230 000 têtes en 1988 (5). Il évolue dans une zone entièrement située au nord du 14<sup>e</sup> parallèle, hors d'atteinte des tsé-tsé. C'est donc principalement la trypanosomose à *T. evansi*, mécaniquement transmise par des insectes piqueurs, qui affecte le dromadaire.

A la fin du 19<sup>e</sup> siècle, CAZALBOU (3) décrit à Tombouctou une maladie du dromadaire, dont l'identité avec le "surra" observé ailleurs en Asie et en Afrique fut ultérieurement établie. Il ressort des rapports du service de l'Élevage et des Industries animales du Soudan français (12) que la trypanosomose à *T. evansi*, localement appelée "M'bori", constituait la pathologie cameline dominante et ceci à un point tel que la plupart des autres affections dont pouvait souffrir cet animal étaient considérées comme des maladies de sortie ou des séquelles du "M'bori". Quant aux éleveurs, ils font parfaitement la rela-

tion entre son apparition et la présence de mouches piqueuses, notamment le long du fleuve Niger et autour des mares et des lacs.

Il a fallu cependant attendre 1985 pour qu'un programme d'enquêtes sur la prévalence de cette affection puisse être réalisé au Mali jusqu'en 1991.

Mais compte tenu de l'étendue de l'aire d'élevage du dromadaire et de l'insécurité qui y régnait ces dernières années, des sites importants comme Kidal et Menaka n'ont pu être visités et d'autres n'ont pu l'être qu'une seule fois.

Au total, nos enquêtes ont permis l'examen de 1 560 échantillons sanguins. Dans leur conception, elles prévoient la possibilité de déterminer le taux d'infection des animaux, les facteurs de variation de celui-ci, ainsi que la relation entre l'infection et certains paramètres cliniques (anémie, état général).

### Aire de prospection - Environnement

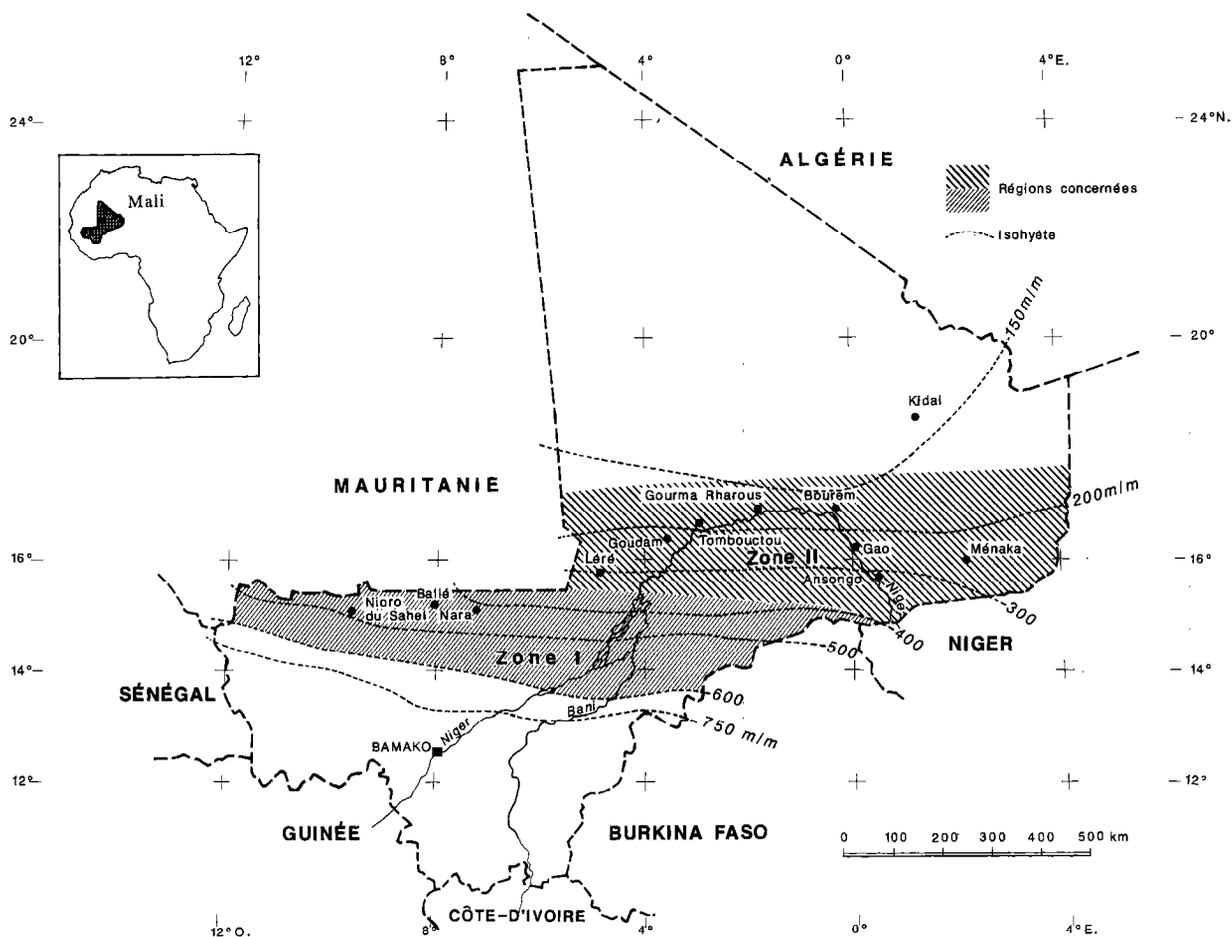
Elle est répartie en deux régions ou zones distinctes le nord-ouest ou Sahel occidental (région I), le nord et le nord-est correspondant aux zones de Tombouctou et de Gao (région II). Chacune de ces régions est à son tour divisée en secteurs, qui ne coïncident pas toujours avec les traditionnels secteurs d'élevage. Deux sites visités en Mauritanie ont été rattachés par commodité au secteur frontalier de Nara au Mali (carte 1).

La zone I se situe entre les isohyètes 400 et 600 mm. Le fonds végétal y est représenté par un tapis herbacé plus ou moins abondant et un couvert arbustif essentiellement constitué d'*Acacia* spp. Les troupeaux camelins transhumants des deux "Hodhs" mauritaniens y trouvent leurs pâturages de saison sèche. Leurs mouvements sont dictés par le régime des pluies et orientés du nord au sud en fin de saison sèche froide (décembre-janvier) et du sud au nord, en début de saison pluvieuse (juillet). Ils passent donc 6-8 mois au Mali à l'intérieur de la zone d'étude et 4-6 mois en Mauritanie au nord de celle-ci. Ce dernier séjour permet aux troupeaux transhumants de limiter les contacts avec les insectes piqueurs qui abondent en cette période, notamment autour des nombreuses mares alimentées par les pluies.

1. Laboratoire central vétérinaire de Bamako, B.P. 2295, Mali.

2. Direction régionale de l'Élevage de Gao, Mali.

Reçu le 10.9.1992, accepté le 14.9.1993.



Carte 1 : Zones d'enquête sur la trypanosomose à *T. evansi* chez le dromadaire au Mali.

La zone II englobe les traditionnelles zones d'élevage du dromadaire (Tombouctou et Gao) et se situe entre les isohyètes 200-400 mm, certains sites, comme dit plus haut, étant exclus (isohyète 150).

En saison sèche, les camelins exploitent les pâturages herbacés et arbustifs dans la vallée du Niger et autour des mares et des lacs tributaires du même fleuve.

En saison pluvieuse, ils remontent plus au nord, mais restent généralement dans les limites du territoire malien.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Matériel animal et méthodologie des enquêtes

Le matériel animal est composé de dromadaires d'élevage transhumant ou de transport. Dans la région I, tous les troupeaux rencontrés, à l'exception de deux à Nioro du Sahel (Mali), sont d'origine mauritanienne alors que les chameaux de transport appartiennent pour l'essentiel à des Maliens. En région II, en revanche, tous les effectifs camelins enquêtés sont d'origine malienne.

En marge de ces enquêtes, la recherche de trypanosomes a été effectuée sur un nombre restreint de bovins, petits ruminants, équins et asins.

Pour chaque animal, il a été enregistré : l'âge, le sexe, l'état d'embonpoint, la saison à laquelle s'est déroulée l'enquête et quelques données sur le troupeau et son statut (propriétaire, origine, lieu de rencontre, itinéraire). Le tableau I résume les 1 560 enregistrements effectués.

### Prélèvements

Le choix des troupeaux pour les prélèvements relève à la fois du hasard des rencontres et de la compréhension des éleveurs maures (région I) et touareg (région II). Les nomades sont généralement opposés à la saignée de leurs animaux. Cependant, la session gratuite de produits vétérinaires et de médicaments à usage humain a souvent permis d'obtenir leur collaboration. Pour les chameaux de transport rencontrés au niveau des foires, l'obtention d'échantillons est beaucoup plus difficile et l'intervention des autorités locales a été souvent nécessaire pour obtenir, des différents propriétaires, un minimum de coopération.

TABLEAU I Répartition géographique des 1 560 camelins examinés.

	Nara	Balle	Nioro	Total région I	Lere	Goundam	Tombouctou	Rharous	Bourem	Gao	Ansongo	Total région II
Nara Ballé Nioro Total région I	562	105	100	<b>767</b>								
Léré Goundam Tombouctou Rharous Bourem Gao Ansongo Total région II					115	102	29	159	39	219	130	<b>793</b>
0-1 an	13	19	20	52	8	0	0	10	2	1	1	22
1-2 ans	19	19	7	45	16	4	1	17	8	22	28	96
2-5 ans	146	19	11	176	34	35	1	48	8	77	17	220
5 ans et plus	384	48	62	494	57	63	27	84	21	119	84	455
Mâles	441	34	38	<b>513</b>	43	59	21	85	14	135	41	<b>398</b>
Femelles	121	71	62	<b>254</b>	72	43	8	74	25	84	89	<b>395</b>

### Echantillonnage

Il a été effectué sans aucune discrimination. Les troupeaux présentés étaient saignés dans la quasi-totalité de leurs effectifs, à l'exception de certains mâles dont la contention était difficile. Tous les chameaux de transport auxquels nous avons eu accès ont été également saignés. Environ 10 ml de sang sont prélevés dans un tube sans anticoagulant, puis 1 ml de ce sang est immédiatement transféré dans un deuxième tube hépariné. Le premier tube sert à la récolte de sérum, le second à la recherche de trypanosomes.

### Méthodologie des examens sanguins - Technique de diagnostic

A partir de chaque échantillon, un frottis et une goutte épaisse ont été préparés et un tube capillaire rempli de sang en vue de la centrifugation.

La recherche de trypanosomes en "frais" est effectuée en utilisant la technique de centrifugation hématocrite (11) ; les examens microscopiques ont été généralement réalisés au fur et à mesure des prélèvements grâce à l'utilisation sur place d'un groupe électrogène. Ils sont précédés par la lecture des valeurs de l'hématocrite.

### Examens positifs

Le degré d'infection est estimé selon l'échelle logarithmique proposée par MURRAY *et al.* (11) mais résumée ici en quatre croix :

Une + = 1-10 trypanosomes par lame ;

Deux + = 1 trypanosome dans 10 champs à 1 trypanosome par champ ;

Trois + = 1-10 trypanosomes par champ ;

Quatre + = plus de 10 trypanosomes par champ.

Les résultats globaux sont reportés aux tableaux I et II.

Les frottis et les gouttes épaisses ont été fixés et colorés par les méthodes usuelles (10).

La parasitémie chez un sujet est considérée comme forte, lorsque chaque champ microscopique compte au moins un trypanosome.

Un troupeau est dit contaminé, lorsqu'il héberge au moins un animal trouvé porteur d'au moins un trypanosome.

Au cours des enquêtes effectuées en 1990-91, l'épreuve d'inoculation à la souris (8) a été utilisée. Mais compte tenu du nombre limité de souris dont on pouvait disposer sur le terrain, seuls les sujets franchement anémiés

O. Diall Z. Bocoum B. Diarra Y. Sanogo Z. Coulibaly Y. Waïgalo

(hématocrite < 20 p.100), ont été soumis à cette épreuve. La recherche de trypanosomes a été quotidiennement effectuée chez les souris, pendant 30 jours à partir du troisième jour après l'inoculation.

### Analyse des données

Les taux d'infection ont été calculés et leurs facteurs de variation (région, secteur, saison, âge) étudiés en leur appliquant les tests de comparaison de deux ou de plusieurs probabilités. Ces mêmes tests ont été utilisés pour déterminer l'effet des infections à *T. evansi* sur l'hématocrite et l'état général. L'étude de la variation du taux d'infection selon la région, le secteur et l'âge a été effectuée sur la base des données recueillies au cours de l'enquête réalisée en 1990-91, au cours de laquelle tous les secteurs ont été couverts en 3 mois. En revanche, l'étude de la variation saisonnière n'a été possible que pour le secteur de Nara, le seul ayant fait l'objet de plusieurs visites s'étalant de 1985 à 1990.

## RÉSULTATS

### Variation du taux d'infection global

En région I, sur les 305 camelins soumis à l'enquête en 1990-91, 29 se sont avérés porteurs de trypanosomes (9,5 p.100) et 5 troupeaux sur 8 contaminés.

En région II, sur 627 sujets enquêtés, 28 sont positifs (4,5 p.100) et 12 troupeaux sur 17 contaminés.

La région I s'est avérée significativement plus infectée que la région II ( $\chi^2 = 8,22$  ;  $p < 0,1$  p.100). Le tableau II montre que dans chacune des régions, on trouve des secteurs très infectés et d'autres qui le sont beaucoup moins. C'est ainsi qu'en région I, le secteur de Nara apparaît fortement infecté avec un taux de 25 p.100 tandis que ceux de Ballé et Nioro, avec des taux de 0,9 p.100 et 3 p.100 respectivement, le sont beaucoup moins. En région II, les taux les plus élevés sont enregistrés dans les secteurs d'Ansongo (7,7 p.100), Gao (7,5 p.100) et Léré (5,2 p.100).

### Variation du taux d'infection en fonction de la saison

Le tableau III montre les taux d'infection enregistrés dans le secteur de Nara pour différentes saisons et années.

En 1985, le taux d'infection s'est montré significativement plus élevé en saison pluvieuse qu'en fin de saison sèche ( $\chi^2 = 13,57$  ;  $p < 0,1$  p.100).

Paradoxalement, en saison pluvieuse de 1987, on n'a pas pu déceler le moindre cas d'infection sur un échantillon de 78 animaux de transport. Quant aux autres

**TABLEAU II** Taux d'infection des animaux par région et par secteur.

Région	Secteur	Animaux examinés	Examens positifs	Pourcentage de positifs
I	Nara	100	25	25
	Ballé	105	1	0,9
	Nioro	100	3	3
	Total I	305	29	9,5
II	Léré	115	6	5,2
	Goundam	102	4	3,9
	Tombouctou	29	0	0
	Rharous	159	4	2,5
	Bourem	39	0	0
	Gao	53	4	7,5
	Ansongo	130	10	7,7
Total II	627	28	4,5	

**TABLEAU III** Taux d'infection dans le secteur de Nara selon l'année et la saison.

Année	Saison	Animaux examinés	Examens positifs	Pourcentage de positifs
1985	3	100	3	3
	4	95	20	21
1987	2	135	18	13
	4	78	0	0
1988	4	54	6	11
1990	1	100	25	25

1. Début de saison sèche (octobre-décembre) ; 2. Milieu de saison sèche (janvier-mars) ; 3. Fin de saison sèche (avril-juin) ; 4. Saison pluvieuse (juillet-septembre).

années (1988 et 1991), elles n'ont connu qu'une seule visite chacune, ce qui ne permet pas de comparaison statistique entre saisons. Cependant, sur l'ensemble de nos visites, les prévalences les plus élevées ont été enregistrées en saison pluvieuse de 1985 (21 p.100) et en début de saison sèche 1990 (25 p.100).

### Variation du taux d'infection en fonction de l'âge

Les effectifs enquêtés en 1990-1991, partagés en 4 classes d'âge, ont donné les taux d'infection suivants :

0-1 an	0,0 p.100 (0/61)
1-2 ans	5,2 p.100 (6/115)
2-5 ans	8,0 p.100 (17/211)
5 ans et plus	6,2 p.100 (34/545)

Le taux d'infection s'est avéré nul chez les chamelons de moins d'un an. Il a connu une augmentation dans la classe d'âge de 2-5 ans, puis une baisse dans la classe de 5 ans et plus. La comparaison des pourcentages n'a pas révélé de différence statistiquement significative.

### Trypanosomes rencontrés et degré d'infection

Tous les trypanosomes de type *brucei* isolés dans le cadre du présent travail sont de "forme longue". De ce fait, et compte tenu de la localisation géographique, ils ont été considérés comme appartenant à l'espèce *T. evansi*.

Sur les 109 cas de trypanosomose rencontrés chez le dromadaire pour l'ensemble des enquêtes, 108 sont dus à *T. evansi* en infection pure et un seul cas dû à une infection mixte *T. evansi/T. vivax*.

L'utilisation de la méthode de centrifugation hématocrite (HCT) a permis d'apprécier le degré d'infection à travers un comptage des trypanosomes par lame ou par champ microscopique. Ainsi, il s'est avéré que 41 p.100 des sujets infectés présentent une forte parasitémie.

### Infections à *T. evansi* chez d'autres espèces animales

Au cours des enquêtes effectuées dans le secteur de Nara, la recherche de trypanosomes a été réalisée chez un nombre restreint d'asins (49), de bovins (26), de petits ruminants (6) et d'équins (3). Aucun cas d'infection à *T. evansi* n'a pu être décelé.

### Effet clinique de la trypanosomose à *T. evansi*

Les effets de l'infection à *T. evansi* ont été étudiés sur l'hématocrite et l'état général des animaux.

#### Anémie et hématocrite

Pour mesurer l'effet de l'infection sur l'hématocrite, il a été procédé à la comparaison des moyennes entre sujets infectés et non infectés à l'intérieur d'un même troupeau d'une part, et entre troupeaux contaminés et indemnes d'autre part. Les résultats exprimés dans les tableaux IV et V montrent une différence significative avec une probabilité inférieure ou égale à 0,1 p.100 dans le premier cas et inférieure à 5 p.100 dans le second.

Dans cette étude, nous avons considéré comme anémiés tous les animaux ayant un hématocrite inférieur à 23 p.100. Car la moyenne de l'hématocrite chez les animaux non porteurs de trypanosomes dans les différents secteurs a varié entre 22,7 p.100 et 26,9 p.100 au cours de l'enquête 1990-1991.

Ainsi, sur la base des données recueillies au cours de l'enquête 1990-1991, la comparaison entre le pourcentage d'animaux infectés et anémiés d'une part, et le pourcentage d'animaux anémiés et négatifs d'autre part, a donné les résultats suivants :

- 87,5 p.100 (49/56) des animaux infectés sont anémiés ;
- 25,7 p.100 (225/876) des animaux négatifs sont anémiés ( $\epsilon = 9,8$  ; différence significative à moins de 0,1 p.100).

TABLEAU IV Données hématologiques en rapport avec la présence de *T. evansi* (secteur de Nara).

Date	Statut parasitologique	Nombre sujets	Amplitude	Hématocrite moyen	t
Septembre 1985	Nég./Pos.	86/15	10-36/11-21	21,3/17,4	3,53
Mars 1987	Nég./Pos.	117/18	17-36/17-30	27,2/24,0	3,35
Décembre 1990	Nég./Pos.	75/25	18-31/15-27	23,9/20,0	5,45

TABLEAU V Moyennes de l'hématocrite chez des troupeaux positifs et négatifs (secteur de Nara).

Date	Numéro troupeau	Statut parasitologique	Effectif	Hématocrite	
				Amplitude	Moyenne
Mars 1987	1	Positif (21,6 %)	37	17-33	24,9 ± 0,7
Mars 1987	2	Positif (59,0 %)	17	19-30	25,0 ± 0,7
Mars 1987	3	Négatif	30	23-34	27,6 ± 0,5
Mars 1987	4	Négatif	23	24-36	29,7 ± 0,7

A partir de ce taux, si l'on admet que 26 p.100 des animaux infectés font une anémie d'origine non trypanosomienne, on peut considérer qu'au moins 61 p.100 des animaux infectés présentent une anémie attribuable à *T. evansi*.

### Influence des infections à *T. evansi* sur l'état général

L'état général a été défini sur la base de l'observation des animaux et de l'avis des propriétaires. Ainsi, 64 p.100 (36/56) des animaux infectés présentent un mauvais état général contre 39 p.100 (343/876) des animaux parasitologiquement négatifs ( $\varepsilon = 3,69$  ; différence significative à moins de 0,1 p.100). On peut donc estimer qu'au moins 25 p.100 des animaux infectés ont un mauvais état général dû à la trypanosomose à *T. evansi*.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Les enquêtes réalisées en 1990-1991 ont mis en évidence des pourcentages moyens d'animaux positifs de 9,5 p.100 pour la région I et de 4,5 p.100 seulement pour la région II.

La trypanosomose cameline apparaît donc plus fréquente dans le Sahel occidental, où les précipitations annuelles varient entre 400 et 600 mm, que dans le nord et le nord-est où elles sont en moyenne inférieures à 400 mm.

D'une manière générale, nos résultats montrent la présence de *T. evansi* dans tous les secteurs de l'aire d'étude. Les nombreuses prospections effectuées à Nara en région I signalent une forte endémicité à *T. evansi* dans ce secteur.

Les secteurs de Bourem et de Tombouctou qui paraissent négatifs sont ceux dans lesquels le nombre de prélèvements est le plus faible et où un seul troupeau était concerné.

Le pourcentage d'animaux positifs s'est avéré très variable d'un troupeau à l'autre. Au cours d'une même prospection, on a pu rencontrer des troupeaux contaminés à plus de 50 p.100 et d'autres apparemment indemnes (tableau V). Ce phénomène est certainement lié au caractère mécanique de la transmission de l'infection.

L'analyse de l'influence de la saison sur le taux d'infection appliquée au secteur de Nara montre des taux significativement plus élevés en début de saison sèche (25 p.100) et en saison pluvieuse (21 p.100).

A ce propos, il convient de préciser que les enquêtes de saison pluvieuse, en zone I, concernent exclusivement les chameaux de transport, qui bénéficient généralement de traitements trypanocides individuels, notamment à l'orée de cette saison. En revanche, les enquêtes de sai-

son sèche s'adressent aussi et surtout aux chameaux d'élevage transhumant qui remontent en Mauritanie dès la mi-juillet.

Il est généralement connu que le pic des infections à *T. evansi* se situe en saison des pluies et à la fin de celle-ci, à l'époque où les insectes piqueurs (taons et stomoxes) sont particulièrement abondants (2, 9).

Bien qu'elle n'ait pas révélé de différence statistiquement significative entre les classes d'âge, l'étude a montré une tendance du taux d'infection à s'accroître avec l'âge atteignant un maximum dans la classe de 2-5 ans. Les occasions de s'infecter croissant avec l'âge, les chameaux adultes (5 ans et plus) bénéficient probablement d'une résistance acquise à la faveur des infections répétées, subies, ce qui expliquerait la tendance à la baisse dans ce dernier groupe.

L'absence virtuelle de l'infection chez les chamelons de moins d'un an confirme les résultats obtenus en Mauritanie par l'équipe du Dr JACQUIET (4). Ceci pourrait résulter d'une résistance naturelle. En tout cas, il est peu probable que ceci soit le résultat d'une immunité acquise à travers le colostrum, car un seul chamelon sur les 61 examinés a donné une sérologie positive à la trypanosomose par la réaction d'agglutination rapide, CATT/*T. evansi* (DIALL, inédit).

*Trypanosoma evansi* a été presque le seul trypanosome rencontré au cours de nos enquêtes chez le dromadaire au Mali et ne semble pas causer d'infections patentées chez les autres espèces animales évoluant dans le même milieu.

En Mauritanie également, la présence de *Trypanosoma evansi* chez des espèces autres que le dromadaire n'a pu être établie à travers les nombreux examens effectués, notamment chez les bovins et les petits ruminants (4).

La recherche de *Trypanosoma evansi* chez les petits ruminants s'est avérée aussi infructueuse au Soudan, malgré la détection dans leurs sérums d'anticorps spécifiques (2).

Enfin, des moutons et des chèvres artificiellement infectés avec des souches de *Trypanosoma evansi* isolées sur dromadaire développent généralement de faibles parasitemies (2, 4).

Ces faits expérimentaux font penser au rôle potentiel des petits ruminants dans la transmission de *Trypanosoma evansi*. Mais celui-ci ne pourra être confirmé sans la mise en évidence du parasite. Des enquêtes impliquant des effectifs plus importants sont donc nécessaires.

Chez les camelins infectés et non traités, anémie et baisse de condition sont des signes quasi constants (6) qui ont été utilisés pour apprécier l'effet pathogène du parasite dans les secteurs visités. L'estimation de la valeur normale de l'hématocrite chez le dromadaire montre que

celle-ci varie entre 20 et 33 p.100 avec une moyenne de 27 p.100 (1).

Les valeurs enregistrées au cours de ces enquêtes sont généralement inférieures à cette moyenne, même pour des sujets apparemment non infectés. La comparaison entre sujets positifs et sujets négatifs a permis de mettre en évidence l'effet significativement négatif de l'infection sur l'hématocrite et l'état général.

Les résultats obtenus donnent une vue d'ensemble sur l'incidence de la trypanosomose cameline au Mali. Les faibles pourcentages observés dans les zones traditionnelles d'élevage du dromadaire (Gao, Tombouctou) pourraient s'expliquer par leur position très septentrionale et l'assèchement de nombreux lacs et mares, consécutivement aux récentes et nombreuses années de sécheresse.

La réalisation en cours de projets de réhabilitation de certains de ces points d'eau pourrait modifier cette tendance. Dès que les conditions le permettront, cette étude devra donc être complétée par une enquête sur les insectes piqueurs de ces régions.

## REMERCIEMENTS

Notre étude a été réalisée grâce à l'assistance financière de la CEE dans le cadre du projet TS-0071 et de l'USAID dans le cadre du projet sectoriel de l'Elevage. Sur le terrain, son exécution n'aurait pu être possible sans la collaboration du personnel de l'Elevage en poste dans les différents secteurs visités ; qu'il veuille bien accepter l'expression de notre profonde gratitude. Nous voudrions également remercier le Dr Boubacar M'baye SECK, directeur du Laboratoire central vétérinaire, pour l'intérêt qu'il n'a cessé de porter à cette étude.

**DIALL (O.), BOCOUM (Z.), DIARRA (B.), SANOGO (Y.), COULIBALY (Z.), WAIGALO (Y.).** Epidemiology of trypanosomosis due to *Trypanosoma evansi* in dromedary camel in Mali: Results of parasitological and clinical surveys. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 455-461

An epidemiological study of trypanosomosis was conducted in the rearing areas of dromedary camels in Mali. According to the parasitological and clinical surveys performed, the overall infection rates were 9.5 % (29/305) in Western Sahel (region I) and 4.5 % (28/627) in the areas of Tombouctou and Gao (region II). The proportion of contaminated herds was 55 % in region I and 68 % in region II and in some herds the infection rate exceeded 50 %. The surveys showed a trend for increasing parasitological prevalence with age. While it was almost inexistent in young camels less than one year old, it increased with age and reached a maximum in 2 to 5-year old camels. The authors showed that the infection has a significantly negative effect on PCV and on the overall status of the animals, confirming the pathogenicity of *Trypanosoma evansi* in dromedary camels. This trypanosome is almost the only species detected in the dromedary camel in Mali and it does not seem to cause infections in other animals reared in the same environment.

**Key-words :** Dromedary - Trypanosomosis - *Trypanosoma evansi* - Epidemiology - Pathological survey - Mali - Sahel.

## BIBLIOGRAPHIE

1. BANERJEE (S.), BJATTACHARJEE (R.C.), SINGH (T.I.). Hematological studies in the normal adult Indian camel (*Camelus dromedarius*). *Am. J. Physiol.* 1962, **203** : 1045-1047.
2. BOID (R.), EI AMIN (E.A.), MAHMOUD (M.M.), LUCKINS (A.G.). *Trypanosoma evansi* infections and antibodies in goats, sheep and camels in the Sudan. *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 1981, **13** : 141-145.
3. CAZALBOU (L.). Note sur un trypanosome du dromadaire au Soudan français. *Bull. Acad. Med.*, 1903, **49** : 807-812.
4. Centre national d'élevage et de recherches vétérinaires, Nouakchott. Rapport annuel, 1990.
5. Direction nationale de l'Elevage du Mali. Rapport annuel, 1988.
6. GATT-RUTTER (T. E.). Diseases of camels. II. Protozoal diseases. *Vet. Bull.*, 1967, **37** (9) : 611-618.
7. GODFREY (D.G.), KILLICK-KENDRICK (R.). Bovine trypanosomiasis in Nigeria. I. The inoculation of blood into rats as a method of survey in the Douga Valley, Benue Province. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 1961, **55** : 287-297.
8. GODFREY (D.G.), KILLICK-KENDRICK (R.). *Trypanosoma evansi* of camels in Nigeria : a high incidence demonstrated by the inoculation of blood into rats. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 1962, **56** : 14-19.
9. GRUVEL (J.), BALIS (J.). La trypanosomiase à *Trypanosoma evansi* chez le dromadaire au Tchad et ses principaux vecteurs. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1965, **18** (4) : 435-439.
10. MacLENANN (K.J.R.). A staining technique for identification of trypanosomes in thick blood films [Laboratory demonstration]. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 1957, **51** : 301.
11. MURRAY (M.), MURRAY (P.K.), McINTYRE (W.I.M.). An improved parasitological technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 1977, **71** : 325-326.
12. Service de l'Elevage et des Industries animales de la République Soudanaise. Rapport annuel, 1953.
13. WOO (P.T.K.). The haematocrit centrifuge technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Acta trop.*, 1970, **27** : 384-386.

**DIALL (O.), BOCOUM (Z.), DIARRA (B.), SANOGO (Y.), COULIBALY (Z.), WAIGALO (Y.).** Epidemiología de la tripanosomosis por *Trypanosoma evansi* en el dromedario de Mali : resultados de encuestas parasitológicas y clínicas. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 455-461

Se estudió la epidemiología de la tripanosomosis camélida en las regiones de crianza de dromedarios en Mali. El estudio se basó en encuestas parasitológicas y clínicas, revelando tasas de infección globales de 9,5 p. 100 (29/305) en el Sahel occidental (región I) y de 4,5 p. 100 (28/627) en las zonas de Tombouctou y de Gao (región II). El porcentaje de hatos contaminados fue de 55 p. 100 en la región I y de 68 p. 100 en la región II. En algunos hatos, más del 50 p. 100 de los animales se encontraban infectados. Nuestras encuestas mostraron una tendencia al aumento de la prevalencia parasitológica con la edad : mientras que ésta es prácticamente nula en los jóvenes de menos de un año, se observa un aumento paralelo a la edad, hasta alcanzar un máximo en la clase de 2-5 años. Los autores muestran que la infección tiene un efecto significativamente negativo sobre el hematocrito y el estado general, lo que confirma la patogenicidad del *Trypanosoma evansi* para el dromedario. Este tripanosoma fue el único (o casi el único) encontrado en el dromedario de Mali. No parece producir infecciones en otras especies presentes en el mismo medio.

**Palabras claves :** Dromedario - Tripanosomosis - *Trypanosomosa evansi* - Epidemiología - Encuesta patológica - Mali - Sahel.

# Épidémiologie de la trypanosomose bovine (*Trypanosoma vivax*) en Guyane française

M. Desquesnes<sup>1</sup>

P.R. Gardiner<sup>2</sup>

DESQUESNES (M.), GARDINER (P.R.). Épidémiologie de la trypanosomose bovine (*Trypanosoma vivax*) en Guyane française. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 463-470

Les sérums d'environ 3 000 bovins, européens ou zébus, provenant de diverses zones d'élevage de Guyane française, ont été analysés par la méthode ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) pour la détection des antigènes circulants de *Trypanosoma vivax*, et la détection des anticorps de *Trypanosoma species* ; les réactifs ont été fournis par l'ILRAD. Pour l'ensemble de la Guyane, la séroprévalence est de 29 p. 100. Les cinq zones étudiées sont infectées, les taux d'infection sont variables d'un élevage à l'autre, selon la situation épidémiologique, l'abondance de vecteurs (stomoxes et tabanidés) et la conduite d'élevage. On peut généralement classer les élevages en trois situations épidémiologiques : séroprévalence forte, faible, ou intermédiaire. Malgré l'absence totale d'expression de la maladie pendant parfois deux à trois ans, notamment pendant toute la durée de l'enquête épidémiologique, la séroprévalence des antigènes de *T. vivax* révèle une infection stable dans le pays. Le pouvoir pathogène naturel du *Trypanosoma vivax* guyanais devra être confirmé ; l'existence d'une très faible parasitémie, ou celle de refuges extra-vasculaires, pourraient expliquer l'impossibilité de mettre le germe en évidence dans la circulation générale pendant de longues périodes. La surveillance épidémiologique sera maintenue pour savoir si les résurgences sont dues à une défaillance immunitaire aux sérodèmes existants, à l'apparition de nouveaux sérodèmes, ou à d'autres facteurs épidémiologiques.

Mots-clés : Bovin - Zébu - Trypanosomose - *Trypanosoma vivax* - Épidémiologie - Sérum - Test ELISA - Anticorps - Antigène - Prévalence - Diagnostic - Guyane française.

## INTRODUCTION

La trypanosomose à *Trypanosoma vivax* est soupçonnée d'être, avec les babésioses et l'anaplasomose, l'un des principaux obstacles à l'élevage bovin en Guyane française ; son épidémiologie est toutefois mal connue. La prévalence, l'importance des résurgences et l'impact économique ont été évalués dans certains pays d'Amérique du Sud, comme la Colombie (4, 11, 12), mais ce travail n'a été que partiellement effectué en Guyane. En 1983, une enquête sérologique par la détection d'anticorps (non spécifique) en immunofluorescence indirecte (IFI) a montré que 25 p. 100 des 328 sérums possèdent des anticorps anti-trypanosomes (1). La présente enquête utilise deux méthodes ELISA : une détection d'antigènes spécifiques de *T. vivax* et une détection d'anticorps à partir des antigènes de *Trypanosoma vivax* (non spécifique). Les réactifs préparés à l'ILRAD sont utilisés en Amérique du Sud pour la première fois. Les résultats de

cette enquête sont décrits et analysés avec les observations de terrain et les variations saisonnières et annuelles. Les éléments déterminants de l'épidémiologie de *T. vivax* sont soulignés et des perspectives de recherche sont présentées afin de préciser certaines composantes de l'épidémiologie analytique.

## *Trypanosoma vivax*

En Guyane française, la trypanosomose sévit principalement depuis le milieu de la saison sèche (novembre) jusqu'au début de la petite saison des pluies (janvier). Elle affecte les bovins européens, les zébus et les animaux croisés. Les signes cliniques ne sont pas régulièrement observés ; durant les dix dernières années, la trypanosomose n'a été diagnostiquée pendant la saison sèche que tous les deux à trois ans ; entre-temps, les signes cliniques sont absents et aucun parasite circulant n'est décelable (FAVRE, direction des Services vétérinaires, Cayenne ; communication personnelle). Les symptômes de trypanosomose sont peu spécifiques et il est difficile d'établir un diagnostic à partir des seuls signes cliniques. La chute de poids est le principal symptôme observé par les éleveurs et les vétérinaires ; en particulier, aucune mortalité n'a pu être rapportée à la trypanosomose dans les infections naturelles (FAVRE, communication personnelle). En revanche, dans les conditions expérimentales, le trypanosome guyanais est très pathogène, l'inoculation de  $5 \times 10^5$  parasites par voie intraveineuse a provoqué hyperthermie, diarrhée, écoulements oculaires, chute de poids et même la mort d'un animal, dans un cas parmi 19 animaux infectés (2). Une telle virulence n'a jamais été observée dans les conditions naturelles en Guyane.

En l'absence de glossines, seuls des vecteurs mécaniques transmettent *T. vivax* en Guyane française (10). Il s'agit principalement des stomoxes, présents tout au long de l'année, et des tabanidés qui sont actifs durant la saison sèche (9) ; d'autres arthropodes comme les moustiques pourraient avoir une importance locale et/ou temporaire. La transmission peut également être faite par les aiguilles hypodermiques lors d'injections d'antiparasitaires en série sans précautions hygiéniques. La capacité de transmission de *T. vivax* par les insectes hématophages est mal connue, mais on peut présumer que seules de très faibles quantités de parasites sont transmises. La transmission augmente quand la parasitémie

1. CIRAD-EMVT, BP 6010, 97306 Cayenne, Guyane française.

2. ILRAD, P.O.Box 30709, Nairobi, Kenya.



TABLEAU II Pourcentages de sérums positifs par zone.

Test de détection	Zone 1 Saint-Laurent	Zone 2 Sinnamary	Zone 3 Kourou	Zone 4 Cayenne	Zone 5 Saint-Georges
Antigènes (p. 100)	9	16	12	10	43
Anticorps (p. 100)	26	29	18	18	38
Ag et/ou AC (p. 100)	31	35	25	26	59

résultats sérologiques. Aucune parasitémie élevée n'a donc été rencontrée, et *T. vivax* n'a jamais pu être diagnostiqué sur frottis pendant toute la durée de cette enquête, bien que cela ait été possible lors d'une précédente étude (6).

## Diagnostics sérologiques

Les données suivantes portent sur les résultats des ELISA.

### Résultats par zone

Les pourcentages de sérums positifs par zone sont indiqués au tableau II. La figure 1 illustre la séroprévalence par zone. Les résultats dans la zone de Saint-Georges montrent une séroprévalence nettement supérieure à celle des autres secteurs, mais ils ne portent que sur 61 échantillons.

TABLEAU III Pourcentages de sérums positifs pour l'ensemble de la Guyane française.

Test de détection des	Pourcentage de sérums positifs : résultats bruts	Pourcentage de sérums positifs : résultats pondérés
Antigènes de <i>T. vivax</i>	12	12,2
Anticorps	22	22,2
Anticorps et/ou antigènes	29	29,2

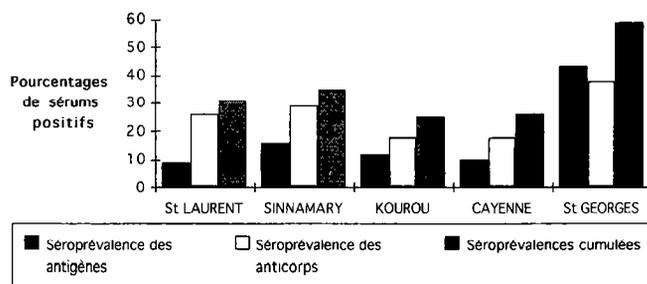


Figure 1 : Séroprévalence de la trypanosomose dans cinq zones d'élevage de Guyane française.

### Résultats généraux

Les résultats pour l'ensemble de la Guyane sont reportés au tableau III, en données brutes et corrigées. La correction de la moyenne selon la représentation par zone est négligeable.

#### Variations saisonnières

Aucune variation saisonnière significative n'a pu être mise en évidence à partir des 200 animaux suivis.

#### Variations raciales

La séroprévalence de l'infection des zébus et croisés zébu (31 p. 100, sur 2 341 animaux) est supérieure à celle des bovins européens (9 p. 100, sur 225 animaux) lorsque la conduite d'élevage est équivalente.

#### Variations selon la production

La séroprévalence de l'infection est supérieure dans les élevages laitiers de race européenne (50 p. 100, sur 161 animaux) en comparaison des élevages à viande de race européenne (9 p. 100, sur 225 animaux).

## SITUATION ÉPIDÉMIOLOGIQUE

En ce qui concerne les élevages où plus de 30 sérums ont été testés, on distingue arbitrairement trois types de situations épidémiologiques : séroprévalence forte (> 40 p.100), faible (< 20 p.100) ou intermédiaire (de 20 à 40 p.100).

### Séroprévalence forte

Le taux d'animaux positifs est élevé en détection d'antigènes et/ou d'anticorps (taux d'animaux positifs > 40 p. 100). Les résultats des diagnostics sérologiques de ces élevages sont reportés dans le tableau IV.

### Séroprévalence faible

Le nombre d'animaux positifs y est faible ou nul (taux d'animaux positifs < 20 p. 100). Les résultats des diagnostics sérologiques de ces élevages sont reportés dans le tableau V.

TABLEAU IV Résultats dans les élevages à séroprévalence forte.

Elevages	Nombre d'animaux testés	Ac <i>T. spp</i>	p. 100	Ag <i>T. vivax</i>	p. 100	Total positifs	Pourcentage
1	37	13	35	3	8	15	41
2	144	51	35	30	21	66	46
3	197	92	47	32	16	100	51
4	33	15	45	5	15	17	52
5	35	18	51	12	34	23	66
6	76	50	66	12	16	52	68
7	30	19	63	16	53	20	69
8	156	58	37	9	6	64	41
Total	708	316	45	119	17	357	50

TABLEAU V Résultats dans les élevages à séroprévalence faible.

Elevages	Nombre d'animaux testés	Ac <i>T. spp</i>	p. 100	Ag <i>T. vivax</i>	p. 100	Total positifs	Pourcentage
1	29	0	0	0	0	0	non infecté
2	66	1	1,5	2	3	3	5
3	110	1	0,9	4	4	5	5
4	141	1	0,7	8	6	9	6
5	226	14	6,2	17	8	28	12
6	549	48	8,7	61	11	101	18
Total	1 121	65	6	92	8	146	13

### Situation intermédiaire

Le pourcentage d'animaux positifs est compris entre 20 et 40 ; les résultats des diagnostics sérologiques de ces élevages sont reportés dans le tableau VI.

## DISCUSSION SUR LA TECHNIQUE DE DIAGNOSTIC

### Spécificité et sensibilité des tests

Le diagnostic par détection des antigènes est considéré comme spécifique de *T. vivax* ; il est généralement plus sensible que le diagnostic parasitologique, mais dans certains cas, les antigènes ne sont pas détectés alors que les parasites sont trouvés dans le sang (8). A l'inverse, il est souvent positif alors que les parasites ne sont pas retrouvés à l'observation du *Buffy-cellcoat*.

Le test de détection des anticorps n'est pas spécifique de *T. vivax*, des réactions croisées avec *T. evansi* sont possibles, toutefois les essais d'isolement n'ont jamais permis de démontrer l'existence de *T. evansi* en Guyane française. On néglige donc l'impact de ces réactions croi-

sées dans l'interprétation des résultats. Ce test a une sensibilité voisine de celle de l'IFI (8).

### Comparaison aux enquêtes antérieures

En 1983 et 1985, de nombreux cas cliniques étaient signalés ; les diagnostics par IFI au seuil de 1/160 ont donné une séroprévalence de 25 p. 100 sur 328 animaux testés (1). Alors qu'entre novembre 1990 et juin 1992 aucune trypanosomose maladie n'a été signalée, la séroprévalence observée (antigènes et/ou anticorps) est de 29,2 p. 100 sur 2 953 animaux testés. Ceci résulte d'une sensibilité et d'une précision supérieures de la méthode utilisée.

## DISCUSSION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

### Séroprévalence de l'infection

La séroprévalence de l'infection est forte en élevages laitiers (50 p.100 des animaux positifs en moyenne), car les animaux ne reçoivent jamais de trypanocides (délai

TABLEAU VI Résultats dans les élevages en situation intermédiaire.

Elevages	Nombre d'animaux testés	Ac <i>T. spp</i>	p. 100	Ag <i>T. vivax</i>	p. 100	Total positifs	Pourcentage
1	30	8	27	6	20	9	30
2	30	7	23	3	10	10	33
3	110	35	32	13	12	42	38
4	307	50	16	38	12	72	23
5	179	41	23	21	12	52	29
Total	656	141	21	81	12	185	28

TABLEAU VII Situations épidémiologiques des élevages au regard de la trypanosomose.

Paramètres intervenant	Situations favorables à la trypanosomose	Situations défavorables à la trypanosomose
Abondance des vecteurs	forte	faible
Traitements trypanocides	absents ou occasionnels	réguliers
Autres parasitoses	absence de contrôle	contrôle régulier
Ration alimentaire	carences alimentaires et/ou hydrique en saison sèche	maîtrise en toutes saisons
Introduction d'animaux potentiellement infectés	élevages d'embouche	élevages clos

d'attente long). Les variations entre élevages s'expliquent généralement par la situation épidémiologique, ce qu'illustre le tableau VII.

## Prévalence de la maladie

Les signes cliniques (fièvre, pertes de poids...) dus à l'infection par *T. vivax* s'expriment pendant la saison sèche, et sont irrégulièrement observés selon les années. Ils ont été absents pendant toute la durée de l'enquête, les derniers cas de trypanosomose clinique ont été identifiés en décembre 1989 (FAVRE, communication personnelle). Les résurgences de la maladie sont imprévisibles.

## Facteurs favorisants

En Guyane, la chute de la résistance des bovins dépend principalement :

- des maladies intercurrentes telle l'anaplasmose (*Anaplasma marginale*) et les babésioses (*Babesia bovis* et *Babesia bigemina*) ;

- du parasitisme par les helminthes, tiques, stomoxes et tabanidés (quand les taons sont très nombreux, le bétail est harassé, s'arrête de manger et trouve refuge dans la forêt ou dans des aires enfumées à cet effet) ;

- du manque de nourriture et d'eau ;

L'importance de tous ces paramètres croît jusqu'à la fin de la saison sèche.

Dans les 12 dernières années, les diagnostics parasitologiques de trypanosomose n'ont pu être posés qu'à cette saison. On peut supposer que la chute de résistance observée à cette époque de l'année favorise l'augmentation des parasitémies qui, coïncidant avec l'abondance des vecteurs, rend possible la transmission du parasite.

## Résurgences

Pendant plusieurs années, la maladie semble absente des élevages, et le parasite n'est pas retrouvé dans le sang circulant, bien que l'antigénémie soit détectée par la sérologie. Comme on ne peut concevoir qu'en l'absence du parasite les antigènes perdurent plusieurs années dans la circulation générale, on peut se demander quelle est l'origine des antigènes détectés :

M. Desquesnes P.R. Gardiner

- les parasites sont-ils présents dans le sang en très faible nombre, peu ou non détectés par l'observation parasitologique (7,6 p.100 des 500 échantillons observés présentaient des trypanosomes très peu nombreux, non identifiés avec certitude) ?

- le trypanosome a-t-il un refuge extra-vasculaire ?

En situation de forte séroprévalence, les résurgences cliniques sont-elles dues à une brutale et générale chute de résistance du bétail ou à l'apparition d'un nouveau séro-dème (5) ?

En situation de faible séroprévalence, certains animaux peuvent-ils rester infectés latents jusqu'à ce que la conjonction des facteurs favorisants provoque une explosion de la maladie dans l'élevage ?

Enfin, existe-t-il un réservoir sauvage ?

## Pathogénicité

Selon les observations de CAMUS et MARTRENCAR (2), la souche guyanaise de *T. vivax* est potentiellement aussi pathogène que les souches africaines ; toutefois, les signes cliniques observés lors de ces infections expérimentales n'ont pas été retrouvés lors d'infections naturelles en Guyane française. On peut alors suggérer plusieurs explications :

- la quantité de trypanosomes transmis par les vecteurs mécaniques est toujours très faible, jamais comparable aux quantités utilisées lors de l'expérimentation de CAMUS et MARTRENCAR (2); des infections répétées pourraient induire une immunité croissante des bovins contre un séro-dème déterminé présent dans l'élevage, ce qui atténuerait l'expression clinique de la maladie ; ceci suppose une relative stabilité antigénique du parasite ;

- il a été démontré pour *T. evansi* que la multiplication locale du parasite au point d'infection peut participer à l'immunisation des chevaux porteurs (7). Ce phénomène est peut-être applicable à *T. vivax* chez les bovins, d'autant que le parasite est inoculé dans le derme par les vecteurs en faible quantité et en de nombreux impacts ;

- s'il existe un refuge extra-vasculaire, il est possible que la libération d'antigènes entretienne une relative immunité qui serait à l'origine d'une expression symptomatique fruste ;

- les signes cliniques sont confus car plusieurs hémoparasitoses d'expression symptomatique voisine coexistent ; ainsi, l'observation des frottis, au cours de cette même enquête, a montré que plus de 50 p.100 des bovins sont infectés par *Anaplasma marginale* ;

- enfin, de récentes observations ont montré qu'un mouton (croisé Black Belly x mouton Créole), infecté expérimentalement à partir d'un cryostable de la souche guyanaise (2), contrôle parfaitement la parasitémie dès la

sixième semaine suivant l'inoculation (expérience menée sur quatre mois). Il y a donc bien immunisation et résistance chez le mouton ; le phénomène est peut-être identique chez les bovins.

## CONDUITE À TENIR

### Lorsque la trypanosomose s'exprime cliniquement

Pour contrôler les résurgences de la maladie, un traitement stratégique peut être appliqué avec l'acéturate de diminazène, à la dose de 3,5 mg/kg par voie intramusculaire.

En situation de forte prévalence, pendant la période à risques, de novembre à janvier, on peut réaliser le traitement une à deux fois, afin de contrôler la prolifération des parasites. Les veaux devraient être traités trois ou quatre fois, à 30-40 jours d'intervalle, durant la saison sèche, pour interrompre le développement des parasites sur ces animaux qui ne sont pas encore immuns.

En situation de faible prévalence, on peut :

- viser l'éradication du parasite en l'absence de troupeau infecté environnant : on appliquera un traitement avec le chlorure d'isométymidium (son usage est interdit en France métropolitaine, mais il est autorisé, sur dérogation, en Guyane française). Si la ferme est isolée, il y a très peu de risques d'introduction du trypanosome par les vecteurs mécaniques, mais une grande vigilance devra être apportée à l'entrée d'animaux dans l'élevage car l'absence d'infection ne peut être affirmée même en ayant recours au test de détection des antigènes de *T. vivax* ;

- viser le statut enzootique en ne traitant que les animaux présentant des signes cliniques, afin de limiter les effets individuels de l'infection tout en s'abstenant d'effectuer un traitement systématique, pour permettre la propagation du parasite au sein du troupeau et l'établissement de l'immunité (il reste à démontrer que l'immunisation durable de bovins est possible, comme on l'observe chez le mouton).

### En l'absence d'expression clinique

Pendant les quelques années qui séparent les périodes de résurgence, les traitements devraient être suspendus, et les contrôles maintenus afin d'intervenir le plus précocement possible lorsque la maladie réapparaît. La direction des Services vétérinaires assure les diagnostics parasitologiques systématiques lors d'expressions cliniques évoquant une hémoparasitose (anémie, amaigrissement, hyperthermie). Des diagnostics sérologiques seront réalisés par le CIRAD-EMVT sur l'ensemble du troupeau lorsqu'un cas de trypanosomose sera identifié.

## PERSPECTIVES

Des travaux complémentaires devront être réalisés pour :

- tenter d'isoler des souches de *T. vivax*, avant, pendant, et après les résurgences de la maladie, afin de caractériser les souches pour connaître leur variabilité antigénique ;

- préciser la virulence naturelle des souches locales ; en particulier si des infections par *T. vivax* peuvent être observées en l'absence des autres hémoparasitoses ;

- préciser l'évolution des infections expérimentales chez les bovins, afin d'établir si, comme chez le mouton, un contrôle de l'infection est possible 2 à 3 semaines après l'inoculation du parasite ;

- préciser l'évolution de l'infection lors d'inoculations intradermiques répétitives de faibles quantités de trypanosomes ; en particulier, est-il possible d'induire l'immunité par des inoculations répétées d'un faible nombre de formes sanguines du parasite, et cette immunité serait-elle suffisante pour limiter ses effets pathogènes ?

- connaître l'évolution des élevages en situation intermédiaire, qui dépendra probablement de l'usage des trypanocides, de l'abondance des vecteurs, et de la conduite générale de l'élevage (alimentation, abreuvement, complémentation...);

- lorsque les antigènes sont détectés en l'absence de trypanosomes circulants : inoculer le sang d'un animal séropositif (détection des antigènes) à un ovin naïf, afin de confirmer l'existence d'une faible parasitémie ; tenter de faire augmenter une parasitémie très basse par l'administration d'immunosuppresseurs ; rechercher l'existence d'une localisation extra-vasculaire du parasite chez les bovins, comme cela a été démontré chez la chèvre (13) ;

- lorsque seuls les anticorps sont détectés, confirmer qu'il ne s'agit pas d'une réaction croisée avec une autre espèce de trypanosome ; dans ce dernier cas, les éventuelles résurgences seraient dues : soit à une contamination de voisinage immédiat, soit à l'introduction d'un animal infecté ; des diagnostics sérologiques pourront être réalisés à l'entrée dans l'élevage, soit à une contamination à partir d'un réservoir sauvage qu'il conviendrait d'identifier.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions J. FAVRE, L. GOUREAU et S. de la ROCQUE à Cayenne pour leur collaboration dans la collecte et l'analyse des échantillons, et J. KATENDE et V. NANTULYA de l'ILRAD pour leur aide dans la réalisation des tests ELISA et la fourniture des réactifs.

## BIBLIOGRAPHIE

1. CAMUS (E.), BARRÉ (N.), DUVALLET (G.), SANITE (L.), FAVRE (J.), ALEXANDRE (P.). Les maladies bovines transmises par les arthropodes en Guyane. In : Systèmes d'élevage herbager en milieu équatorial. Actes du séminaire de Cayenne, 9-10 déc. 1985. Paris, INRA, 1987.
2. CAMUS (E.), MARTRENCAR (A.). Infection expérimentale de zébus guyanais avec *Trypanosoma vivax*. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1990, **43** (4) : 467-472.
3. FERENC (S.A.), STOPINSKI (V.), COURTNEY (C.H.). The development of an enzyme-linked immunosorbent assay for *Trypanosoma vivax* and its use in a seroepidemiological survey of the eastern Caribbean Basin. *Int. J. Parasit.*, 1990, **20** (1) : 51-56.
4. GARDINER (P.R.). Recent studies of the biology of *Trypanosoma vivax*. *Adv. Parasit.*, 1989, **28** : 229-317.
5. GARDINER (P.R.), WILSON (A.J.). *Trypanosoma (Duttonella) vivax*. *Parasitology Today*, 1987, **3** (2) : 49-52.
6. LANCELOT (R.). La trypanosomose bovine à *Trypanosoma vivax* en Guyane française, contribution à l'étude clinique et épidémiologique. Thèse de Doctorat vétérinaire, Alfort, 1988.
7. LUCKINS (A.G.), McINTYRE (N.), RAYE (P. F.). Multiplication of *Trypanosoma evansi* at the site of infection in skin of rabbits and cattle. *Acta Trop.*, 1992, **54** : 19-27.
8. NANTULYA (V.M.). Trypanosomiasis in domestic animals: the problem of diagnosis. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, 1990, **9** (2) : 357-367.
9. RAYMOND (H.L.). Abondance relative et dynamique saisonnière des *Tabanidae (Diptera)* d'une savane de Guyane française. *Naturaliste can.*, 1988, **115** : 251-259.
10. RAYMOND (H.L.). *Tabanus importunus*, vecteur mécanique expérimental de *Trypanosoma vivax* en Guyane française. *Anns Parasit. hum. comp.*, 1990, **65** (1) : 44-46.
11. WELLS (E.A.), BETANCOURT (A.), RAMIREZ (L.E.). Serological evidence for the geographical distribution of *Trypanosoma vivax* in the new world. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 1977, **71** : 448-449.
12. WELLS (E.A.), BETANCOURT (A.), RAMIREZ (L.E.). *Trypanosoma vivax* in Colombia: epidemiology and economic impact. *Wild Anim. Rev.*, 1982, **43** : 17-23.
13. WHITELAW (D.D.), GARDINER (P.R.), MURRAY (M.). Extravascular foci of *Trypanosoma vivax* in goats: the central nervous system and aqueous humor of the eye as potential sources of relapse infections after chemotherapy. *Parasitology*, 1988, **97** : 51-61.

M. Desquesnes P.R. Gardiner

DESQUESNES (M.), GARDINER (P.R.). Epidemiology of cattle trypanosomosis (*Trypanosoma vivax*) in French Guiana. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 463-470

About 3,000 European and Zebu cattle sera from various rearing areas of French Guiana were examined by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for detection of specific circulating antigens of *Trypanosoma vivax* and for detection of antibodies to *Trypanosoma* species with reagents provided by ILRAD. For the whole country, the seroprevalence rate is 29 %. Infection was detected everywhere in French Guiana, but seroprevalence rates were different from place to place, depending on the epidemiological situation, the abundance of vectors (stable-flies and horse-flies) and the management. We could generally classify herds in three epidemiological situations: high, low or intermediate seroprevalence. Despite the absence of clinical signs during two/three years, notably during this epidemiological survey, the antigen and/or antibody seroprevalences of *T. vivax* show a stable infection in the country. Natural pathogenicity of Guianan *T. vivax* should be confirmed; a very low parasitaemia or an extra-vascular foci might explain the apparent absence of bloodstream forms between two outbreaks. The epidemiological control will be maintained to determine whether outbreaks are due to an immunological failure to the present serodemes, to the spreading of new serodemes, or to other epidemiological parameters.

*Key words* : Cattle - Zebu cattle - Trypanosomosis - *Trypanosoma vivax* - Epidemiology - Sera - ELISA test - Antibody - Antigen - Prevalence - Diagnosis - French Guiana.

DESQUESNES (M.), GARDINER (P.R.). Epidemiología de la tripanosomosis bovina (*Trypanosoma vivax*) en la Guayana Francesa. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 463-470

Con el fin de detectar antígenos circulantes de *Trypanosoma vivax* y de anticuerpos de *Trypanosoma* sp., se analizaron los sueros de aproximadamente 3 000 bovinos, europeos o cebúes, provenientes de diversas zonas de producción de la Guayana Francesa. El método utilizado fue el ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay), con reactivos proveídos por el ILRAD. La seroprevalencia para la totalidad de la Guayana fue de 29 p. 100. Las cinco zonas estudiadas se encuentran infectadas, con tasas de infección variables de una producción a otra, de acuerdo a la situación epidemiológica, la abundancia de los vectores (estomoxes y tabánidos) y al método de producción. Las producciones pueden clasificarse en general en tres situaciones epidemiológicas : seroprevalencia fuerte, media o baja. A pesar de la ausencia total de la enfermedad durante dos o tres años, principalmente durante el periodo del presente estudio, la seroprevalencia de los antígenos de *T. vivax* revela una infección estable en el país. Queda por confirmar el poder patógeno natural del *Trypanosoma vivax* guyanés. La existencia de una baja parasitemia o de refugios extravasculares, podría explicar la imposibilidad de detectar el germen en la circulación general durante periodos prolongados. La observación epidemiológica será mantenida, con el fin de observar si los hallazgos son producto de una deficiencia inmunitaria a los serodemes existentes, a la aparición de nuevos serodemes o a otros factores epidemiológicos.

*Palabras claves* : Bovino - Cebú - Tripanosomosis - *Trypanosoma vivax* - Epidemiología - Suero - Test ELISA - Anticuerpo - Antígeno - Prevalencia - Diagnóstico - Guayana Francesa.

# Effet d'un facteur alimentaire sur la pathologie néonatale : Résultats d'une enquête rétrospective sur la distribution de mangrove aux chamelons en République de Djibouti

B. Faye<sup>1</sup>

M. Ratovonahary<sup>2</sup>

R. Cherrier<sup>3\*</sup>

**FAYE (B.), RATOSONAHARY (M.), CHERRIER (R.).** Effet d'un facteur alimentaire sur la pathologie néonatale : Résultats d'une enquête rétrospective sur la distribution de mangrove aux chamelons en République de Djibouti. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 471-478

Une enquête rétrospective réalisée dans 23 campements de nomades afars de la région d'Obock (Djibouti) a porté sur les modes d'utilisation traditionnelle de la végétation lagunaire (mangrove à palétuviers) et leur relation avec la pathologie observée, notamment chez les chamelons. Quatre types d'exploitation de la mangrove peuvent être décrits : distribution de branches de palétuvier aux chamelons âgés de moins d'un an dans les campements et pâturage des adultes dans la mangrove ; utilisation permanente de la mangrove associée à une complémentation ; exploitation occasionnelle par émondage ; utilisation permanente sans complémentation. Le risque d'observer des troubles sanitaires (pertes d'appétit, boiterie, paralysie, maladies de peau) est 4,28 fois plus élevé en l'absence de complémentation de la ration de base de mangrove.

*Mots clés* : Dromadaire - Jeune animal - Alimentation - Palétuvier - Fourrage - Pâturage - Complémentation - Enquête pathologique - Maladie de carence - Maladie de la peau - Trouble locomoteur - Paralysie - Djibouti.

## INTRODUCTION

La mangrove à palétuvier, formation végétale arbustive des lagunes côtières de la mer Rouge, est très carencée en azote et en éléments-traces (oligo-éléments) (5). Pourtant, à Djibouti, elle représente un fourrage de survie pour les animaux d'élevage en cas de sécheresse (9) et en particulier pour les dromadaires.

Les mangroves sont essentiellement composées de *Ceriops tagal* et d' *Avicennia marina* (palétuvier), mais seul ce dernier est consommé par les dromadaires (1). A l'intérieur des terres, les ressources fourragères sont rares à l'exception des fourrés monospécifiques à *Salvadora persica* (1).

Une étude en milieu contrôlé a permis de mettre en évidence la nécessité d'une complémentation en concentré pour réduire les troubles pathologiques d'origine nutri-

tionnelle chez les animaux nourris principalement avec ce fourrage (8).

En complément de cette étude, une enquête épidémiologique à visée informative a été menée auprès de quelques éleveurs qui utilisent la mangrove comme aliment de base pour le dromadaire. Les objectifs de cette étude étaient, d'une part de réaliser une typologie des élevages camelins en fonction des modes d'exploitation de la mangrove et de quelques paramètres sanitaires et zootechniques, d'autre part d'estimer la relation entre la pathologie des jeunes chamelons et les types d'alimentation.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Type d'enquête et échantillonnage

Il s'agit d'une enquête descriptive de type rétrospectif réalisée auprès de vingt-trois éleveurs répartis dans cinq campements du district d'Obock (carte 1).

Cette région a été choisie en raison de l'importance des mangroves où les camelins sont presque exclusivement les seuls à subsister (10,14). L'exploitation de ces mangroves concerne les campements d'éleveurs situés dans la plaine de Doumera depuis les premiers contreforts des massifs du Nord-Est dans le district d'Obock jusqu'à la frontière éthiopienne, avec une pointe sur Lahassa à l'intérieur des terres (2).

Les sites ont été retenus en fonction de leur accessibilité. Les éleveurs sont sélectionnés de façon aléatoire, soit aux points d'eau, soit directement dans les campements. Ceux qui ne possèdent pas de dromadaires n'ont pas été retenus.

Les objectifs de l'étude sont : caractériser les élevages camelins en fonction du mode d'utilisation de la mangrove ; mettre en évidence une relation éventuelle entre l'utilisation quasi-exclusive de la mangrove et la pathologie observée sur les animaux, plus particulièrement les jeunes, dans la zone géographique concernée. Dans ce but, le questionnaire comprend deux parties composées chacune de onze questions. La première partie décrit le système d'exploitation de la mangrove. La seconde est relative aux performances zootechniques et sanitaires. Les campements retenus sont Gahéré (10 éleveurs), Khor Anghar (5 éleveurs), Lahassa (4 éleveurs), Kibo (2 éleveurs) et Mouloulé (2 éleveurs).

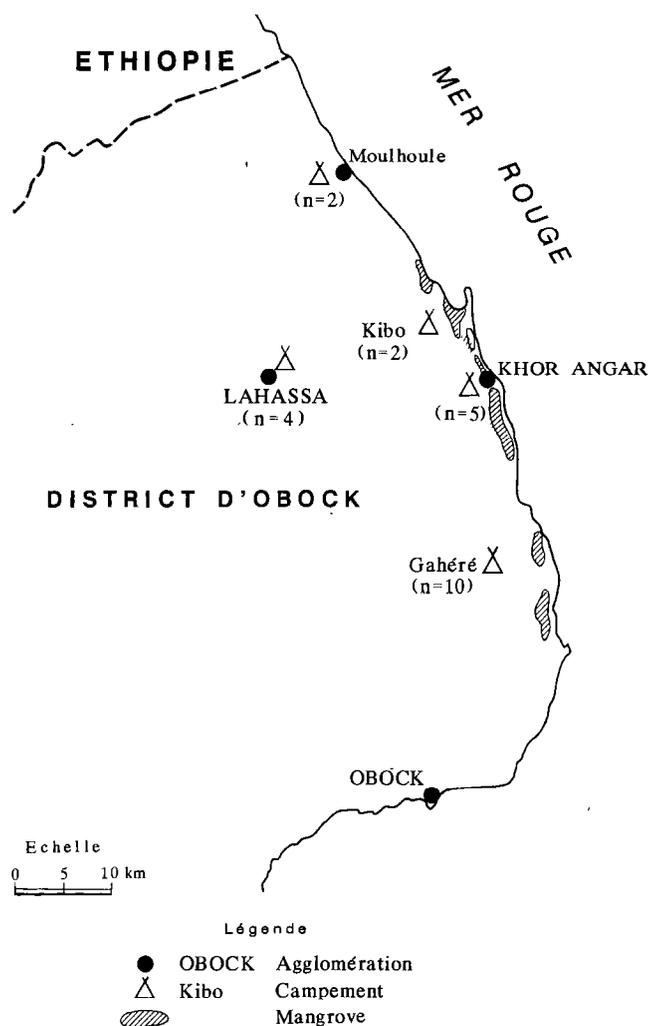
1. Laboratoire d'Écopathologie, INRA Theix, 63122 Saint Genès Champanelle, France.

2. Département de Recherches zootechniques et vétérinaires, BP 04, Tananarive 101, Madagascar.

3. UCEC, c/o CIRAD-EMVT, 10 rue Pierre-Curie, 94704 Maisons-Alfort Cedex, France.

\* Adresse actuelle : CIRAD-SAR, s/c M. Reboul, BP 853, Tananarive, Madagascar.

Reçu le 22.09.1992, accepté le 25.06.1993.



Carte 1 : Carte du district d'Obock. Emplacement de la zone d'étude.

## Stratégie statistique et traitement informatique

En épidémiologie, on se situe par définition en milieu non contrôlé. La multiplicité des facteurs en cause implique l'utilisation de méthodes statistiques appropriées. Il faut donc insister particulièrement sur la stratégie de mise en œuvre pour étayer les résultats biologiques.

Après un tri des variables (élimination des données redondantes ou trop corrélées et des modalités rares) et la transformation des variables quantitatives en variables qualitatives (classes de quantité), on obtient un tableau homogène comprenant trente-trois variables qualitatives représentant au total 75 modalités (tabl. I et II).

## Analyse des données par les méthodes multidimensionnelles (objectif 1)

Pour étudier et visualiser les associations des facteurs de risque des pathologies et réaliser une typologie des campements, les analyses multivariées de l'école française des statistiques sont les plus pertinentes (10). Dans cette étude, on a utilisé le logiciel ADDAD (13), bibliothèque de programmes permettant la gestion, l'analyse et l'aide à l'interprétation.

Dans un premier temps, on a constitué un tableau de données comprenant en ligne les vingt-trois campements étudiés et en colonne les trente-trois variables retenues, réparties en deux groupes (tabl. I, II) :

- le groupe 1 qualifie l'utilisation de la mangrove par les éleveurs ;
- le groupe 2 qualifie les performances zootechniques et sanitaires des troupeaux .

Ce tableau est transformé en tableau disjonctif complet qui comprend donc au total 75 variables (codées en 0 et 1) réparties en 30 pour le groupe 1 et 45 pour le groupe 2. Ce tableau est ensuite soumis à une analyse factorielle multiple (3) qui permet d'étudier séparément les deux groupes de variables définies plus haut, puis de réaliser une analyse simultanée et pondérée des deux groupes.

La typologie des élevages est réalisée par une méthode de classification automatique (classification ascendante hiérarchique) assortie des aides à l'interprétation (représentation graphique des classes et contribution des variables aux classes). La stratégie statistique est résumée dans la figure 1.

## Évaluation du risque sanitaire chez les chamelons (objectif 2)

D'une manière générale, dans la recherche des facteurs étiologiques d'une maladie dans une population, on compare les différents groupes de sujets ayant une relation, particulière ou non, avec la maladie (malades et sains) et avec le facteur étudié (exposé et non-exposé) (12). L'analyse se rapporte à un tableau de contingence de type 2 par 2 à n strates de facteurs concomitants (tabl. III).

La force de l'association entre la maladie et le facteur d'exposition est mesurée par le risque relatif (RR) qui représente le rapport entre le taux d'incidence de la maladie chez les exposés et le taux d'incidence chez les non-exposés. Les épidémiologistes utilisent également pour exprimer cette relation, l'odd-ratio (OR) qui est le rapport entre le produit du nombre d'animaux malades exposés et du nombre d'animaux non-malades non-exposés sur le produit du nombre d'animaux non-malades exposés et du nombre d'animaux malades non-exposés (18).

TABLEAU I Variables qualifiant les modes d'exploitation de la mangrove.

Variables	Codes	Modalités	Nombre d'élevages
Période d'utilisation de la mangrove	UT	1 : Pendant toute l'année	5
Exploitation de la mangrove	EX	2 : Pendant la sécheresse uniquement	18
Espèces animales concernées	ES	1 : Tous les ans	11
Composition du troupeau	TR	2 : Occasionnellement	12
Taille du troupeau camelin	EF	1 : Ovin + Caprin + Bovin + Camelin	5
		2 : Ovin + Caprin + Camelin	5
		3 : Camelin	13
		1 : Camelin	2
		2 : Camelin - Ovin - Caprin	14
		3 : Camelin - Ovin - Caprin - Bovin	7
		1 : De 5 à 12 individus	5
		2 : De 13 à 25 individus	10
		3 : Plus de 25 individus	8
MODE DE DISTRIBUTION DE LA MANGROVE : Chez la femelle en lactation	LA	1 : Distribution des branches coupées sur place	2
		2 : Pâturage sur place	11
		3 : Deux procédés ensemble	10
Chez les chamelons moins de un an	CH	1 : Tous modes de distribution confondus	CH C2
			3 17
		2 : Distribution des branches coupées dans les campements éloignés	3 1
Chez les chamelons de un à deux ans	C2	3 : Distribution des branches coupées sur place	16 4
		4 : Ne reçoit pas du tout de la mangrove	1 1
TYPE D'ALIMENTATION : Mangrove exclusivement	MV	1 : Oui	16
		2 : Non	7
Mangrove + Céréales	CR	1 : Oui	5
		2 : Non	18
Mangrove + Pâturage naturel	PT	1 : Oui	4
		2 : Non	19

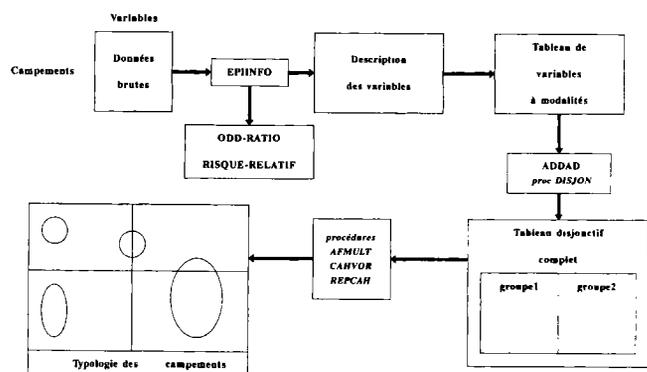


Figure 1 : Schéma de la stratégie d'analyse statistique.

TABLEAU III Tableau de contingence de type 2 par 2 à n strates de facteurs concomitants.

		Maladie		
		Présence	Absence	Total
Exposition	Présence	A	B	M1
	Absence	C	D	M0
	Total	N1	N0	N

$$A_i \cdot D_i / N_i \text{ sur } C_i \cdot B_i / N_i$$

tel que i prend la valeur de 1 à n strates (17). L'hypothèse d'indépendance entre l'exposition et l'existence de la maladie est vérifiée par le  $\chi^2$  de MANTEL-HAENSZEL (14).

Pour réaliser ces calculs, on a utilisé le logiciel EPIINFO (Centers for Disease Control, Atlanta, USA, 1988). Dans

En présence d'un facteur concomitant (dans ce cas, l'âge des chamelons), on a procédé à une analyse ajustée en stratifiant les données selon ce facteur. Dans l'hypothèse de l'uniformité des risques relatifs dans les différentes strates, la valeur de ce risque proposée par MANTEL-HAENSZEL est égale à :

B. Faye M. Ratovonahary R. Cherrier

TABLEAU II Variables qualifiant les paramètres sanitaires et zootechniques.

Variables	Codes	Modalités	Nombre d'élevages
Mortalité des chamelons depuis une année	MT	1 : Oui 2 : Non	9 14
PÉRIODES DE MORTALITÉ :			
Avant un mois	PM	1 : Oui 2 : Non	3 20
De un mois à un an	PA	1 : Oui 2 : Non	2 21
De un à deux ans	PD	1 : Oui	16
CAUSES DE LA MORTALITÉ DES CHAMELONS :			
Sous-alimentation	SA	1 : Oui 2 : Non	4 19
Ectoparasites	EP	1 : Oui 2 : Non	20 3
Piqûre des scorpions	SC	1 : Oui 2 : Non	12 11
Gale	GL	1 : Oui 2 : Non	3 20
Aphte	AF	1 : Oui 2 : Non	6 17
PATHOLOGIE OBSERVÉE CHEZ LES CHAMELONS :			
Paralyse	PL	1 : Oui 2 : Non	3 20
Maladies de peau	PE	1 : Oui 2 : Non	8 15
Boiterie	BT	1 : Oui 2 : Non	7 16
Manque d'appétit	AP	1 : Oui 2 : Non	5 18
CAUSES DE MORTALITÉ DES ADULTES :			
Sous-alimentation	AS	1 : Oui 2 : Non	12 11
Ectoparasites	EC	1 : Oui 2 : Non	11 12
Piqûres des scorpions	SP	1 : Oui 2 : Non	5 18
Aphte	AH	1 : Oui 2 : Non	4 19
PARAMÈTRES ZOOTECHNIQUES :			
Age de la femelle à la mise à la reproduction	SI	1 : moins de 3 ans 2 : $\geq$ à 3 ans	4 19
Nombre de naissances dans le troupeau dans l'année	NE	1 : 2 à 8 chamelons 2 : 9 à 20 chamelons 3 : 21 à 40 chamelons	11 9 3
Durée de la lactation	LM	1 : moins de 180 jours 2 : plus de 180 jours	5 18
Intervalle entre mise-bas	IM	1 : $\leq$ à 18 mois 2 : $>$ à 18 mois	16 7
Age de la réforme	RF	1 : entre 14 et 20 ans 2 : plus de 20 ans	16 7

le cas présent, il a fallu définir, pour constituer ce tableau de contingence, l'événement "malade" et le "facteur d'exposition".

Sachant que l'existence d'une maladie dans un troupeau n'en exclut pas une autre, on définit l'événement "malade" par la présence d'au moins une des quatre maladies recensées au cours de l'enquête chez les jeunes chameçons élevés dans la région d'étude. On détermine cet événement par une variable synthétique appelée "malade" qui est égale à la somme de la présence des quatre maladies :

$$\text{malade} = [(PE=1) + (BT=1) + (PL=1) + (AP=1)]$$

tel que : PE = maladie de peau, BT = boiterie, PL = paralysie, AP = manque d'appétit.

L'état carenciel des dromadaires de la région d'Obock est lié autant à la composition minérale des fourrages disponibles (mangrove) qu'au déficit protéique de la ration (8). On peut alors admettre que l'utilisation exclusive de la mangrove, quel que soit le mode de distribution, constitue un facteur d'exposition des chameçons au risque de tomber "malade".

L'apport des céréales (sorgho, maïs) et/ou du pâturage naturel autre que la mangrove, contribue à une amélioration qualitative de cette ration de base. S'agissant d'une étude rétrospective, on n'a pas eu de précisions suffisantes sur le caractère saisonnier ou non de cette complémentation. On a donc considéré cette complémentation à l'échelle de l'année précédant l'interrogatoire des éleveurs (variable booléenne O/N). On peut alors considérer cette pratique comme hypothèse d'un facteur de "non-exposition" au risque de tomber "malade".

On peut ainsi définir ce facteur d'exposition par une variable synthétique appelée "ration" qui est égale à la somme de la présence de l'apport de céréale et/ou de pâturage naturel :

$$\text{ration} = [(CR=1) + (PT=1)]$$

tel que : CR = apport de céréales dans la ration, PT = pâturage naturel.

La variable ration a deux modalités : la première est l'absence totale de complémentation au fourrage de base (exposé au risque). La deuxième modalité est la présence d'au moins une des deux formes de complémentation décrites ci-dessus (non-exposé au risque).

Le croisement des deux variables synthétiques "malade" et "ration" donne un tableau de contingence 2 par 2 stratifié. Le nombre des strates est égal au nombre des classes d'âge des chameçons, soit dans le cas présent, deux classes : chameçons de moins de un an et chameçons de un à deux ans.

Pour garder l'homogénéité de l'échantillon, on a exclu de cette partie de l'analyse une exploitation qui ne distribue pas du tout de mangrove aux jeunes chameçons.

## RÉSULTATS DE L'ANALYSE

### Description générale de l'élevage

#### Mode d'exploitation de la mangrove et performance zootechnique

Dans l'échantillon, 61 p. 100 des éleveurs pratiquent un élevage mixte de camelins et petits ruminants. En moyenne, le troupeau camelin est constitué de dix à vingt-cinq individus. La mangrove peut être utilisée pour l'alimentation du dromadaire pendant toute l'année. Pour les autres espèces, c'est uniquement un fourrage de survie durant la sécheresse.

Les chameçons âgés de moins de un an pâturent avec leur mère dans la mangrove ou reçoivent des branches coupées sur place. Seules 30 p.100 des exploitations complètent le fourrage de base (mangrove) avec des céréales et/ou par un pâturage sur parcours autre que la mangrove au moins une partie de l'année.

Lors du sevrage, les jeunes sont nourris avec des branches de mangrove dans les campements éloignés. Cette période est marquée par une augmentation du taux de mortalité chez les jeunes. Chez les femelles, la mise à la reproduction se fait à partir de l'âge de trois ans. La lactation dure généralement 360 jours. Soixante-dix pour cent des éleveurs estiment l'intervalle entre mises-bas à 18 mois environ. La réforme des femelles a lieu le plus souvent entre 14 et 20 ans.

#### Problèmes sanitaires des chameçons

On a répertorié quatre problèmes pathologiques majeurs chez les jeunes chameçons qui reçoivent de la mangrove : les maladies de peau (recensées dans 45 p.100 des élevages), les boiteries (dans 45 p.100 des campements également), les pertes d'appétit (27 p.100) et des paralysies des membres (20 p.100). En revanche, parmi les éleveurs qui ajoutent des céréales et/ou un temps de séjour sur pâturage naturel dans l'alimentation du troupeau, un sur sept seulement signale la présence de ces maladies (fig. 2). L'infestation par des ectoparasites (87 p.100 des cas), les piqûres de scorpion ainsi que les problèmes liés à la sous-alimentation sont, d'après les éleveurs, les causes premières de la mortalité des chameçons.

#### Analyses multidimensionnelles

On se limite à la prise en compte des trois premiers axes factoriels, nettement prépondérants. L'inertie expliquée par ces 3 premiers axes factoriels est respectivement de 46,4 p.100 pour le premier groupe de variables (utilisation de la mangrove), de 42,9 p.100 pour le deuxième

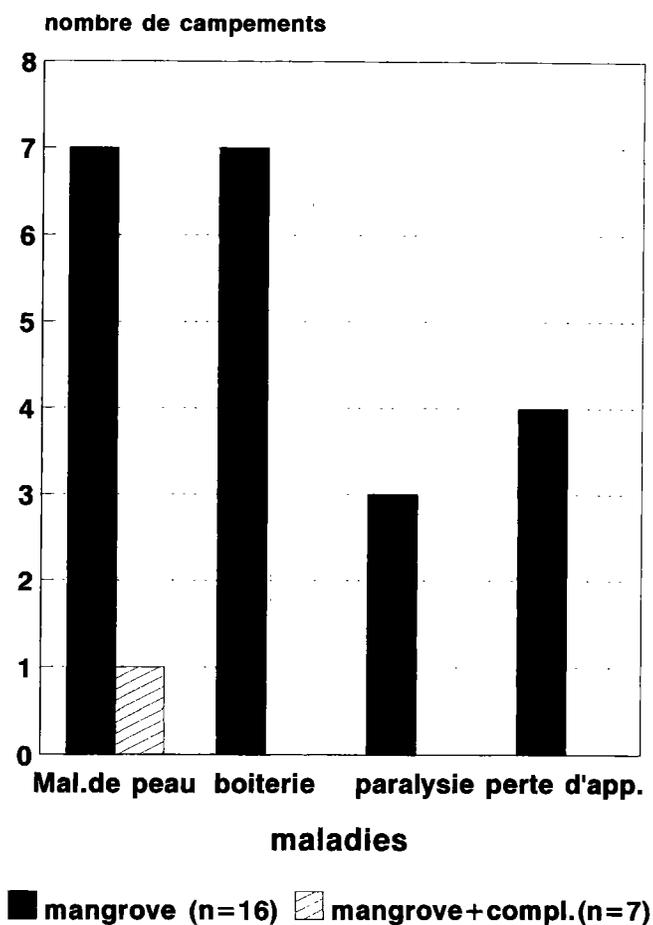


Figure 2 : Occurrence des éleveurs ayant observé des pathologies chez le chamelon selon qu'ils distribuent ou non des compléments à la ration à base de mangrove.

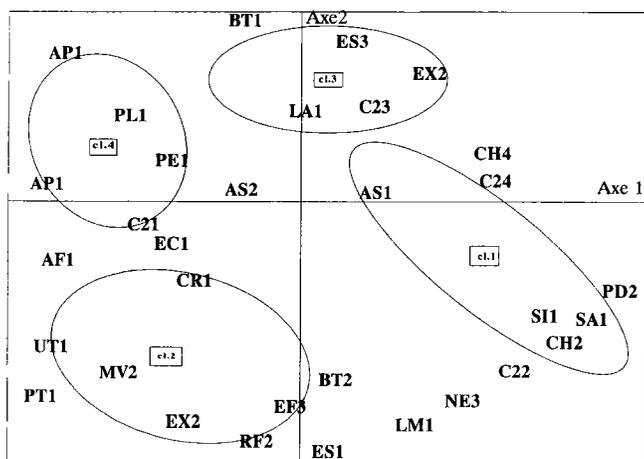


Figure 3 : Projection des variables les plus contributives au plan factoriel (1, 2) et représentation graphique des quatre classes d'éleveurs retenues après classification des trois facteurs principaux.

groupe (performances zootechniques et sanitaires) et de 37,5 p.100 pour l'analyse globale des deux groupes. La typologie est donc obtenue à partir de la classification de la combinaison des variables sur les trois premiers axes factoriels.

L'analyse permet d'isoler 4 classes (ou types) d'exploitations qui représentent 65,8 p.100 de l'inertie totale (fig. 3). Ces 4 classes sont bien individualisées puisque la partition suivante n'apporte qu'un faible gain d'inertie (7,8 p.100).

La première classe est constituée de six éleveurs provenant des campements de Moulhoulé et Gahéré. Cette classe comprend l'éleveur qui ne distribue pas de mangrove aux jeunes chamelons. Les éleveurs font paître les chamelles dans la mangrove, les chamelons de moins d'un an recevant leur part dans les campements éloignés. Cette pratique d'élevage est associée à une mortalité précoce des chamelons due essentiellement à la sous-alimentation. La mise à la reproduction des femelles se fait généralement avant trois ans.

La deuxième classe comprend trois éleveurs de Khor Anghar. Ce sont des éleveurs de grands troupeaux mixtes (29 dromadaires en moyenne). Toutes les espèces (camelin, bovin et petits ruminants) reçoivent de la mangrove comme fourrage de base complété de céréales et/ou d'un temps de parcours sur pâturage naturel autre que mangrove. Les problèmes liés aux "aphtes" sont déclarés comme causes majeures de mortalité chez les jeunes. La réforme des femelles adultes a lieu au-delà de l'âge de vingt ans.

La troisième classe est formée de 9 éleveurs de 4 campements (Kibo, Gahéré, Khor Anghar et Lahassa). Cette classe est caractérisée par l'exploitation occasionnelle de la mangrove (pâturage de repli lors de sécheresse saisonnière). Les femelles allaitantes et les jeunes chamelons reçoivent des branches de mangrove coupées sur place. Les chamelons souffrent de boiterie.

La dernière classe est constituée de 5 éleveurs localisés dans trois campements : Lahassa, Gahéré et Khor Anghar. Pendant toute l'année, les dromadaires sont nourris exclusivement avec de la mangrove. Cette pratique est associée à la forte incidence des pathologies chez les jeunes (maladies de peau, perte d'appétit et paralysie des membres). En outre, la piqûre de scorpion est citée par l'éleveur comme cause principale de mortalité des jeunes.

### Estimation de l'association entre l'événement "malade" et l'exposition "mangrove"

La force de l'association mesurée par l'odd-ratio standardisé est égale à 10,47. L'intervalle de confiance à 95 p. 100 est de [1,49-119,24]. Le risque relatif standardisé des maladies est égal à 4,28. Les limites de confiance

selon la méthode de GREENLAND-ROBINS sont [1,16-15,79]. La valeur  $\chi^2$  ajusté est très significative : 5,88 ( $p = 0,01$ ). La consommation de mangrove, en l'absence de toute complémentation constitue donc un facteur de risque des pathologies observées chez le chamelon.

## DISCUSSION

Le faible nombre des variables décrivant les performances zootechniques, du fait de la présence de modalités rares, oblige à limiter la description plus détaillée du système d'élevage camelin. Le biais éventuel dans l'analyse est corrigé par l'annulation progressive des variables redondantes. Malgré la perte d'information, cela a permis de garder celles qui ont plus de signification dans l'interprétation générale.

Les maladies répertoriées dans la présente étude sont celles définies à partir des informations fournies par les éleveurs. Il n'y a donc pas de diagnostic précis. On peut cependant suspecter que les "maladies de peau" englobent la gale et diverses dermatoses associées à la carence en zinc observée dans cette région (5). Les "boiteries" comprennent des troubles fonctionnels du pied, souvent marqués par un œdème des membres (2), dus à la sous-alimentation. La notion de "manque d'appétit" est également associée à l'usage exclusif de la mangrove dont la teneur très riche en sel (5) déprime l'ingestibilité. Enfin les "paralysies" regroupent vraisemblablement des troubles locomoteurs profonds liés à des déficits alimentaires spécifiques (vitamines, minéraux), mais on n'en a pas de preuve formelle. Peut-on, par exemple, les imputer à une carence en cuivre induisant des formes d'ataxie néonatale chez les jeunes, troubles fréquemment observés sur les petits ruminants de la région (4, 5, 7) ?

Dans une étude portant sur le statut nutritionnel du cheptel camelin de Djibouti, FAYE et MULATO (6) avaient déjà signalé un déficit énergétique et une carence en magnésium chez les dromadaires de la région d'Obock. Or, ces animaux sujets à divers troubles sanitaires, disposaient principalement de mangrove comme fourrage de base. Ici, on a pu remarquer que les éleveurs qui ne donnent pas de complément à la mangrove (céréales et/ou parcours sur pâturage naturel) se heurtent à de sérieux problèmes pathologiques chez les jeunes chame-lons. Dans la plupart des cas, on y rencontre une fréquence élevée de troubles sanitaires.

La complémentation pratiquée à l'échelle du troupeau, soit par des céréales, soit par un pâturage sur des parcours naturels autre que la mangrove, est donc nécessaire pour éviter les troubles sanitaires observés. Le risque sanitaire chez les jeunes est en moyenne 4,28 fois plus élevé quand ils consomment exclusivement de la mangrove. Ces résultats confirment ceux observés en situa-

tion expérimentale (8) : les troubles liés au déficit alimentaire associé à l'utilisation de la mangrove affectent essentiellement les jeunes animaux. En revanche, on n'observe pas nettement d'association entre les modes d'utilisation de la mangrove et les performances zootechniques relevées par les éleveurs. Le caractère rétrospectif de l'étude a, de fait, limité la fiabilité des réponses sur les critères globaux tels que l'intervalle entre mises-bas, à l'inverse des réponses concernant la santé qui relève d'événements plus facilement mémorisables. L'âge de la réforme, cependant, serait plus élevé dans le groupe assurant une complémentation au troupeau.

La variable (C21) qui indique la distribution des branches de mangrove dans les campements éloignés est fortement corrélée aux problèmes d'ectoparasitisme (EC1). L'accumulation des résidus de branches non consommés (seules les feuilles de mangrove sont ingérées par les animaux) près des enclos, constitue en effet un biotope favorable à la multiplication des tiques (2). L'abondance des tiques pourrait également expliquer la proximité des variables EC1 et PL1 (paralysie), des observations récentes ayant montré, chez le dromadaire, des cas de paralysie associés à une infestation massive par les tiques (16).

## CONCLUSION

Une complémentation protéino-énergétique et minérale au fourrage de base est donc nécessaire pour assurer la survie et le développement des chame-lons dans cette région. Une telle complémentation pourrait être assurée par l'apport de concentré en provenance du Service Aliment du Bétail (SAB) de Djibouti. Dans le cadre de notre enquête un seul éleveur pratiquait cette complémentation.

L'exploitation exclusive de la mangrove n'est pas du tout bénéfique pour le cheptel. D'une part, cette pratique favorise l'apparition de maladies chez les jeunes, d'autre part, elle peut complètement détruire cette formation végétale qui devient de plus en plus rare en République de Djibouti.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le Ministère de la Coopération qui, à travers l'Unité de Coordination de l'Élevage Camelin (UCEC, responsable : Dr Gilles SAINT-MARTIN, CIRAD-EMVT) a permis la réalisation de cette étude dans le cadre du programme de recherche sur la pathologie nutritionnelle des camelidés à Djibouti, ainsi que le Dr KAMIL, chef du Service de l'Élevage de Djibouti qui nous a donné localement toutes les facilités nécessaires pour mettre en œuvre cette enquête.

## BIBLIOGRAPHIE

1. AUDRU (J.), CÉSAR (J.), FORGIARINI (G.), LEBRUN (J.P.). La végétation et les potentialités pastorales de la République de Djibouti. Maisons-Alfort, IEMVT, 1987. 384 p.
  2. CHERRIER (R.). Mise en place d'un essai d'alimentation chez le dromadaire à Obock. Mémoire de DESS de Productions animales en régions chaudes. Maisons-Alfort, CIRAD-IEMVT, 1990. 35 p.
  3. ESCOPIER (B.), PAGES (J.). Mise en œuvre de l'analyse factorielle pour des tableaux numériques, qualitatifs ou mixtes. Rennes, IRISA, 1985. 56 p. (Publications Internes n° 263)
  4. FAYE (B.), GRILLET (C.), TESSEMA (A.). Teneur en oligo-éléments dans les fourrages et le plasma des ruminants domestiques en Éthiopie. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1986, **39** (2) : 227-237.
  5. FAYE (B.), KAMIL (M.), LABONNE (M.). Teneur en oligo-éléments dans les fourrages et le plasma des ruminants domestiques en République de Djibouti. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1990, **43** (3) : 365-373.
  6. FAYE (B.), MULATO (C.). Facteurs de variation des paramètres protéo-énergétiques, enzymatiques et minéraux dans le plasma chez le dromadaire de Djibouti. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1991, **44** (3) : 325-334.
  7. FAYE (B.), GRILLET (C.), TESSEMA (A.), KAMIL (M.). Copper deficiency in ruminants in the Rift Valley of East Africa. *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 1991, **23**:172-180.
  8. FAYE (B.), SAINT-MARTIN (G.), CHERRIER (R.), RUFFA (A.). The influence of high dietary protein, energy and mineral intake on deficient young camel (*Camelus Dromedarius*). I. Changes in metabolic profiles and growth performance. *Comp. Biochem. Physiol.*, 1992, **102A** (2): 409-416.
  9. FAYE (B.). Mangrove, sécheresse et dromadaire. Science et changements planétaires. *Sécheresse*, 1993, **1** (4) : 47-55.
  10. FÉNELON (J.P.). Qu'est-ce que l'analyse des données? Paris, Lefonen Éd., 1981. 311 p.
  11. GODET (J.). Notes sur l'élevage camelin en République de Djibouti. Djibouti, ISERST, 1985. P. 32-39.
  12. JENICEK (M.), CLEROUX (R.). Épidémiologie, Principes, Techniques, Applications. Ste Hyacinthe (Québec), EDISEM Ed., 1987. P. 143-203.
  13. LEBEAUX (M.O.). Manuel de référence ADDAD (Association pour la Diffusion et le Développement de l'Analyse de Données). Paris, ADDAD, 1985.
  14. METHA (C.), PATEL (N.), GRAY (R.). A method for the estimation of the true confident interval of odd-ratio. *J. Am. statist. Ass.* 1985, **78** : 969-973.
  15. MULATO (C.). Profil métabolique et statut nutritionnel camélins dans la République de Djibouti. Mémoire de DESS de Productions animales en régions chaudes. Maisons-Alfort, CIRAD-IEMVT, 1989. 141 p.
  16. MUSA (M.T.), OSMAN (O.M.). An outbreak of suspected tick paralysis in one-humped camels (*Camelus dromedarius*) in the Sudan. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1990, **43** (4) : 505-510.
  17. ROTHMAN (K.J.), BOICE (J.). Epidemiologic analysis with a programmable calculator. Washington, US. Dept. Health Educ., Publ. Health Service, NIH Publ., 1979. 1649 p.
  18. THRUSFIELD (M.). Veterinary Epidemiology. Kent, England, Publ. Butterworth & Co., 1986. 280 p.
- FAYE (B.), RATOSONANAHARY (M.), CHERRIER (R.).** Effect of a nutrition factor on the neonatal pathology. Results of a retrospective survey on the mangrove supply to dromedary calves in the Republic of Djibouti. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 471-478
- The authors present a retrospective survey carried out in 23 camps of nomadic afars from Obock area (Djibouti) and concerning the traditional utilization of different types of forage from lagoon (mangrove) in relation with some of the diseases observed, particularly on calves. Four types of mangrove running are described: supply of mangrove twigs to calves less than one year old in camps and mangrove grazing for the adults; permanent feeding of mangrove associated with complementation; occasional supply of mangrove by cutting the twigs; permanent distribution of mangrove without complementation. The risk to observe diseases, namely loss of appetite, lameness, skin diseases and paralysis is 4.28 time higher when diet complementation is missing.
- Key words :** Dromedary - Camel calf - Feeding - Mangrove - Fodder - Grazing - Supplementation - Pathological survey - Deficiency disease - Skin disease - Lameness - Paralysis - Djibouti.
- FAYE (B.), RATOSONANAHARY (M.), CHERRIER (R.).** Efecto de un factor alimenticio sobre la patología neonatal : Resultados de una encuesta retrospectiva sobre la distribución de mangle a camellojos de la República de Djibuti. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 471-478
- Se llevó a cabo una encuesta retrospectiva en 23 campamentos nómadas de la región de Obock (Djibuti), con el fin de estudiar el uso tradicional de la vegetación lagunar (mangle) y su relación con las patologías observadas, principalmente en camellojos jóvenes. Se pueden describir cuatro tipos de explotación del manglar : distribución de ramas de mangle a los camellojos menores de un año y pastoreo de los adultos en el manglar ; uso permanente del manglar, con complementación ; explotación ocasional mediante podas ; uso permanente sin complementación. En los casos de raciones a base de manglar , sin complementación, se observó un riesgo 4,28 veces más elevado de problemas de salud (pérdida de apetito, renqueras, parálisis, enfermedades de la piel).
- Palabras claves :** Dromedario - Camellojo - Alimentación - Mangle - Forraje - Pastoreo - Complementación - Encuesta patológica - Carencia - Enfermedad de la piel - Cojero - Parálisis - Djibuti.

# Épidémiologie analytique

# INTRODUCTION À L'ÉCOPATHOLOGIE

## LE DÉVELOPPEMENT DES ENQUÊTES ÉCOPATHOLOGIQUES EN MILIEU TROPICAL : CONSTRAINTES ET PERSPECTIVES

*Le terme d'écopathologie est de plus en plus utilisé par les chercheurs tropicalistes concernés par l'étude de la santé animale. Elaboré en France dans les années 70 par un écologue travaillant sur les systèmes piscicoles (TUFFERY, 1977), le concept d'écopathologie s'est surtout développé dans le contexte des élevages intensifs des pays tempérés au sein desquels la pathologie d'étiologie multifactorielle représente la contrainte sanitaire majeure : mammites ou boiteries des vaches laitières, pathologie respiratoire des veaux de boucherie, diarrhée du porcelet, etc.*

*Pourtant, en soi, l'écopathologie ne représente pas une discipline nouvelle. Elle constitue une branche de l'épidémiologie animale qui met l'accent sur la recherche des facteurs de risque des maladies (épidémiologie analytique) en privilégiant l'étude des paramètres de l'environnement qui facilitent ou permettent l'expression des troubles sanitaires. Pouvant déboucher sur la mise en place de plans de prévention par la prise de mesures anti-facteurs de risque, l'écopathologie relève aussi d'une discipline-action (épidémiologie opérationnelle).*

*A ce titre, l'écopathologie est surtout une démarche novatrice dans l'étude des maladies animales, en combinant les aspects analytiques et opérationnels de l'épidémiologie, en évaluant la relation complexe entre les maladies et le milieu et en s'intéressant moins à la biologie du ou des agents pathogènes, qu'aux conditions qui autorisent leurs actions.*

*La recherche en écopathologie se fait par des enquêtes en élevage. De ce point de vue, le CIRAD-EMVT a acquis une solide expérience, en particulier dans le cadre des enquêtes de productivité (FAUGÈRE et FAUGÈRE, 1986). Pour autant, la réalisation d'enquêtes d'écopathologie nécessite plusieurs conditions, qu'il importe de remplir en tenant compte du contexte difficile des zones tropicales :*

*- tout d'abord, l'existence d'une pathologie d'étiologie multifactorielle aux conséquences économiques graves pour l'éleveur : pathologie respiratoire non spécifique des petits ruminants, avortement non spécifique des ruminants, mortalité des jeunes,... A cet égard, on peut noter que si les grandes maladies infectieuses à caractère épizootique qui affectent de larges populations animales en zone tropicale (peste bovine, PPCB, brucellose, fièvre aphteuse,...) font l'objet de pro-*

grammes de lutte à l'échelon national, régional, voire international (parfois obligatoires pour l'éleveur), aucune stratégie particulière n'est, la plupart du temps, proposée pour la pathologie du quotidien, d'étiologie souvent complexe ou due à plusieurs agents pathogènes opportunistes ;

- ensuite, la possibilité de constituer un réseau d'éleveurs rompus aux contraintes des suivis, prêts à investir du temps afin d'assurer les observations nécessaires, voire d'effectuer quelques relevés. Il s'agit donc de travailler avec des partenaires fidèles (pour éviter des défections en cours d'étude) et fiables (pour ne pas émettre a priori de doute sur la qualité des réponses qu'ils donnent aux questions posées). Même si l'illettrisme et la mobilité des éleveurs représentent souvent des handicaps à la mise en place d'enquêtes en milieu tropical, il est possible, par un travail de préparation et d'animation adapté, de s'assurer de la motivation des propriétaires d'animaux et des bergers. La stratégie du groupe de travail, en permettant une meilleure appropriation par les éleveurs des tenants et aboutissants de l'étude, facilite l'expression d'une telle motivation. Le groupe de travail, qui comprend un ensemble de partenaires impliqués par l'enquête d'écopathologie (chercheurs, enquêteurs, éleveurs, représentants des institutions...), définit les critères de choix des sujets d'enquête et des élevages, et élabore les grandes lignes du protocole ;

- enfin, bénéficier d'une logistique suffisante, ce qui, dans le contexte actuel de pénurie de bien des pays tropicaux, et en particulier africains, n'est pas toujours aisé à obtenir (DOMENECH, 1990). Cette logistique doit s'appuyer sur un complexe technico-scientifique disponible localement. En effet, une enquête d'écopathologie représente une procédure complexe qui met en jeu des enquêteurs que l'on doit former et contrôler, des laboratoires de diagnostic qui apportent des informations essentielles complétant la prise de données sur le terrain, des chercheurs d'autres disciplines qui permettent d'enrichir le protocole par une confrontation multidisciplinaire (zootechniciens, agrostologues, pédologues,...), un atelier de traitement de l'information qui, dans les cas les plus favorables, doit bénéficier du soutien d'un informaticien-statisticien. En effet, le traitement des données relève, en écopathologie, d'une stratégie exploratoire, s'appuyant sur des méthodes d'analyses multivariées qui nécessitent une maîtrise suffisante de l'outil informatique et des tests statistiques.

Malgré les difficultés inhérentes au cadre habituel de l'activité de recherche en milieu tropical, plusieurs enquêtes d'écopathologie sont aujourd'hui en cours de réalisation. Les études des facteurs de risques de l'avortement et de la mortalité des jeunes chez les caprins du Brésil (FAYE et QUIRIN, 1991 ; voir aussi l'article de QUIRIN et al. dans ce numéro), de la pathologie respiratoire des petits ruminants au Tchad (LANCELOT, 1991 ; voir aussi l'article de LANCELOT et al. dans ce numéro), de la mortalité des chevreaux au Zimbabwe (MONICAT, 1991) et des pneumopathies des petits ruminants au Sénégal (MERLIN et al., 1990) représentent les tentatives les plus complètes et les plus proches de la méthodologie développée en France. D'autres projets sont actuellement en phase de réflexion ou de mise en place (Inde, Maroc, Tunisie).

Ces enquêtes doivent être suivies avec intérêt. Leurs résultats devront être soumis à une évaluation critique attentive. Les contraintes propres aux pays en développement obligent en effet à des adaptations méthodologiques que l'analyse des études en cours permettra d'affiner. La connaissance des facteurs de risque des maladies étudiées doit déboucher sur des propositions de pro-

grammes de protection sanitaire basés, non sur l'utilisation de vaccins (au demeurant peu efficaces sur des pathologies d'étiologie multifactorielle) ou de traitement de masse (souvent coûteux pour l'éleveur ou pour l'Etat), mais sur la modification de pratiques et sur des mesures préventives économiquement viables et techniquement possibles. L'écopathologie s'inscrit donc dans une perspective de développement sanitaire selon des principes qui complètent la pratique vétérinaire traditionnelle. En considérant l'agent pathogène, moins comme le responsable direct de la maladie que comme le témoin d'un système animal/milieu en déséquilibre, l'écopathologie incite à prendre en considération des facteurs trop souvent négligés.

C'est afin de faire un premier point sur les enquêtes d'écopathologie en milieu tropical, d'analyser les contraintes spécifiques aux pays en développement et de proposer des réponses méthodologiques que l'expérience future et les résultats à venir devront enrichir, qu'un ouvrage a été rédigé par quelques-uns des acteurs principaux d'une écopathologie tropicale (FAYE et al., 1994). Nous espérons que ce livre deviendra l'outil de réflexion et le guide pour l'épidémiologiste des pays tropicaux désireux de mettre en place ce type d'enquête épidémiologique.

B. FAYE

INRA Theix, laboratoire d'Écopathologie

P.-C. LEFÈVRE

CIRAD-EMVT

### Bibliographie

DOMENECH (J.). Etude de l'épidémiologie des maladies animales en Afrique : stratégies d'approche et rôle des laboratoires vétérinaires. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1990, **43** (2) : 149-154.

FAUGÈRE (O.), FAUGÈRE (B.). Suivi de troupeaux et contrôle des performances individuelles des petits ruminants en milieu traditionnel africain. Aspects méthodologiques. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1986, **39** (1) : 29-40.

FAYE (B.), QUIRIN (R.). Etude des facteurs de risque des avortements chez la chèvre. Mise en place d'un pré-modèle conceptuel d'analyse dans le cadre d'une enquête écopathologique réalisée dans le district de Mas-saroca. Etat de Bahia (Brésil). Rapport de mission. Maisons-Alfort, Ministère des Affaires étrangères/CIRAD-IEMVT, 1991. 20 p.

FAYE (B.), LEFÈVRE (P.C.), LANCELOT (R.), QUIRIN (R.). Ecopathologie animale : Méthodologie et exemples d'applications en milieu tropical. Paris, INRA/CIRAD, 1994. (Collection Du labo au terrain)

LANCELOT (R.). Typologie des élevages de petits ruminants et pathologie en zone périurbaine de N'Djaména (Tchad). 1ères journées agro-sylvo-pastorales, N'Djaména, 11-12 avril 1991. N'Djaména, Laboratoire de Farcha, 1991. 21 p.

MERLIN (P.), NDIAYE (M.), FAUGÈRE (O.). Facteurs de risque des pneumopathies des petits ruminants au Sénégal. I. Zone soudanienne, saison sèche 1988-1989. Dakar, ISRA/IEMVT, 1990. 35 p. (Document de travail du programme "Pathologie et productivité des petits ruminants" n°19)

MONICAT (F.). Conception et mise en place d'une enquête écopathologique sur la mortalité des chevreaux dans les zones communales du Zimbabwe. *Capricorne* (Bulletin de liaison de l'UCARDEC), 1991, **4** (3) : 14-21.

TUFFERY (G.). Recherches sur la Bucéphalose à *Bucephalus polymorphus* Baer 1827. Introduction à l'écopathologie des systèmes piscicoles. Thèse 3e cycle, Ecologie. Univ. Paris VI, 1977. 137 p.

R. Lancelot<sup>1</sup>M. Imadine<sup>2</sup>Y. Mopate<sup>2</sup>B. Faye<sup>3</sup>

## L'enquête écopathologique sur les pneumopathies des chèvres en saison sèche froide au Tchad : aspects méthodologiques

LANCELOT (R.), IMADINE (M.), MOPATE (Y.), FAYE (B.). L'enquête écopathologique sur les pneumopathies des chèvres en saison sèche froide au Tchad : aspects méthodologiques. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 485-494

Les auteurs présentent la méthodologie d'une enquête écopathologique sur les pneumopathies des chèvres en zone péri-urbaine de N'Djaména (Tchad) pendant la saison sèche froide 1991-1992. Le choix des éleveurs a été effectué à la suite d'une enquête de typologie. Trois mille cinq cents petits ruminants (85 p. 100 de chèvres) appartenant à 60 éleveurs ont été identifiés et un suivi zootechnique et sanitaire a débuté en août 1991. Le protocole du recueil des informations et la stratégie de l'analyse des données se sont appuyés sur des pré-modèles conceptuels d'analyse correspondant aux 3 échelles d'observation retenues : chèvre, troupeau de concession et troupeau de jour. L'enquête s'est déroulée entre décembre 1991 et mars 1992. Les difficultés de l'interprétation statistique des résultats sont soulignées. La signification biologique des facteurs de risque est discutée. Les mesures d'amélioration doivent tenir compte du rapport coût/bénéfice et des possibilités techniques et financières des éleveurs.

*Mots clés* : Caprin - Pneumopathie - Épidémiologie - Enquête écopathologique - Méthodologie - Facteur de risque - Analyse coût-bénéfice - Tchad.

### INTRODUCTION

En saison sèche froide, les pneumopathies des petits ruminants (PR) sont une préoccupation majeure pour les éleveurs tchadiens. De nombreux travaux ont été effectués au laboratoire de Farcha, dont la synthèse a été faite par LEFEVRE (11). Selon cet auteur, les pneumopathies dues à un agent infectieux spécifique sont rares, exception faite des varioles. En revanche, les pneumopathies à étiologie multiple sont la cause essentielle de la mortalité par maladie infectieuse. Cette notion de pathologie multifactorielle ne s'arrête pas aux seuls agents infectieux : les conditions de vie des animaux jouent un rôle important (12). Une étude a donc été entreprise\* sur ce thème, dans le cadre d'un projet de développement\*\*. Trois contraintes ont été imposées : tenir compte de tous les phénomènes susceptibles d'influer sur la pathologie respiratoire, obtenir des résultats vulgarisables et aboutir à l'élaboration d'un plan de

lutte. Afin de respecter ce cahier des charges, une enquête écopathologique a été réalisée ; cet article en présente la méthodologie. Certains résultats ont été publiés par ailleurs (9).

### MÉTHODOLOGIE DE L'ENQUÊTE ÉCOPATHOLOGIQUE

Le concept d'écopathologie est apparu en France à la fin des années 1970 devant l'inaptitude du modèle pasteurien (un germe, une maladie) à expliquer certaines pathologies de groupe. En écopathologie, les performances zootechniques et sanitaires d'un élevage sont considérées comme les sorties du (ou des) système(s) d'élevage étudié(s). Elles résultent donc des caractéristiques du milieu et du peuplement animal, de la pression des contaminants et des pratiques d'élevage (10). L'objectif est de déterminer, parmi ces éléments, les facteurs de risque de pathologies multifactorielles (15) ayant une importance économique, et de proposer des solutions rationnelles pour rétablir un équilibre plus favorable à l'éleveur. Jusqu'à présent, la démarche écopathologique a été appliquée aux élevages intensifiés des pays tempérés (7). Elle paraît intéressante pour les systèmes extensifs des pays tropicaux, car par son approche globale, elle permettrait au programme de développement de choisir des thèmes améliorateurs selon des critères objectifs. Il faut cependant des aménagements méthodologiques pour pallier les contraintes tropicales. Outre les travaux présentés dans cet article, plusieurs études sont en cours : avortements de la chèvre au Brésil (6, 21, 22), mortalité des chevreaux au Zimbabwe (17, 18) et pneumopathies des PR au Sénégal (16).

### Choix des éleveurs et mise en place d'un suivi zootechnique et sanitaire

Au Tchad, l'élevage des PR est méconnu. Il n'y a pas de recensement des éleveurs permettant de constituer un échantillon représentatif et le niveau de scolarisation rend impossible la tenue de registres de performances des animaux par leurs propriétaires. Le préalable à

1. CIRAD-EMVT, 10 rue Pierre-Curie, 94704 Maisons-Alfort cedex, France.

2. Laboratoire de recherches vétérinaires et zootechniques de Farcha, BP 433, N'Djaména, Tchad.

3. Laboratoire d'écopathologie, INRA, CRVZ de Theix, 63122 Saint-Genès Champanelle, France.

Reçu le 5.4.1993, accepté le 17.6.1993.

\* Financements : 1. Convention FAC 207/CD/91 "Appui à la recherche scientifique tchadienne" ; 2. Banque mondiale "Projet national Élevage, volet recherche d'accompagnement".

\*\* Projet national Élevage.

l'enquête était donc la constitution d'un réseau d'élevages et la mise en place d'un suivi zootechnique et sanitaire. Par ailleurs, l'élevage des petits ruminants occupe une place très variable dans les activités paysannes au Tchad. Dans la perspective d'un projet de développe-

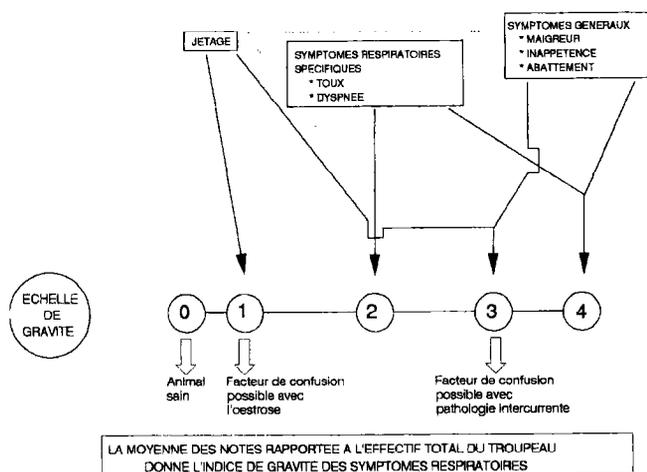


Figure 1 : Echelle de gravité des symptômes respiratoires.

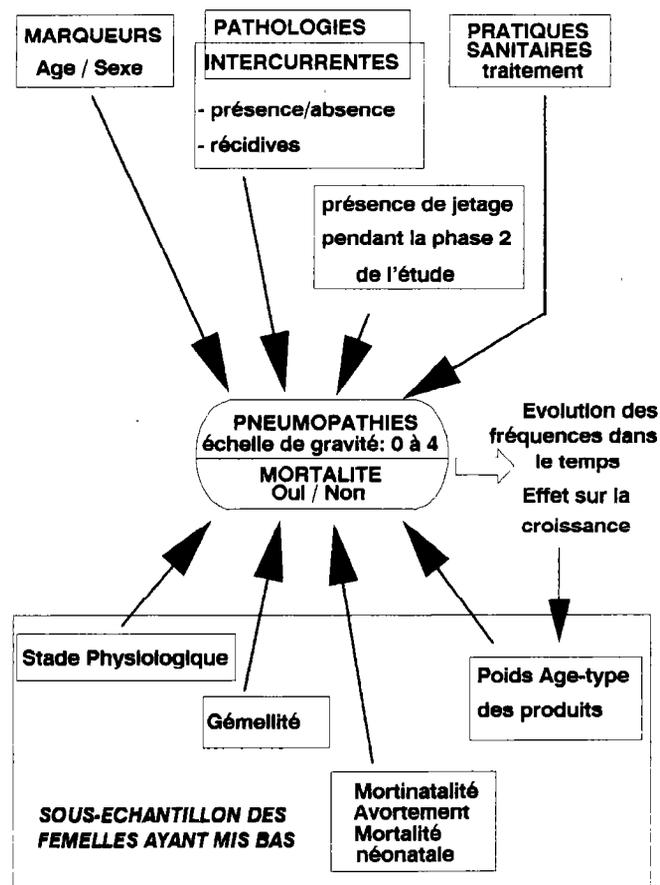


Figure 2 : PMCA à l'échelle de l'individu.

ment, il était nécessaire de travailler avec des éleveurs motivés, susceptibles de s'approprier les résultats de l'enquête. La région péri-urbaine de N'Djaména paraissait intéressante à ce titre : l'occupation croissante des sols par les cultures et la dégradation des pâturages herbacés et ligneux rendent les chèvres très compétitives par rapport aux bovins. Une typologie des élevages de PR de cette zone a été réalisée (8). Les caractéristiques du groupe majoritaire mis en évidence par cette enquête ont servi de critère pour le choix des éleveurs. Ce sont des agro-éleveurs jeunes, ne possédant pas de bovin et dont le troupeau caprin s'élève au moins à 20 têtes. L'exploitation extra-familiale du troupeau se fait par la vente d'animaux sur pied et de produits laitiers (lait frais ou caillé, beurre). soixante éleveurs ont été sélectionnés, dans 13 villages au nord-est de N'Djaména, le long d'un axe routier goudronné, à un maximum de 55 km de la capitale.

Les animaux ont été identifiés à l'aide de boucles auriculaires : 3 500 PR dont 85 p. 100 de chèvres étaient marqués au 1er août 1991. Une fréquence mensuelle des visites a été instaurée. Les informations ont été saisies, contrôlées et stockées sur micro-ordinateur, à l'aide du logiciel PIKBEU (20).

### Protocole du recueil des informations

La période de l'enquête a été fixée du 15 décembre 1991 au 31 mars 1992. L'intervalle de temps entre juillet et décembre 1991 a servi à former éleveurs et enquêteurs au suivi. Les 9 mois séparant début juillet 1991 de fin mars 1992 représentaient environ un cycle de production (9), ce qui a permis de comparer les données entre élevages.

Il était nécessaire de rendre compte de la complexité du système de production, c'est-à-dire de récolter des informations couvrant tous les aspects des élevages en suivi : socio-économie, zootechnie, agro-pastoralisme, pathologie. Une équipe pluridisciplinaire a été constituée. Ce groupe de chercheurs a réalisé des enquêtes auprès des éleveurs et consulté la bibliographie, afin d'établir une liste des hypothèses de facteurs de risque aussi exhaustive et pertinente que possible.

Ce groupe de travail a également défini les variables à expliquer. Deux catégories d'indicateurs ont été retenues : l'une caractérisant la pathologie respiratoire, et l'autre la mortalité. En effet la pathologie respiratoire recouvre l'essentiel des symptômes rencontrés en saison fraîche et il paraissait logique qu'une part importante de la mortalité observée lui soit attribuable.

La population étudiée était la cohorte des caprins présents au J<sub>0</sub> de l'enquête. La pathologie respiratoire a été décrite par trois indicateurs : la fréquence des symptômes, le taux de récidives et la gravité. Ces indicateurs ont été estimés au cours de 3 visites effectuées pendant

la période de l'enquête. La fréquence est le nombre total de malades observés au cours des passages successifs, rapportée à l'effectif du troupeau (cohorte). Le taux de récurrence est le pourcentage d'animaux vus malades plus d'une fois au cours des trois visites. Une échelle de gravité a été construite pour calculer une note individuelle de gravité, permettant de donner une note moyenne de troupeau (fig. 1). La mortalité a été déterminée en rapportant le nombre de morts (toutes causes confondues) pendant la période de l'enquête, à l'effectif de la cohorte.

Les variables à expliquer étant précisées, trois échelles d'observation ont été choisies : l'individu (caprin), le troupeau de concession (animaux appartenant à un éleveur et passant la nuit dans la même concession) et le troupeau de jour (animaux conduits au pâturage par un même berger). Un pré-modèle conceptuel d'analyse (PMCA) a alors été bâti pour chacune des échelles d'observation. Ces schémas (fig. 2, 3 et 4) résument toutes les interactions présumées entre les hypothèses de facteurs de risque et les phénomènes à expliquer. Ils facilitent l'organisation de la base de données ainsi que le dépouillement de l'enquête (14).

Les fiches d'enquête ont ensuite été réalisées et testées. L'informatisation de la saisie a été préparée sur le logiciel

EpiInfo (4) avant le début de l'enquête, de manière à permettre l'enregistrement et le contrôle des informations en temps réel.

### Analyse des données

Aucun résultat préalable n'autorisait a priori la définition d'un modèle d'interaction entre variables explicatives et à expliquer. Les techniques exploratoires ont donc été mises en œuvre : analyse factorielle des correspondances (AFC), analyse factorielle sur tableaux multiples (AFM) et classification ascendante hiérarchique (CAH). Ces méthodes permettent de décrire la structure des tableaux de données (2, 13). Un modèle adéquat peut ensuite, éventuellement, être élaboré (5). L'analyse a été effectuée dans le sens ascendant (individu vers troupeau de jour).

Des tableaux ont été constitués, croisant en lignes les individus statistiques (chèvre, troupeau de concession ou troupeau de jour) et en colonnes les variables (explicatives et à expliquer). Les variables quantitatives ont été mises en classe et les modalités des variables qualitatives ont été éventuellement regroupées. Les tableaux

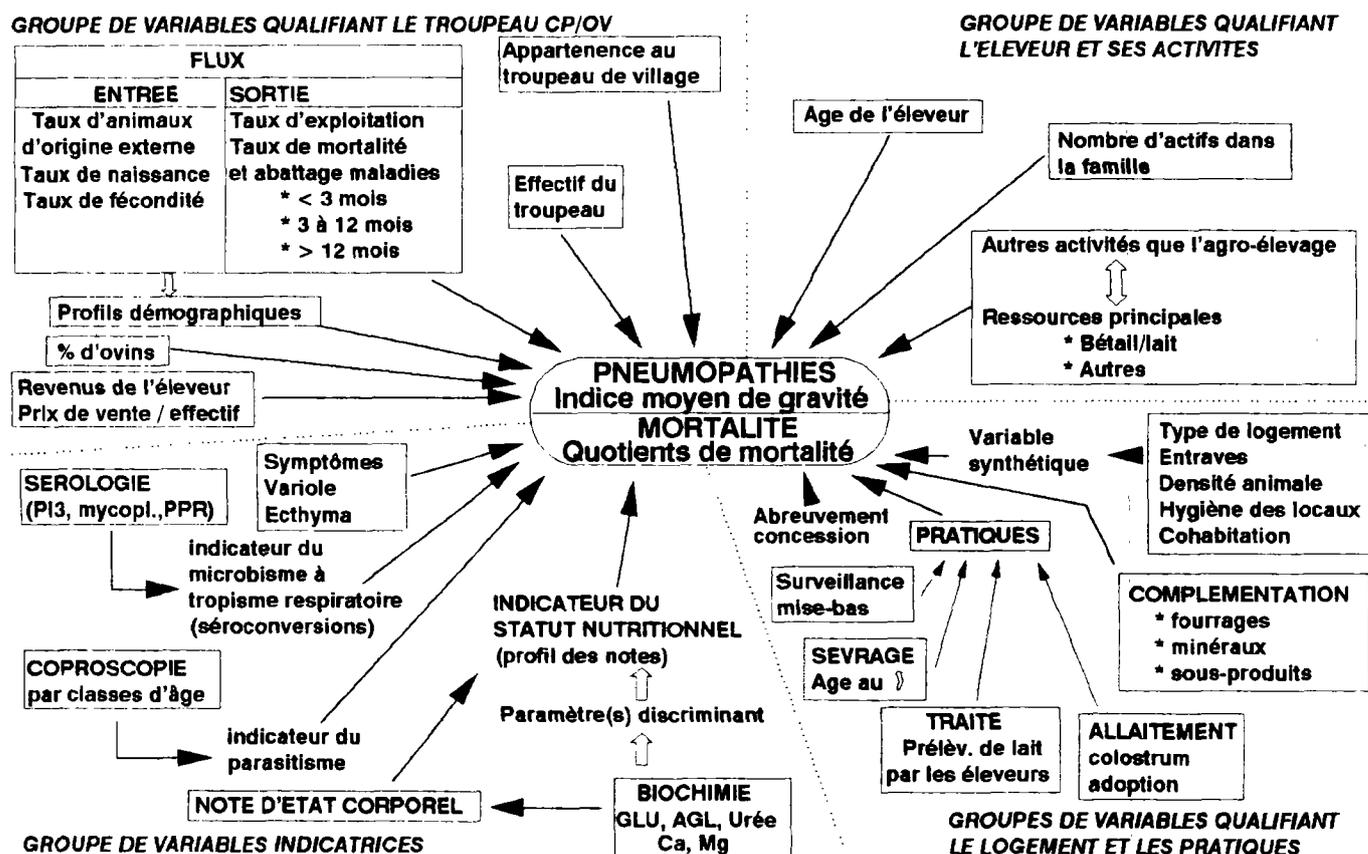


Figure 3 : PMCA à l'échelle du troupeau de concession.

R. Lancelot M. Imadine Y. Mopate B. Faye

ont été mis sous forme disjonctive complète puis analysés à l'aide de la bibliothèque de programmes ADDAD (1). Les modules suivants ont été utilisés : RECOD1 et RECOD2 (codage des variables), DISJON (transformation en tableau disjonctif complet), TABACO (constitution de tableaux et sous-tableaux de BURT), ANCORR (AFC), AFMULT (AFM), CAHVOR (CAH selon la méthode des voisins réciproques), ainsi que les aides à l'interprétation correspondantes : AIDAF (aide à l'interprétation d'une AFC) et CNCACR (contributions mutuelles entre tableau de correspondances et classes d'une hiérarchie).

Les liaisons entre variables explicatives ont été recherchées par le test du  $\chi^2$ . Le test d'ajustement de BOYD et DOLL a été utilisé pour rechercher les facteurs de confusion (23).

Les associations retenues ont été testées à l'aide d'analyses de variance non paramétrique : tests H de KRUSKAL-WALLIS (plusieurs groupes) et U de MANN-WHITNEY (deux groupes) du logiciel Epi Info (4). En effet, les fonctions de répartition des variables relevées au cours de cette enquête se rapprochaient très rarement de la loi normale, même après transformation.

Les facteurs associés à la mortalité ou à la pathologie respiratoire, identifiés à l'échelle de l'individu, ont été standardisés à l'échelle du troupeau de concession, afin d'éliminer les biais dus à des fréquences différentes de ces facteurs dans les troupeaux. Ainsi, à titre d'exemple, l'analyse à l'échelle de l'individu a montré que dans cette étude, le sexe et l'âge étaient des facteurs de risque de la mortalité. Pour le troupeau de concession (TC), la mortalité standardisée a été définie ainsi :

$$Q_m = \frac{A \times (m1/a) + B \times (m2/b) + C \times (m3/c) + D \times (m4/d) + E \times (m5/e)}{A + B + C + D + E}$$

avec :

$Q_m$  : quotient de mortalité standardisé du TC

$m1$  : nombre de morts chez les mâles de 0 à 3 mois dans le TC

$a$  : somme des probabilités de présence des mâles de 0 à 3 mois dans le TC

$A$  : somme des probabilités de présence des mâles de 0 à 3 mois pour la population générale de tous les troupeaux (PG)

$m2$  : nombre de morts chez les femelles de 0 à 3 mois dans le TC

$b$  : somme des probabilités de présence des femelles de 0 à 3 mois dans le TC

$B$  : somme des probabilités de présence des femelles de 0 à 3 mois pour la PG

$m3$  : nombre de morts chez les mâles de 4 à 12 mois dans le TC

$c$  : somme des probabilités de présence des mâles de 4 à 12 mois dans le TC

$C$  : somme des probabilités de présence des mâles de 4 à 12 mois pour la PG

$m4$  : nombre de morts chez les femelles de 4 à 12 mois dans le TC

$d$  : somme des probabilités de présence des femelles de 4 à 12 mois dans le TC

$D$  : somme des probabilités de présence des femelles de 4 à 12 mois pour la PG

$m5$  : nombre de morts chez les animaux de plus d'1 an dans le TC

$e$  : somme des probabilités de présence des animaux de plus d'1 an dans le TC

$E$  : somme des probabilités de présence des animaux de plus d'1 an pour la PG

Les mâles de plus d'1 an sont très peu nombreux. Le sexe n'a donc pas été pris en compte chez les caprins adultes.

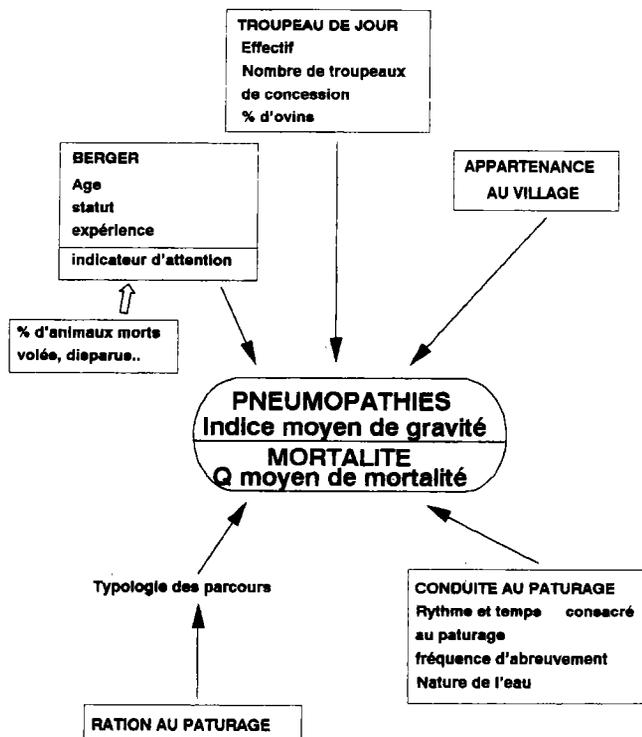


Figure 4 : PMCA à l'échelle du troupeau du jour.

Les rapports  $m1/a, \dots, m5/e$  représentent les quotients de mortalité dans chaque sous-population pour chaque troupeau. Les coefficients de pondération  $A/A+B+C+D+E, \dots, E/A+B+C+D+E$  sont les fréquences de chaque sous-population dans la population générale : ils sont identiques pour tous les troupeaux de concession. Les quotients de mortalité des troupeaux de concession sont donc indépendants du sex ratio et de la proportion de jeunes.

Le même procédé a été utilisé pour chaque variable à expliquer, et entre l'échelle du troupeau de concession et celle du troupeau de jour.

Les animaux ayant présenté des signes pathognomoniques de peste des petits ruminants (PPR) et de variole ont été exclus de l'analyse : ces deux maladies sont fréquentes au Tchad et bien connues. La mise en évidence de leur effet ne présentait pas d'intérêt dans ce travail.

### Quotient de mortalité non standardisé (%)

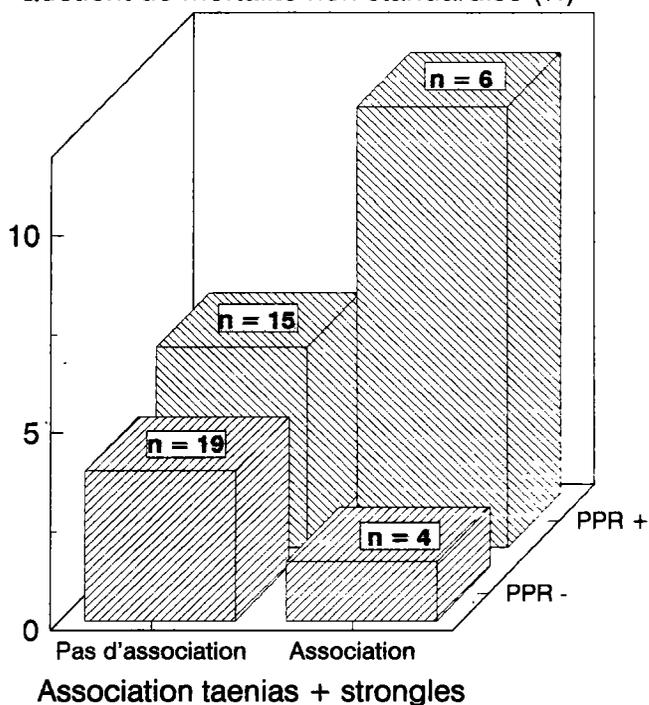


Figure 5 : Association entre le polyparasitisme, la circulation du virus de la PPR et le quotient de mortalité non standardisé (troupeau de concession).

### Quotient de mortalité standardisé (%)

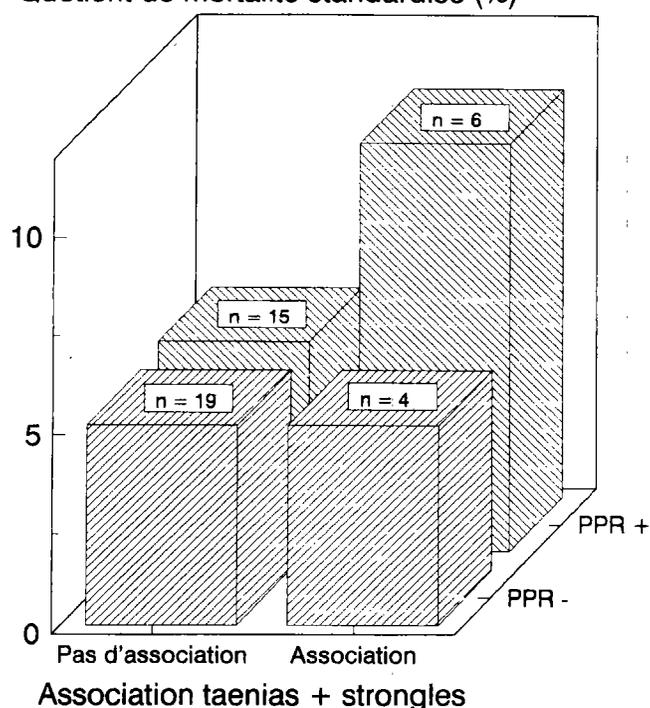


Figure 6 : Association entre le polyparasitisme, la circulation du virus de la PPR et le quotient de mortalité standardisé (troupeau de concession).

## DISCUSSION

### Interprétation statistique des résultats

La standardisation des facteurs identifiés à une échelle, pour l'échelle supérieure, permet d'éliminer des effets paradoxaux comme le montrent les figures 5 et 6. Sans standardiser la mortalité, on pourrait conclure qu'en l'absence de PPR, les troupeaux infestés de ténias et de strongles digestifs présentent des quotients de mortalité inférieurs à ceux infestés exclusivement par l'un ou l'autre de ces parasites.

En revanche, cette standardisation peut s'avérer impossible pour des troupeaux à faible effectif, ce qui conduit à exclure ces troupeaux de l'analyse. Il y a donc une perte d'information et une diminution de la puissance des tests. Cela est regrettable, d'autant que les tests non paramétriques sont parfois moins puissants que les tests paramétriques. Il serait judicieux de reprendre l'étude sans standardiser les données. Pour conserver un minimum de rigueur, il ne faudrait alors tenir compte que des fac-

R. Lancelot M. Imadine Y. Mopate B. Faye

teurs éliminés lors de l'analyse initiale parce que légèrement au dessus du seuil de signification ( $P$  entre 0,05 et 0,10 par exemple).

L'utilisation des méthodes exploratoires permet de repérer des groupes de variables faiblement associées au phénomène étudié, mais dont les effets conjugués entraînent une augmentation significative de la pathologie ou de la mortalité. Le tableau I et la figure 7 indiquent une association entre :

- d'une part, le polyparasitisme (PA4), la distribution d'eau à la concession (EA2) et la circulation du virus de la PPR révélée par la sérologie (MI2),

- et d'autre part, une mortalité élevée.

Les tests classiques (unilatéral de YATES et  $\chi^2$ ) n'auraient pas permis de conclure (tabl. II, III), même

après regroupement adéquat des modalités. En effet, c'est la conjonction de l'association poly-parasitaire ténias + strongles et de la circulation du virus de la PPR qui est liée à une augmentation de la mortalité (tabl. IV).

Le recours aux analyses factorielles et une très bonne connaissance des données par le statisticien sont des éléments irremplaçables pour ne pas passer à côté de phénomènes importants.

### Signification biologique des facteurs de risque

L'enquête met en évidence les facteurs de risque de la pathologie respiratoire et de la mortalité, mais pas forcément les causes. En effet, le facteur de risque est un phénomène observé. Il contient la cause, expérimentalement reproductible, ou facilite son expression. Cependant, et sous réserve d'avoir éliminé les facteurs de confusion, divers travaux ont montré que la correction des facteurs de risque présents dans un élevage entraîne une réduction de la pathologie ou de la mortalité. Ainsi, en milieu tempéré, des plans de lutte ont-ils été mis en place avec succès en milieu paysan, à la suite d'enquêtes écopathologiques sur des problèmes aussi différents que la mortalité néonatale des agneaux en bergerie (3) ou les arthrites des chèvres dues au virus de l'arthrite encéphalite caprine (19). Il est donc légitime de préconiser des thèmes améliorateurs, même sans avoir identifié avec précision la cause de la pathologie.

Certains facteurs de risque peuvent ne pas être exploitables en tant que tels. Ainsi, cette étude a révélé que les jeunes boucs sont plus souvent malades que les chevrettes (fig. 8) et meurent plus souvent. Cet "effet sexe" est en fait le révélateur de pratiques différentes des éleveurs vis-à-vis des chevrettes (futures reproductrices) et des jeunes boucs (sans grande valeur commerciale ni bouchère). Il faudrait affiner les observations pour identifier exactement ces pratiques (allaitement, sevrage, soins ...) et savoir s'il est envisageable de les modifier.

Les figures 6 et 8 illustrent un phénomène fréquemment observé : la conjonction de plusieurs facteurs de risque peut entraîner un effet plus fort que la somme des effets de chacun des facteurs pris isolément. Cela suggère qu'il suffirait parfois d'éliminer un facteur pour retrouver une situation plus favorable.

### Choix des thèmes améliorateurs

Le choix des thèmes améliorateurs est un point crucial : c'est l'aboutissement de l'enquête, et de leur efficacité dépend le jugement porté par le Développement - et donc par les bailleurs de fonds - sur le travail des chercheurs. Deux critères essentiels doivent guider le choix : le rapport coût/bénéfice et l'adéquation avec les possibilités techniques et financières des éleveurs.

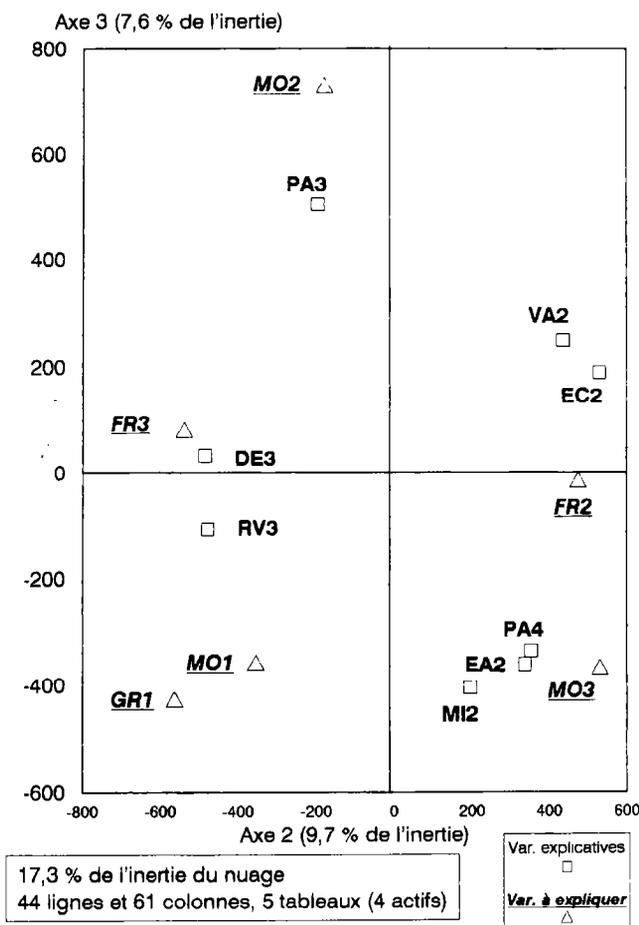


Figure 7 : Plan factoriel (2, 3), issu de l'AFM à l'échelle du troupeau de concession.

**TABLEAU I AFM à l'échelle du troupeau de concession : coordonnées, corrélations et contributions pour les variables les plus contributives ( $\geq 2$  fois la moyenne).**

Nom	Signification	Axes factoriels					
		2			3		
		Coord.	COR	CTR	Coord.	COR	CTR
<b>Variables explicatives</b>							
DE3	Bonnes performances de reproduction, exploitation faible, pas d'introduction d'animaux	- 487	237	52	33	1	(0)
RV3	Revenus élevés tirés de la vente d'animaux	- 480	231	44	- 105	11	(2)
EA2	Distribution d'eau à la concession	336	113	40	- 331	130	39
VA2	Cas cliniques de variole	435	189	53	250	62	(22)
EC2	Cas cliniques d'ecthyma	529	280	64	189	35	(10)
MI2	Forte circulation du virus PPR(sérologie)	195	38	(7)	- 405	164	40
PA3	Présence de taenias, absence de strongles (copro. de troupeau)	- 197	38	(12)	504	254	102
PA4	Présence de taenias et de strongles (copro.)	352	124	(34)	- 336	113	40
<b>Variables à expliquer</b>							
FR2	Fréquence moyenne des symptômes	474	224	63	- 19	0	(0)
FR3	Fréquence élevée des symptômes	- 540	292	77	34	1	(0)
GR1	Faible gravité des symptômes	- 565	320	90	- 430	185	67
MO1	Faible mortalité	- 356	127	(35)	- 362	131	47
MO2	Mortalité moyenne	- 180	32	(8)	727	529	186
MO3	Mortalité élevée	530	281	77	- 371	138	48
<b>Total des contributions retenues</b>				<b>560</b>			<b>569</b>

(8) : contribution non significative.

COR :  $\cos^2$  de l'angle formé par l'axe et la droite reliant le centre de gravité du nuage à la variable. La somme des COR pour tous les axes est 1000.

CTR : contribution de la variable à l'inertie de l'axe. La somme des CTR de toutes les variables est égale à 1000 pour chaque axe.

**TABLEAU II Associations entre le parasitisme et la mortalité à l'échelle du troupeau de concession.**

Parasitisme	Mortalité (nombre de cas)	
	faible ou moyenne	forte
Pas d'association taenias + strongles	25	9
Association taenias + strongles	4	6

(N = 44 troupeaux).

Test unilatéral de Fisher : P = 0,06.

**TABLEAU III Association entre la circulation du virus de la PPR et la mortalité à l'échelle du troupeau de concession.**

Circulation du virus de la PPR	Mortalité (nombre de cas)	
	faible ou moyenne	forte
faible ou nulle	18	5
forte	11	10

(N = 44 troupeaux).

 $\chi^2 = 3,27$  ; P = 0,07.

L'évaluation du rapport coût/bénéfice est du domaine de la Recherche. Au Tchad, elle est réalisée sur les troupeaux du réseau d'observation. Le nombre relativement faible de ces troupeaux et l'optique pragmatique de ce travail ont conduit à ne pas constituer de lot témoin. Le

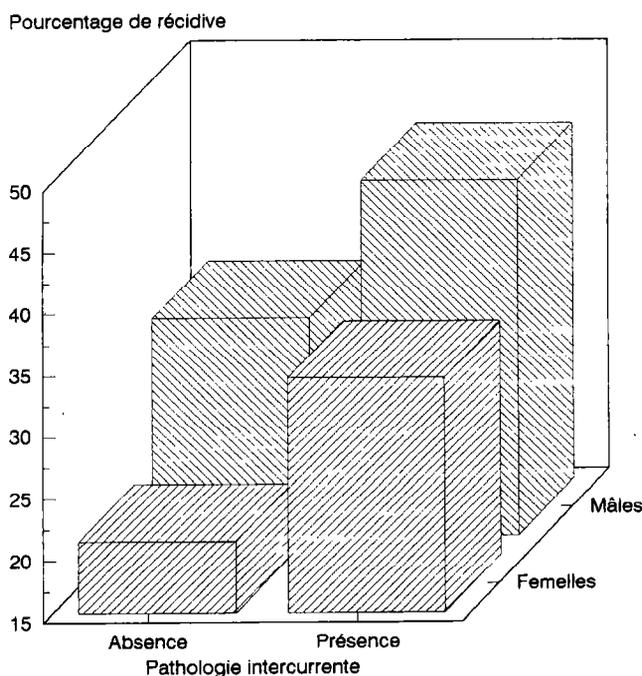
bénéfice est donc estimé en référence à la situation antérieure.

L'adéquation avec les possibilités techniques et financières des éleveurs doit être examinée avec les responsables du Développement. En effet, les mesures d'amé-

**TABLEAU IV** Facteurs associés à la mortalité : échelle du troupeau de concession.

Variables explicatives		Variable à expliquer	
Association taenias + strongles	Circulation du virus PPR	Quotient de mortalité (p. 100)	
		Effectif	Moyenne
Pas d'association	Faible ou nulle	19	5,03
	Forte	4	5,03
Association	Faible ou nulle	15	5,29
	Forte	6	10,33

Test H (analyse de variance non paramétrique) :  $P = 0,04$ .



Tchad, saison fraîche 91-92  
Chevreaux de 0 à 12 mois. N = 495

Figure 8 : Influence du sexe et de l'existence de pathologie intercurrente sur la récurrence des symptômes respiratoires (échelle de l'individu).

lioration peuvent rarement être vulgarisées d'emblée. Il faut tout d'abord former les vulgarisateurs et sensibiliser les éleveurs. Si dans un premier temps (étude coût/bénéfice), il est envisageable de subventionner les thèmes améliorateurs, le bon sens veut que les éleveurs les prennent en charge très rapidement. Or, leurs possibilités financières sont très limitées. Afin de préserver les chances de pérennisation des mesures vulgarisées, il est donc indispensable de favoriser la constitution de groupements d'éleveurs, entraînant l'émergence d'une dynamique de groupe et mieux à même de négocier la fourniture d'intrants à des prix raisonnables. Cet aspect d'organisation agro-pastorale est du ressort du Développement.

### Mise en place du plan de lutte

Tous les facteurs mis en évidence lors d'une enquête n'existent pas simultanément dans chaque élevage. Dans les programmes de développement, il faudra distinguer des mesures générales, à appliquer systématiquement (vermifugation, vaccination...), et des conseils ou actions à personnaliser pour chaque village ou même chaque éleveur, en fonction d'un diagnostic préliminaire (recherche des facteurs de risque). Il sera donc nécessaire de former les agents chargés de la vulgarisation, et éventuellement de maintenir un suivi dans certains troupeaux concernés par le programme de développement, afin d'apprécier l'amélioration des performances zootechniques et sanitaires en fonction du nombre de facteurs de risque éliminés.

### CONCLUSION

En milieu tropical, l'écopathologiste devra, de plus en plus, répondre à des questions précises posées par le Développement. Il est évident que son travail ne s'arrête pas à la fourniture d'une liste de facteurs de risque. Le message doit être clair et prêt à l'emploi. La valorisation de la recherche en écopathologie nécessite donc une profonde implication avec le Développement.

### REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé grâce au personnel technique du service d'Épidémiologie du laboratoire de Farcha : Madame G. TANGAR, Messieurs I. ANDIRA, I. BARKA, G. KOUMRAYE, R. KOSTOIN, M. LONY. Nous remercions chaleureusement le Docteur IDRIS ALFAROUKH pour le soutien actif qu'il nous a manifesté en toute occasion.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ADDAD (Association pour le Développement et la Diffusion de l'Analyse des Données). Manuel de référence ADDAD, version micro 89.1. Paris. ADDAD, 1989. 270 p.
2. BENZÉCRI (J.-P.). La place de l'a priori. In : Encyclopaedia universalis, Vol.17. Paris, Encyclopaedia universalis France éditeurs, 1973. P. 11-24
3. CALAVAS (D.). Prévention de la mortalité néonatale des agneaux. Mode d'emploi. Bilan de trois années de suivi. Villeurbanne, Centre d'écopathologie animale, 1992. 25 p. + annexes
4. DEAN (A.D.), DEAN (J.A.), BURTON (A.H.), DICKER (R.C.). Epi Info, version 5 : a word processing, database, and statistics program for epidemiology on micro-computers. Stone Mountain, Georgia (USA), USD, Incorporated, 1990.
5. DUCROT (C.), CIMAROSTI (L.). Complémentarité du modèle logistique et de l'analyse des correspondances pour la recherche des facteurs de risque en pathologie animale : application à l'étude des facteurs de risque de l'ecthyma des ovins. *Épidémiol. Santé anim.*, 1991, **20** : 126-131.
6. FAYE (B.), QUIRIN (R.). Etude des facteurs de risque des avortements chez la chèvre. Mise en place du pré-modèle conceptuel d'analyse dans le cadre d'une enquête écopathologique réalisée dans le district de Massaroca, Etat de Bahia. Brésil. Ceyrat, INRA-Theix, 1991. 20 p.
7. GANIERE (J.-P.), ANDRÉ-FONTAINE (G.), DROUIN (P.), FAYE (B.), MADEC (F.), ROSNER (G.), FOURICHON (C.), WANG (B.), TILLON (J.-P.). L'écopathologie : une méthode d'approche de la santé en élevage. *Productions animales*, 1991, **4** (3) : 247-256.
8. LANCELOT (R.), MOPATÉ (Y.). Typologie opérationnelle des élevages de petits ruminants en zone sahélienne du Tchad. Rapport technique. N'Djaména, Laboratoire de Farcha, 1991. 111 p
9. LANCELOT (R.), IMADINE (M.), MOPATE (Y.), FAYE (B.). Amélioration de la productivité des chèvres en zone péri-urbaine de N'Djaména (Tchad) : choix des mesures suite à une enquête écopathologique. *Vet. Res.* (à paraître).
10. LANDAIS (E.). Écopathologie et systémique. *Étud. Rech. Syst. agr. Dév.*, 1991, **21** : 5-11.
11. LEFEVRE (P.C.). Pathologie infectieuse. In : DUMAS (R.), LEFEVRE (P.), DESLANDES (P.), Ed Étude sur l'élevage des petits ruminants au Tchad. Maisons-Alfort, IEMVT, 1977. P. 171-182.
12. LE JAN (C.), SOW (A.D.), THIEMOKO (C.), FRANÇOIS (J.L.), DIOUARA (A.). Pneumopathies enzootiques des petits ruminants en Mauritanie : situation d'ensemble et approche expérimentale. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1987, **40** (2) : 103-112.
13. LESCOURRET (F.), FAYE (B.). Stratégie statistique du Laboratoire d'écopathologie. *Épidémiol. Santé anim.*, 1991, **20** : 103-116.
14. LESCOURRET (F.), PÉROCHON (L.), COULON (J.B.), FAYE (B.), LANDAIS (E.). Modelling an information system using the MERISE method for agricultural research : the example of a database for a study on performances in dairy cows. *Agric. Syst.*, 1992, **38** : 140-173.
15. MADEC (F.), FOURICHON (C.). Les facteurs de risque en épidémiologie animale. *Épidémiol. Santé anim.*, 1990, **18** : 31-43.
16. MERLIN (P.), NDIAYE (M.), FAUGERE (O.). Facteurs de risque des pneumopathies des petits ruminants au Sénégal. I. Zone soudanienne, saison sèche 1988-1989. Dakar, LNERV/SRA, 1990. 28 p (Document de travail du programme "Pathologie et Productivité des Petits Ruminants" n°19)
17. MONICAT (F.). Conception et mise en place d'une enquête écopathologique sur la mortalité des chevreaux dans les zones communales du Zimbabwe. *Capricorne*, 1991, **4** (3) : 14-21.
18. MONICAT (F.), BORNE (P.M.), KERAVEC (J.). Structures et méthodes associées à une enquête multifactorielle sur la mortalité des chevreaux dans les zones communales du Zimbabwe. *Épidémiol. Santé anim.*, 1992, **21** : 11-38.
19. PERETZ (G.). Les rendez-vous de l'écopathologie. Résultats d'enquête. prévention des arthrites des chèvres dues au C.A.E.V. Villeurbanne, Centre d'écopathologie animale, 1992. 29 p.
20. PLANCHENAU (D.), SAHUT (C.), PIKBEU : manuel d'utilisation. Maisons-Alfort, IEMVT, 1989. 85 p.
21. QUIRIN (R.). Rapport d'activités 1991. 2. Rapport technique. Petrolina (Brésil), CIRAD-EMVT, 1992. 57 p. + annexes.
22. QUIRIN (R.), LEAL (T.M.), GUIMARAES FILHO (C.). Epidémiologie descriptive des avortements caprins en élevage traditionnel du Nordeste brésilien. Enquête rétrospective de carrières de femelles. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 495-502.
23. RUMEAU-ROUQUETTE (C.), BREAT (G.), PADIEU (R.). Méthodes en épidémiologie, 5e éd. Paris, Flammarion Médecine-Sciences, 1985. 398 p.

R. Lancelot M. Imadine Y. Mopate B. Faye

**LANCELOT (R.), IMADINE (M.), MOPATE (Y.), FAYE (B.).** Ecopathological survey of goat pneumopathies during the dry cold season in Chad. Methodological aspects. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 485-494

The authors describe the methodology used in an ecopathological survey of goat pneumopathies in periurban area of N'Djamena (Chad) during the dry, cold season of 1991-1992. The choice of farms was made after a typology survey. A total of 3,500 small ruminants (85 % of goats) belonging to 60 farms were identified and the performance and health of the animals examined from August 1991. The protocol used for collecting information and the strategy applied to the analysis of data were based on conceptual pre-models of analysis corresponding to the 3 observations scales used, i.e. goat, concession flock, day flock. The survey took place from December 1991 to March 1992. The difficulties of the statistical interpretation of the data, are emphasized. The biological significance of the risk factors is discussed. Measures for obtaining improvements should take into account the cost/profit ratio and the technical and financial possibilities of the farmers.

*Key words* : Goat - Pneumopathy - Epidemiology - Ecopathological survey - Methodology - Risk factor - Cost-profit analysis - Chad.

**LANCELOT (R.), IMADINE (M.), MOPATE (Y.), FAYE (B.).** Encuesta ecopatológica sobre las neumopatías de las cabras durante la estación seca y fría en Chad : aspectos metodológicos. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 485-494

Los autores presentan la metodología de una encuesta ecopatológica sobre las neumopatías de las cabras en la zona peri-urbana de N'Djamena (Chad), durante la estación seca y fría, en 1991-1992. El escogimiento de los productores se realizó mediante una encuesta de tipificación. Se identificaron 3 500 pequeños rumiantes (85 p. 100 de caprinos), pertenecientes a 60 productores y en agosto 1991 se inició un seguimiento zootécnico y sanitario. El protocolo de la colecta de información y la estrategia del análisis de datos se basaron en modelos conceptuales pre establecidos, de análisis correspondientes a las tres escalas de observación utilizadas : cabra, hato de concesión y hato de día. La encuesta se desarrolló entre diciembre 1991 y marzo 1992. Se indican las dificultades de la interpretación estadística y de los resultados. Se discute la significación biológica de los factores de riesgo. Las medidas de mejoramiento deben tomar en cuenta la relación costo/beneficio, así como las posibilidades técnicas y financieras de los productores.

*Palabras claves* : Cabra - Neumopatía - Epidemiología - Encuesta ecopatológica - Metodología - Factor de riesgo - Análisis costo-beneficio - Chad.

# Epidémiologie descriptive des avortements caprins en élevage traditionnel du Nordeste brésilien. Enquête rétrospective de carrières de femelles

R. Quirin <sup>1</sup>T.M. Leal <sup>2</sup>C. Guimaraes Filho <sup>2</sup>

QUIRIN (R.), LEAL (T.M.), GUIMARAES FILHO (C.). Épidémiologie descriptive des avortements caprins en élevage traditionnel du Nordeste brésilien. Enquête rétrospective de carrières de femelles. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 495-502

Une enquête rétrospective de carrières de femelles a été conduite sur un échantillon de 1 317 chèvres élevées de façon traditionnelle dans une petite région de la zone semi-aride du Nordeste du Brésil. L'étude concerne un total de 2 155 mises bas et permet d'analyser le problème de l'avortement en fonction de plusieurs facteurs de variations mesurés rétrospectivement : année, classe d'âge, rang de mise bas, âge à la mise bas, communauté d'origine. La méthodologie employée fait appel à la mémoire de l'éleveur. Les résultats montrent que le problème de l'avortement existe de manière constante dans la région (13 p. 100). Les avortements sont plus fréquents chez les chèvres jeunes et surviennent plus particulièrement au cours de la première mise bas (20,7 p. 100), quel que soit l'âge à laquelle se produit celle-ci. L'année semble avoir une influence sur le taux d'avortement, ce qui peut être expliqué par la grande variabilité des facteurs climatiques. Enfin, les taux d'avortement sont variables en fonction de la communauté mais cette différence n'est cependant pas significative. Cette variabilité peut être expliquée par la diversité des conditions édaphiques rencontrées dans la région étudiée.

*Mots clés* : Caprin - Élevage traditionnel - Avortement - Épidémiologie - Brésil

## INTRODUCTION

La pathologie de la reproduction caprine dans le Nordeste du Brésil, où est localisé la plus grande partie de l'effectif national (9,7 des 10,8 millions de têtes, soit 89,8 p.100) (6), est dominée par des symptômes d'avortement. L'avortement se manifeste de manière enzootique et touche la majorité des troupeaux (10,16). Plusieurs travaux soulignent son importance tant en milieu traditionnel (5, 11, 16) qu'en milieu contrôlé (2, 3, 8, 14, 17, 18).

L'analyse des résultats obtenus à ce jour montre une grande variabilité des taux (0 à 50 p.100) en fonction de l'année, de la période de lutte dans l'année, de l'échantillon d'animaux, de la race, des conditions d'étude (station ou terrain) et de la méthodologie employée (expérimentation ou enquête) (7, 8, 16, 17, 18). D'autres facteurs du milieu fortement fluctuants tels que les fac-

teurs édapho-climatiques (1,11,13) et botaniques (4), contribuent très probablement aux grandes variations observées.

L'étude, initiée en novembre 1990, comprend plusieurs phases successives :

- 1) une pré-enquête destinée à mieux comprendre le milieu, la conduite des troupeaux et la pathologie locale ;
- 2) une enquête rétrospective sur les carrières des femelles, nécessaire à la mise en place de la phase suivante ;
- 3) une enquête prospective longitudinale d'une durée de 18 mois dont l'objectif est de mettre en évidence les facteurs de risque des avortements (enquête écopathologique).

Les résultats de la deuxième phase concernant la pathologie sont l'objet du présent article, les résultats zootechniques ayant été publiés par ailleurs (12).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Échantillon d'étude

#### Choix de la région

L'étude se déroule dans le district de Massaroca, commune de Juazeiro, État de Bahia (carte 1). La région concernée est située dans la zone semi-aride du Nordeste. Elle a été choisie suite à une demande d'identification des causes d'avortement et de proposition de plans de prophylaxie, émanant de l'association agro-pastorale du district. La pluviométrie y est caractérisée par une extrême variabilité interannuelle (1, 11, 13), intra-annuelle (période de survenue des pluies) et géographique (pluies d'orages fortes et très localisées).

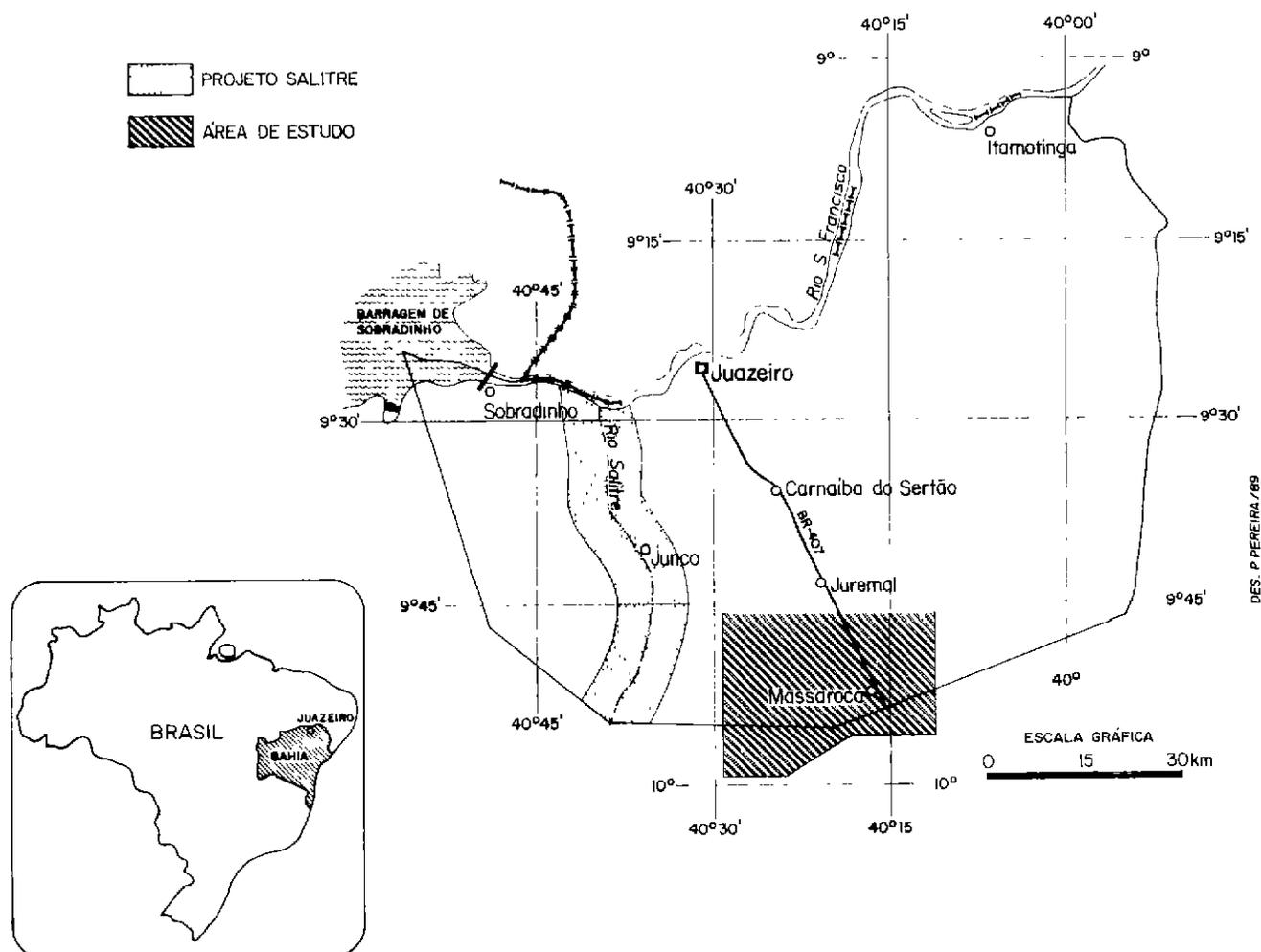
#### Choix des éleveurs

Neuf communautés rurales réparties sur l'ensemble du district sont concernées par l'enquête. La variation conjointe et importante des facteurs édaphiques (carte 2) et climatiques citée en introduction, entraîne une grande diversité des types phénologiques de la caatinga (dénou-

1. CIRAD-EMVT, 10, rue Pierre-Curie, 94704 Maisons-Alfort Cedex, France

2. EMBRAPA/CPATSA, Cx Postal 23, 56300 Petrolina, PE, Brésil.

Reçu le 10.11.1992, accepté le 16.6.1993.



Carte 1 : Région du projet (extraite de (11), avec l'autorisation des auteurs).

mination régionale du fourré ou bush, végétation naturelle de la région), ce qui influe sur la nature et la qualité de l'offre alimentaire et sur le statut nutritionnel des animaux, et, en conséquence, sur leur état sanitaire.

Des éleveurs ont donc été retenus dans chacune des communautés afin de représenter le mieux possible cette diversité. De plus, la motivation manifestée par l'éleveur pour participer à l'étude, a constitué un critère de sélection.

Au total, 36 éleveurs ont été sélectionnés sur un ensemble de 9 communautés totalisant environ 260 familles. Chaque famille ne représente qu'un élevage mais toutes les familles ne pratiquent pas l'élevage caprin ; le taux de sondage est donc voisin de 14 p.100.

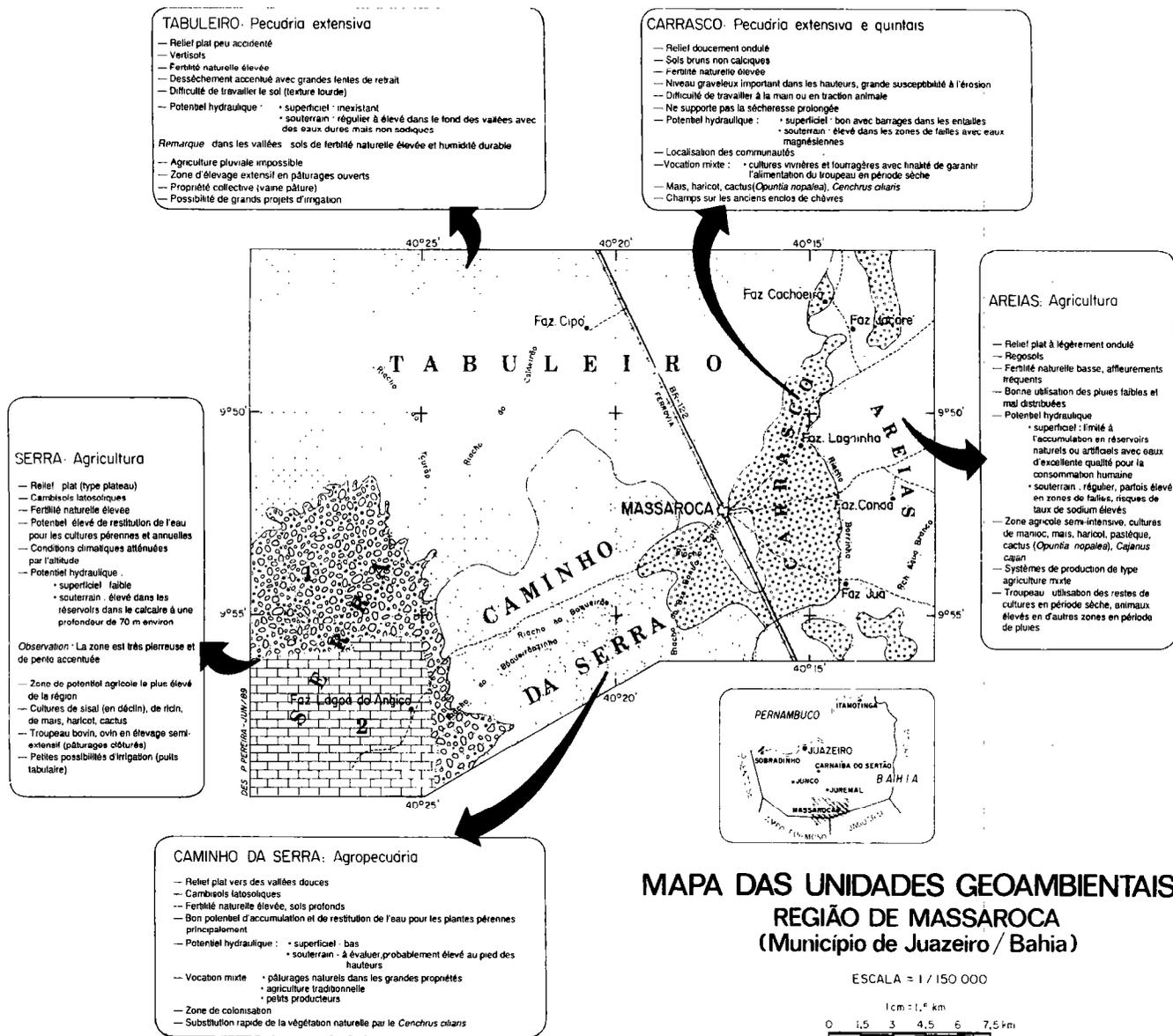
#### Choix des animaux

L'élevage des chèvres, dans la région, est pratiqué en lots de conduites différentes en relation avec une utilisation plus ou moins extensive des ressources fourragères.

Les chèvres sélectionnées ont été tirées au hasard en visant une répartition équilibrée dans les différents lots.

L'estimation du taux d'avortement et de son intervalle de confiance va déterminer le nombre de sujets nécessaires. Ce taux est défini ici par le nombre d'avortements rapporté au nombre de femelles mises à la reproduction. A la précision désirée de 2 p.100 et au risque de première espèce consenti de 5 p.100, le nombre de chèvres nécessaires est approximativement de 1 275 pour un taux d'avortement préalablement estimé à 15 p.100 par la pré-enquête (phase 1). Un échantillon de 40 chèvres doit donc être tiré au sort chez chacun des 36 éleveurs retenus.

Le nombre moyen de caprins par éleveur est de 125 dans le district de Massaroca, soit un nombre minimal de 65 femelles (les jeunes mâles sont vendus à partir d'un an). Le taux de sondage des femelles s'approche donc globalement de 50 p.100. Compte tenu des objectifs de l'étude, seules les chèvres théoriquement en âge de reproduire (> 6 mois) sont retenues. Certains éleveurs ne



Carte 2 : Carte pédologique du district de Massaroca (extraite de (11), avec l'autorisation des auteurs).

possédant pas 40 chèvres, l'échantillon total attendu n'est pas de 1 440 (36 x 40) animaux mais seulement de 1 317.

**Méthodologie**

Un questionnaire de carrière de femelle est rempli pour chaque chèvre. Il apporte des renseignements permettant de reconstruire chronologiquement la carrière reproductive de la femelle en précisant la biographie et la destination des produits de chaque mise bas. Au maximum, les cinq dernières mises bas sont relevées (année, mois, numéro de la mise bas, âge révolu de la chèvre à la mise bas). Outre la destination des produits, le questionnaire renseigne sur les causes de sortie du troupeau qui sont :

mort, vente, disparition, avortement, abattage ou permanence dans le troupeau (modalité nulle).

Dans les conditions de l'enquête rétrospective, il n'est pas possible de distinguer l'avortement stricto sensu (interruption d'une gestation par l'expulsion d'un fœtus non viable) de la mortalité embryonnaire tardive. Les deux événements sont donc désignés sous le même vocable.

L'avortement n'est pas un événement qui est facilement repéré par tous les éleveurs ; il est souvent oublié lorsqu'il est suivi rapidement par une nouvelle gestation. Son diagnostic se base sur l'observation de signes cliniques : apparition à la vulve d'une fine vésicule contenant un liquide transparent, écoulement vulvaire, poils de

la queue agglutinés et rarement, découverte du fœtus. Dans certains cas, il est fait par défaut : retours en chaleur ou absence de mise-bas suite à une certitude de gestation par diagnostic tardif.

Ce mode d'enquête fait appel exclusivement à la mémoire de l'éleveur. Pour détecter certaines erreurs, des contrôles peuvent être effectués. Par exemple, l'examen de la dentition des animaux peut permettre de corriger l'âge estimé par l'éleveur. En effet, les mises bas (de mars à septembre) sont plus ou moins saisonnées par le début des pluies. S'il se produit une erreur sur l'année de naissance, elle peut être corrigée par l'examen de la dentition dont l'aspect change significativement d'une cohorte à l'autre. Cette erreur est corrigée immédiatement si le technicien s'en aperçoit sur le terrain ou sinon après vérification ultérieure auprès de l'éleveur.

D'autres erreurs sont corrigées au cours du questionnaire par l'éleveur lui-même qui doit situer mentalement les événements les uns par rapport aux autres. Il peut se rendre compte, de cette manière, de certains oublis par comparaison avec la carrière d'autres animaux de la même cohorte. Le recul de 5 gestations l'oblige à procéder avec rigueur dans sa méthode de mémorisation des événements, rigueur qu'il n'aurait sans doute pas s'il n'avait été tenu compte que de la dernière gestation. Cette méthode permet donc d'accéder au passé du troupeau avec une certaine précision mais il est certain qu'elle n'est pas parfaite et que les résultats obtenus n'ont pas la valeur de ceux d'une enquête prospective.

## Collecte et analyse des informations

La fiche questionnaire est construite sur le modèle "Carrière des femelles" élaboré par PLANCHENAU (9). L'image de cette fiche est reproduite sur un programme de saisie sous SPSS/PC+ DATA ENTRY permettant ainsi de minimiser le risque d'erreurs à l'entrée des données. Après contrôle de cohérence l'analyse des données est assurée par le logiciel d'analyses statistique SPSS/PC+.

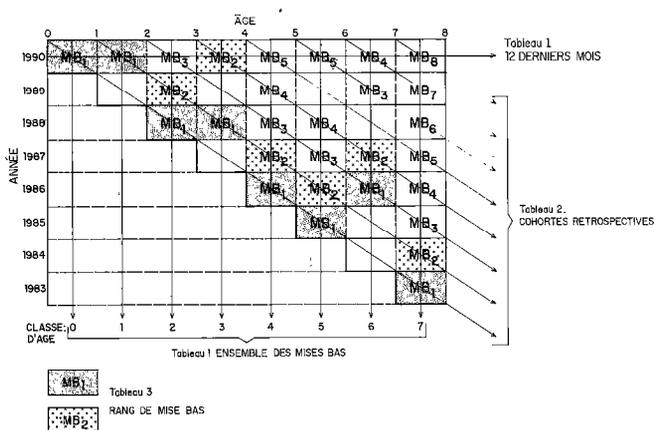


Figure 1 : Représentation graphique des différents niveaux d'analyse.

Deux mille cent cinquante cinq mises-bas ont été enregistrées sur la période d'étude. Les analyses ont été réalisées à différentes échelles (fig. 1) afin d'éviter les facteurs de confusion comme par exemple l'année qui, en fonction de l'extrême variabilité climatique, pourrait avoir un effet sur le taux d'avortement plus important que ceux de la cohorte ou de l'âge, et masquer l'effet de ces derniers.

## RÉSULTATS

### Taux d'avortement global

Le taux d'avortement global, calculé sur l'ensemble des carrières des femelles et sur tout le district est de 13,0 p.100 soit un intervalle de confiance de : [11,5 ;14,5] au risque de premier degré de 5 p.100.

### Variation du taux d'avortement en fonction de la cohorte

Deux calculs sont réalisés : le premier tenant compte de l'ensemble des mises bas de chaque chèvre dans sa cohorte et le second, ne retenant que les mises bas des 12 mois passés, également pour chaque chèvre dans sa cohorte. Pour le second calcul, la prise en compte dans chaque cohorte des seules mises bas de la dernière année renforce conjointement l'effet de l'âge révolu des chèvres dans leur cohorte et l'effet de l'année 1990 car il fait abstraction du passé des chèvres multipares. Ce résultat confirme la diminution du taux d'avortements en fonction de la cohorte d'âge (tabl. I).

Le nombre des mises bas enregistrées dans la classe 0 (animaux n'ayant pas atteint 1 an) étant insuffisant pour être utilisé dans un test de  $\chi^2$ , les classes "0" et "1" sont regroupées pour l'analyse des résultats. Les avortements qui ont lieu avant 1 an concernent des chevrettes qui ont été saillies et fécondées dès leur puberté et se trouvaient par conséquent en début de gestation (il est rare d'observer dans les conditions de la région des mises bas normales avant un an). Les classes supérieures ou égales à 3 sont regroupées car les informations sur des animaux de plus de 4 à 5 ans deviennent rares et les échantillons deviennent trop petits pour être analysés.

### Avortements selon l'âge à la mise bas (tabl. II)

Il s'agit d'une reconstitution de cohortes de mises bas ayant eu lieu dans les intervalles considérés. Une fois de plus, la différence globale est significative, ce qui montre que les animaux ont plus tendance à avorter lorsqu'ils sont jeunes. Les cohortes de 3 ans et plus sont regroupées car il ne paraît pas logique de différencier les animaux en pleine maturité par l'âge sur la variable avortement.

**TABLEAU I** Taux d'avortement selon la cohorte d'âge. 1) Pour l'ensemble des mises bas (MB) (Test  $\chi^2$  global significatif ;  $p < 0,001$ ). 2) Pour les 12 derniers mois (Test  $\chi^2$  global significatif ;  $p < 0,001$ ).

Cohorte d'âge	Age (ans)	1. Ensemble des MB		2. MB des 12 derniers mois	
		Nombre MB enregistrées	Taux d'avortement (p. 100)	Nombre MB enregistrées	Taux d'avortement (p. 100)
0	< 1 an	4	100	4	100
1	[ 1 ; 2 [	37	40,5	33	42,4
2	[ 2 ; 3 [	434	17,1	295	13,5
> = 3	[ 3 ; 12 ]	1 604	11,2	517	5,6
			46,3		48,6

**TABLEAU II** Taux d'avortements selon l'âge à la mise bas.

Âge à la mise bas (ans)	Nombre de mises bas	Taux d'avortement (p. 100)
[ 0 ; 1 [	43	74,4
[ 1 ; 2 [	410	27,1
[ 2 ; 3 [	558	10,6
> = 3	760	5,7

Test du  $\chi^2$  global significatif à  $p < 0,001$ .

**TABLEAU III** Taux d'avortements selon le rang de mise bas.

Rang de mise bas	Nombre de mises bas	Taux d'avortement (p. 100)
1	884	20,7
2	626	8,0
> = 3	569	7,0

Test du  $\chi^2$  global significatif à  $p < 0,001$ .  
Les avortements ont une probabilité plus forte de survenir au cours de la première mise bas.

**TABLEAU IV** Taux d'avortement selon l'année.

Année	Nombre de mises bas	Taux d'avortement (p. 100)
1990	894	9,3
1989	609	12,2
1988	370	16,5
1987	171	16,4
< = 1986	79	22,8*

\* Valeur exclue dans l'exécution du test statistique car les chèvres concernées étaient en 1986 jeunes et l'effet âge prédomine dans ce cas sur l'effet année.

Test du  $\chi^2$  global significatif à  $p < 0,01$ .

## Étude des avortements en fonction du rang de mise bas (tabl. III)

Comme pour les classes d'âge, les chèvres ayant eu 3 mises-bas et plus sont regroupées car elles ont atteint leur maturité. Il est dans la grande majorité des cas, impossible de différencier les avortements précoces et tardifs. Probablement, un grand nombre des avortements précoces ne sont pas diagnostiqués et souvent, les avortements diagnostiqués ne sont pas suivis d'une nouvelle gestation la même année en raison des conditions écologiques. Ceci équivaut donc du point de vue du cycle reproductif à un avortement tardif car ceci entraîne la perte d'un cycle complet. C'est pourquoi il y a induction d'un nouveau rang de mise-bas après un avortement.

## Étude des avortements en fonction de l'année (tabl. IV)

Il semble qu'il y ait une influence de l'année, ce qui est d'ailleurs confirmé par les dires des éleveurs : 1987 et 1988 paraissent avoir été des "années à avortements".

## Étude des avortements selon la communauté (tabl. V)

L'ensemble des carrières des femelles est pris en compte. La variabilité entre les communautés est très importante au niveau des sols et de la phénologie de la caatinga. Aussi, il est légitime de s'attendre à une variation de la productivité et des problèmes sanitaires. La variation observée sur les taux d'avortements n'est cependant pas significative ( $p \# 0,15$ ).

**TABLEAU V** Taux d'avortements selon la communauté.

Communauté	Nombre de mises bas	Taux d'avortement (p. 100)
Cachoeirinha	184	12,0
Caldeirão do Tibério	328	11,9
Canoa	167	11,4
Cipo	84	0,0
Curral Novo	355	9,3
Lagoa do Angico	201	5,5
Lagoa do Meio	201	9,5
Lagoinha	582	23,0
Massaroca	55	7,3

## DISCUSSION

L'étude de la répartition des avortements en fonction du temps et de l'espace peut apporter des éléments intéressants dans la compréhension du phénomène. Le taux global d'avortements de 13 p.100 confirme l'importance de cette pathologie, et l'étude des performances zootechniques (12) montre que celle-ci a une influence non négligeable sur la productivité du troupeau.

En milieu contrôlé (station expérimentale), UNANIAN et SILVA (18) ont montré que les causes infectieuses (*Brucella*, *Leptospira*, *Toxoplasma*, *Campylobacter*) sont absentes dans une région aux caractéristiques voisines, en dépit de l'observation d'un taux d'avortement considérablement élevé (50 p.100).

Une autre étude (EMBRAPA/CNPC, 1989) (3) a montré que les chèvres ne présentent aucune réaction sérologique à la brucellose, ce qui confirme le travail précédent.

Cependant, l'hypothèse infectieuse ne peut pas être totalement rejetée au vu des résultats présents. Il existe un effet année (tabl. IV) qui pourrait s'expliquer par un épisode infectieux. De plus, des bactéries responsables spécifiquement d'avortements (*Chlamydia*, *Coxiella*) n'ont pas été recherchées sérologiquement par UNANIAN et SILVA.

Les résultats exposés dans les tableaux II et III montrent que les populations à risque pour l'avortement sont les chèvres jeunes (moins de 2 ans) ou les chèvres à leur première mise-bas, ce qui est étroitement lié car l'âge moyen à la première mise bas est de 20 mois. Ces caractéristiques ne contredisent pas l'hypothèse infectieuse pour les bactéries citées qui, lorsqu'elles sont présentes dans une population, exercent leur effet pathogène sur les animaux en première gestation. Il s'installe par la suite une immunité durable et l'infection ne touche que les primipares.

Des résultats préliminaires de sérologies de la phase 3, faites sur les mêmes animaux, ne montrent aucune réaction positive pour *Brucella* et *Coxiella*. Cependant, un taux de 12,8 p. 100 d'animaux présente une réaction légèrement positive pour *Chlamydia* (1/8 à 1/32). La faiblesse de cette réaction et la faiblesse de la prévalence indiquent que le phénomène n'est pas récent. De plus, si le phénomène était en phase évolutive, il provoquerait des avortements de la même manière chez les ovins, ce qui n'est pas le cas.

Il existe conjointement un effet année et un effet cohorte. Il s'agit de vérifier que l'un n'est pas facteur de confusion de l'autre. En effet, l'année pourrait avoir une influence plus importante sur l'avortement que la cohorte, ce qui invaliderait le résultat de la première analyse (en fonction de la cohorte) faite sur l'ensemble des carrières (tabl. I) et donc dépendant de l'année. Cependant, l'étude de l'influence de l'année (tabl. IV) aurait tendance à infirmer cette observation puisque les taux d'avortement ont ten-

dance à diminuer au cours de ces dernières années. Les cohortes récentes devraient par conséquent avorter moins que celles plus âgées si l'influence de l'année prédominait. Une étude par reconstitution des cohortes de mises bas ayant lieu dans les intervalles rétrospectifs d'un an, montre qu'au contraire, les avortements sont plus importants chez les animaux jeunes et décroissent régulièrement avec l'âge (tabl. II), ce qui lève le doute.

L'étude des avortements en fonction du rang de mise bas (tabl. III) apporte également des renseignements intéressants. Il apparaît clairement que le risque le plus important se situe avant la première mise bas, c'est-à-dire pour des nullipares. La probabilité d'avorter chute considérablement dès la seconde mise bas et elle semble à peu près se stabiliser à la même valeur pour les mises bas suivantes.

En dépit d'un âge à la première mise bas très élevé (environ 20 mois (12)), celle-ci souffre de surcroît d'un risque d'avortement de 20 p.100. Il n'est donc pas étonnant de voir des rendements zootechniques médiocres, d'autant plus que ces avortements ne sont pas toujours suivis d'une nouvelle gestation la même année car les conditions du milieu deviennent rapidement défavorables. Il en découle un allongement des intervalles entre les mises bas qui sont en moyenne de 13 mois dans la zone d'étude, ce qui est très élevé.

Il semble que le taux des avortements baisse depuis les 5 dernières années. Cet effet pourrait être rattaché au climat dont les variations importantes sont caractéristiques de la région (13). Les années 1986 et antérieures ne sont pas prises en compte dans les calculs, car les chèvres en question étaient à cette époque très jeunes et l'effet de leur âge devient alors prépondérant par rapport à celui de l'année de mise bas. L'ensemble de ces résultats explique en partie la grande variabilité des taux d'avortements observée dans la littérature. La pluviométrie étant très variable, le lieu géographique doit également influencer sur le taux d'avortement.

C'est l'hypothèse qui a été testée au niveau de Massaroca pour les 9 communautés observées. Les résultats des taux d'avortement varient sur les 9 communautés et sur les dernières années de 0 à 23 p.100, mais ne diffèrent pas significativement dans leur ensemble. Ces résultats paraissent surprenants pour les deux communautés présentant les taux extrêmes, quoique leurs conditions écologiques diffèrent significativement. Il est probable que des facteurs individuels interfèrent dans ces résultats, d'une part pour minimiser l'impact des avortements quand d'autres problèmes plus graves se posent (c'est le cas de Cipo où un épisode probablement infectieux a décimé plus de la moitié du troupeau de l'un des deux éleveurs en 1989) et d'autre part, pour leur donner plus d'importance lorsque l'éleveur est très attentif, au point de détecter de nombreuses mortalités embryonnaires (cas d'un éleveur de Lagoinha où le taux est de 23 p.100). Il n'en reste pas moins que ces mortalités

embryonnaires sont souvent les seuls événements de la reproduction de l'année pour un animal donné, ce qui prouve que le problème est réel et mérite qu'on s'y arrête.

## CONCLUSION

La méthodologie employée a l'avantage de fournir, en l'absence d'informations détaillées sur l'avortement dans la région, un aperçu rétrospectif de celui-ci et permet d'orienter la réalisation du modèle d'hypothèses et le choix des variables à enregistrer dans le cadre de la 3<sup>e</sup> phase prospective de l'étude. Au vu des résultats, l'avortement touche préférentiellement les chevrettes lors de la première mise bas, ce qui est classique. Les facteurs infectieux ne peuvent pas être écartés bien que l'avortement ne se manifeste pas chez les ovins. Il semble au vu de ces résultats que ses causes soient multiples. Les facteurs de risque seront donc à rechercher dans la grande diversité des facteurs du milieu et des modes de conduite qu'il n'est pas possible de mesurer rétrospectivement.

## BIBLIOGRAPHIE

1. AMORIM NETO (M. da S.). Informações meteorológicas dos campos experimentais de Bebedouro e Mandacaru. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1989. 58 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 57)
  2. BELLAVER (C.), VASCONCELOS (F. de A. A.), MORÃES (E. A. de). Produtividade de caprinos e ovinos paridos na estação seca. Sobral, CE., EMBRAPA/CNPC, Nov 1979. 3 p. (EMBRAPA/CNPC Comunicado Técnico, 1)
  3. EMBRAPA/CNPC. Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos 1982-1986. Sobral, CE., EMBRAPA/CNPC, 1989.
  4. FOTIUS (G.), RICHE (G.). Aspectos ecológicos das caatingas do vale do médio São Francisco; Região de Petrolina, PE., e Juazeiro, BA. Petrolina, PE., EMBRAPA/CIRAD (à paraître).
  5. GILLET (T.). L'élevage caprin au Brésil : trois ans de coopération franco-brésilienne en élevage caprin. Paris, Ministère des Affaires étrangères, 1990. 61 p.
  6. IBGE. Anuário Estatístico do Brasil, 1989. Rio de Janeiro, IBGE, 1989. vol. 49.
  7. NUNES (J.F.), SIMPLÍCIO (A.A.). Influência da estação de monta no nascimento de cabritos. Sobral, CE., EMBRAPA/CNPC, 1980. 5 p. (EMBRAPA/CNPC. Pesquisa em Andamento, 2)
  8. PADILHA (T.N.), ALBUQUERQUE (S.G. de), GUIMARÃES FILHO (C.) *et al.* Comparação entre sistemas de produção para caprinos. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1980. 8 p. (EMBRAPA/CPATSA. Pesquisa em Andamento, 8)
  9. PLANCHENAULT (D.). Enquête productivité du bétail tchadien. Manuel à l'usage des enquêteurs. Rapport IEMVT. Maisons-Alfort, IEMVT, 1987. 55 p.
  10. POUDEVIGNE (F.), INÁCIO NETO (A.), CHARLES (T.P.). Observações sobre a epidemiologia dos abortos em caprinos do distrito de Massaroca, Juazeiro, BA. *In* : Anais do XXI Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, 1988 (2 a 7 de outubro). Salvador, BA., SMVB, 1988.
  11. POUDEVIGNE (J.), RICHE (G.), TONNEAU (J.P.) *et al.* Massaroca : uma experiência de planejamento comunitário. 70 p. Petrolina, PE, EMPRAPA/CPTASA (à paraître).
  12. QUIRIN (R.), LEAL (T.M.), PLANCHENAULT (D.). Enquête rétrospective de carrières de chèvres : intérêts et limites en élevage extensif. *In* : Actes du 2<sup>e</sup> Symposium International sur "L'étude des systèmes d'élevage en ferme dans une perspective de recherche/développement", FEZ/CEE (DGVI)/CIHEAM, organisé par INRA-SAD, CIRAD-EMVT, CIHEAM-IAMZ, SIA-DG Aragon, Saragosse, 11-12 septembre 1992. Wageningen, Pudoc (à paraître).
  13. RICHE (G.), FOTIUS (G.). Estudo do regime pluviométrico em área de caatinga no médio vale do Rio São Francisco. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA (à paraître).
  14. SILVA (F.), NUNES (A.E.D.), SIMPLÍCIO (J.F.), RIEIRA (S.G.). L'influence de la saison sur les caractéristiques de reproduction de la chèvre du Brésil. *In* : Reproduction des ruminants en zone tropicale. Actes de la réunion internationale de Pointe-à-Pitre, Guadeloupe (F.W.I.), 8-10 juin 1983. Paris, INRA, 1984. P. 327-337. (Les Colloques de l'INRA n° 20)
  15. SILVA (A.E.D.F.), SILVA (M.U.D.), HANSEN (D.). Brucelose como possível causa de aborto e epididimoorquite em caprinos e ovinos no Ceara. *R. Bras. Reprod. Anim.*, 1982, 6 (1-2) : 25-29.
  16. SILVA FILHO (O.R.), REAL (C.M.). Aspectos reprodutivos de *Capra hircus* L. na zona da caatinga da Bahia, Brasil. Salvador, BA., Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia, 1979. 13 p. (EPABA Comunicado Técnico, 41)
  17. SIMPLÍCIO (A.A.), FIGUEIREDO (E.A.P. de), RIEIRA (G.S.), LIMA (F. de A.M.). Comportamento produtivo de caprinos sem raça definida (SRD) submetidas ao manejo tradicional de exploração. Sobral, CE., EMBRAPA/CNPC, 1981. 5 p. (EMBRAPA/CNPC. Pesquisa em Andamento, 6)
  18. UNANIAN (M.D.S.), SILVA (A.E.D.F.). Trace elements deficiency: association with early abortion in goats. *Int. Goat Sheep Res.*, 1984, 2 (2) : 129-134.
- QUIRIN (R.), LEAL (T.M.), GUIMARAES FILHO (C.).** An epidemiological study of abortions in goats kept in a traditional management system in Northeastern Brazil. A retrospective survey of goat reproductive performance. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 495-502
- A retrospective survey of goat reproductive performance was carried out in a sample of 1,317 females kept in traditional rearing conditions in a small semi-arid region of Northeastern Brazil. The study involved 2,155 kiddings and the analysis of the abortion problem was made according to retrospectively measured factors such as year of kidding, doe age, kidding order, age at kidding and type of farm. The methodology used appealed to the farmer's memory. The results showed that abortion was a constant problem in the region (13 %). It affected more frequently young females and mainly at first kidding (20.7 %), irrespectively of age. The year of kidding seemed to influence the abortion rate, but this was probably due to the large climatic variability. Abortion rates varied according to farms, but the difference was not significant. This variability could be explained by the variety of edaphic conditions of the region studied.**

*Key words* : Goat - Traditionnal farming - Abortion - Epidemiology - Brazil.

R. Quirin T.M. Leal C. Guimaraes Filho

**QUIRIN (R.), LEAL (T.M.), GUIMARAES FILHO (C.).** Epidemiología descriptiva de abortos caprinos en cría tradicional del Noroeste brasileiro. Encuesta retrospectiva sobre el comportamiento reproductivo de cabras. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 495-502

Una encuesta retrospectiva sobre el comportamiento reproductivo de hembras caprinas fue conducido en una muestra de 1 317 cabras mantenidas bajo sistemas tradicionales, en una pequeña región semi arida del Noroeste brasileiro. El estudio incluyó un total de 2 155 partos y permitió analizar el problema del aborto en relación a algunos factores de variación medidos retrospectivamente : año de parto, clase de edad, rango de parición, edad al parto y comunidad de origen. La metodología empleada toma en cuenta la memoria del productor. Los resultados muestran que el problema de los abortos ocurre de manera constante en la región (13 p. 100). Los abortos son más frecuentes en cabras jóvenes y ocurren principalmente al primer parto (20,7 p. 100), independientemente de la edad de la cabra. Los años parecen afectar la tasa de aborto, lo que puede ser explicado por la gran variabilidad de los factores climáticos. Las tasas de aborto varían entre comunidades, pero la diferencia no es significativa. Esta variabilidad puede ser explicada por la diversidad de condiciones edáficas encontradas en la región.

*Palabras claves* : Caprino - Crianza tradicional - Aborto - Epidemiología - Brasil.

**QUIRIN (R.), LEAL (T.M.), GUIMARAES FILHO (C.)\*** Epidemiologia descriptiva dos abortos em caprinos criados tradicionalmente no Nordeste brasileiro. Enquete retrospectivo de histórico reproductivo de fêmeas. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 495-502

Um enquete retrospectivo de comportamento reprodutivo de cabras foi conduzido em uma amostragem de 1 317 fêmeas criadas tradicionalmente em uma pequena região semi árida do Nordeste brasileiro. O estudo envolve um total de 2 155 partos e permite analisar o problema do aborto em função de alguns fatores de variação medidos retrospectivamente : ano de parto, classe de idade, ordem do parto, idade ao parto, comunidade de origem. A metodologia empregada leva em conta a memória do criador. Os resultados mostram, que o problema dos abortos existe de uma maneira constante na região (13 p. 100). Os abortos são mais frequentes em cabras jovens e ocorrem principalmente na primeira gestação (20,7 p. 100) independentemente da idade. O ano parece influir na taxa de aborto, o que pode ser explicado pela grande variabilidade dos fatores climáticos. As taxas de aborto variam em função da comunidade mas a diferença não é significativa. Esta variabilidade pode ser explicada pela diversidade das condições edáficas encontradas na região.

*Palabras chaves* : Caprino - Manejo tradicional - Aborto - Epidemiologia - Brasil.

\* Cet article a fait l'objet d'un résumé en portugais.

# Épidémiologie opérationnelle

P.-C. Lefèvre<sup>1</sup>L. Msellati<sup>2</sup>

## La prise de décision en santé animale

LEFÈVRE (P.C.), MSELLATI (L.). La prise de décision en santé animale. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 505-511

L'épidémiologie a pour but de fournir les informations indispensables à la mise en place de programme de lutte contre les maladies. Toutefois, en de nombreuses circonstances et notamment dans les pays en développement, les informations collectées sont encore fragmentaires ou incomplètes et la prise de décision en est souvent compliquée. En s'inspirant du modèle de SIMON, développé dans le domaine de la gestion des entreprises, les auteurs proposent un schéma directeur faisant appel à la personnalité du ou des décideurs et applicable en l'absence d'une information complète (modèle à rationalité limitée). Les diverses étapes de ce schéma (définition, conception, choix, réalisation et évaluation) sont commentées.

*Mots clés* : Santé animale - Épidémiologie - Prise de décision - Conception de projet - Méthode d'optimisation - Contrôle de maladies - Analyse coût-bénéfice - Évaluation - Politique sanitaire - Pays en développement.

### INTRODUCTION

L'objectif de l'épidémiologie est de fournir des informations sur la répartition dans l'espace et le temps des maladies ou des troubles de la santé et sur les facteurs qui en favorisent l'apparition ou en modifient l'évolution. Toutefois, ces informations ne prennent toute leur valeur que si elles sont utilisées à l'élaboration de politiques visant à améliorer la situation zoonositaire (8).

Classiquement, on nomme épidémiologie opérationnelle, ce volet qui, par la préparation, la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation de programmes de lutte économiquement rentables, vise à réduire l'impact des troubles de la santé et si possible à les éliminer.

L'élaboration d'un tel programme sous-entend une série de choix qui concernent à la fois les objectifs à atteindre et les moyens à mettre en œuvre. Or effectuer un choix entre plusieurs solutions possibles c'est prendre une décision, même si l'on choisit de ne pas choisir ou, en d'autres termes, si l'on décide de ne pas agir.

La prise de décision (ou activité décisionnelle) est un processus à travers lequel un sujet (individu ou groupe) adopte un comportement sélectionné parmi plusieurs possibilités (5). Une décision n'est donc que la consé-

quence d'une démarche qui comprend de nombreuses étapes et qui débute bien avant le choix proprement dit. Parmi ces étapes, la collecte et la sélection des informations ainsi que l'analyse des différentes options sont d'une importance primordiale car elles conditionnent la suite du processus.

En santé animale, les programmes de lutte ont été, pendant longtemps, élaborés sur la base d'une simple recherche empirique de solutions qui se révélaient ou non efficaces. De même, dans les pays en développement, ces politiques ont trop souvent été définies en appliquant des solutions qui avaient réussi dans d'autres pays sans tenir compte des spécificités locales.

Ce n'est que depuis une vingtaine d'années que les outils d'aide à la décision ont permis de rationaliser les choix en la matière grâce aux progrès réalisés dans d'autres domaines de l'activité humaine, notamment l'organisation du travail ou la gestion des entreprises.

On sait que plus les ressources d'un pays sont limitées et plus il convient d'optimiser leurs allocations en évitant des choix mal appropriés ou des solutions inadaptées. Or dans les pays en développement, les vétérinaires et les experts de l'élevage sont de plus en plus fréquemment amenés à prendre des décisions dans le cadre plus général de politiques de développement économique du secteur agricole. Ils doivent donc rester attentifs aux facteurs qui influencent la rentabilité d'une exploitation ou d'un troupeau nomade.

Santé animale et économie sont étroitement liées et si le premier niveau d'analyse (surtout pour les professionnels que sont les vétérinaires) demeure le techniquement possible, il serait dangereux d'ignorer l'économiquement souhaitable.

Dans cet article, est décrit un schéma de prise de décision conçu au CIRAD-EMVT plus spécialement adapté aux pays en développement, et qui s'inspire des travaux de SIMON (6, 7).

### MÉTHODOLOGIE

#### Le modèle de SIMON

Dès le début du XXe siècle, les théoriciens de la décision développèrent l'idée de modèles visant à optimiser les ressources et les bénéfices qui en découlent. On parle

1. CIRAD-EMVT, 10 rue Pierre-Curie, 94704 Maisons-Alfort cedex, France.

2. Division des opérations agricoles, Région Moyen-Orient, Afrique du Nord et Iran, Banque mondiale, 1818 H Street, Washington, D.C., États-Unis.

alors de modèles à rationalité absolue ou optimisant (4). Ils supposent que le décideur est capable d'identifier toutes les options, d'examiner toutes leurs conséquences et de sélectionner la solution optimale. Mais l'utilisation de tels modèles, en particulier dans les pays en développement, est limitée par le coût prohibitif de la collecte de l'information.

Dans les années 1950, Herbert A. SIMON (6) de la Carnegie School développa un autre modèle, dit à rationalité limitée, où le décideur, devant la complexité à appréhender tous les événements antérieurs, ne recherche plus la solution optimale mais la solution la plus satisfaisante en fonction d'objectifs prédéfinis. Au concept de satisfaction est associé celui du niveau d'aspiration. Une solution est satisfaisante si elle répond au niveau d'aspiration défini avant la phase de recherches des solutions.

Par ailleurs, les objectifs doivent être quantifiables, mesurables, programmables et révisables. Si plusieurs objectifs sont visés, ils doivent être cohérents et hiérarchisés. Il convient donc, d'après SIMON et NEWELL (7), de décomposer les problèmes complexes en assignant à chaque niveau des objectifs partiels substituant ainsi une série de sous-objectifs plus faciles à atteindre. Ce modèle comprend cinq étapes :

- l'information (intelligence) ;
- la conception (design) ;
- le choix (choice) ;
- la réalisation (implementation) ;
- le suivi-évaluation (control).

La principale critique que l'on peut formuler à son encontre est d'accorder une large part à la personnalité du décideur puisqu'en l'absence d'une information complète, force est de recourir à son expérience et à sa compétence ainsi qu'à son degré de perception des événements.

Toutefois, cet inconvénient, à savoir le biais apporté par la perception sélective et subjective du décideur, est aisément levé en recourant, non pas à un seul individu, mais à un groupe pluridisciplinaire même si, *in fine*, un seul homme prend la décision. Vétérinaires ou chefs de projets devraient être formés à ce type de prise de décision comme c'est le cas dans d'autres secteurs d'activité.

De cette brève présentation, il ressort que le modèle de SIMON est particulièrement adapté aux domaines où l'information préalable à la décision ou les techniques de modélisation sont limitées ou inexistantes. Ce sont justement les conditions rencontrées dans les pays en développement, notamment les pays africains au sud du Sahara, dans lesquels les réseaux d'épidémiologie sont encore embryonnaires et pour lesquels n'existent pas encore de référentiels précis sur la santé ou les productions animales.

## Le processus décisionnel

La démarche est schématisée dans la figure 1 dans laquelle on retrouve les cinq étapes du modèle de SIMON.

### L'information et la définition du problème

Pour les services vétérinaires le problème commence avec l'existence dans leur pays d'un trouble de la santé, qu'il s'agisse d'une maladie bien identifiée d'origine infectieuse, parasitaire, nutritionnelle ou d'un syndrome à étiologie multiple.

Mais la présence d'une maladie n'implique pas nécessairement l'existence d'un problème économique majeur. Il importe de rappeler, et les exemples abondent, que l'impact économique d'une maladie varie selon les pays. Ainsi, la fièvre aphteuse considérée comme secondaire dans de nombreux pays d'Afrique occidentale ou centrale, provoque des pertes non négligeables dans les régions où l'élevage laitier est développé comme sur les hauts-plateaux d'Afrique de l'Est. De même, la brucellose contre laquelle la plupart des pays industrialisés ont mis en place des programmes d'éradication lourds et coûteux n'entraîne qu'une baisse de revenus modérée en Afrique centrale estimée, en 1986, par DOMENECH (1) à 852 F CFA par animal et par an (le franc CFA valait à cette époque 0,02 FF).

#### L'importance de la pathologie

Après la définition du problème, il est indispensable d'évaluer même succinctement le coût que la maladie ou le trouble de la santé occasionne. Pour ce faire, deux approches sont possibles.

La première consiste en la réalisation d'analyses visant à estimer les pertes en comparant les productivités observées :

- dans des troupeaux (ou zones, ou régions) où sévit la maladie et des troupeaux (ou zones, ou régions) indemnes ;
- au cours d'une étude coûts/avantages, dans une population à laquelle on applique un programme de lutte et dans une population témoin.

Dans les deux cas, il s'agit d'analyses différentielles pour lesquelles il est nécessaire de disposer de paramètres de productivité de base (référentiels) et de systèmes de collecte et d'enregistrement de ces paramètres. Cela sous-entend aussi que tous les autres facteurs influençant la productivité sont semblables sinon identiques. Il faut également pouvoir s'appuyer sur des enquêtes épidémiologiques et sur une connaissance même partielle du statut zosanitaire de la région étudiée (2).

Si les résultats escomptés sont précieux, il faut garder présent à l'esprit que de telles enquêtes sont lourdes et

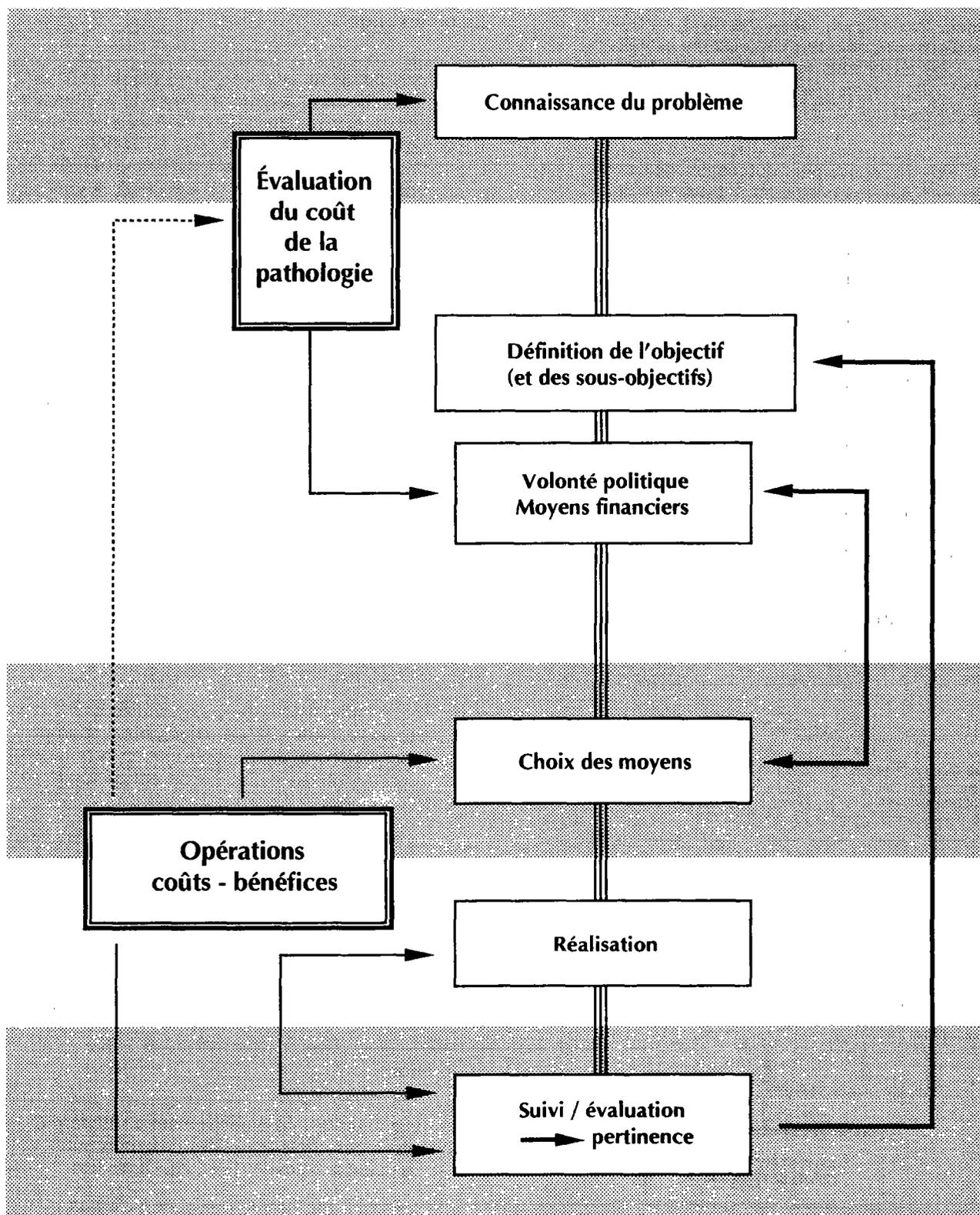


Figure 1 : La démarche décisionnelle.

onéreuses. Par ailleurs, dans les pays en développement, l'absence fréquente d'organismes professionnels, nationaux ou associatifs (abattoirs, centres d'insémination, contrôle laitier, etc.), rend difficile ces enquêtes dont les résultats risquent en fin de compte d'être très approximatifs.

La seconde approche, plus subjective, fait appel à la connaissance que les décideurs ont acquise non seulement des schémas épidémiologiques mais aussi du milieu et de l'élevage des régions atteintes. C'est à ce niveau, en l'absence d'une information fiable qu'intervient le facteur humain : compétence du décideur et perception qu'il a du problème. Il convient donc de confronter des opinions d'origines diverses.

Par importance d'une pathologie, il ne faut pas seulement entendre l'impact économique (coût par pertes directes ou indirectes), mais aussi prendre en considération les aspects humains, politiques, socio-culturels ou environnementaux (fig. 2). La fièvre charbonneuse, par exemple, qui n'entraîne que des mortalités sporadiques chez les ruminants, reste une cause fréquente de décès humains après consommation de viande charbonneuse dans de nombreux pays d'Afrique centrale. Pareillement, il est clair que dans les régions arides où l'élevage du dromadaire n'est souvent que la seule ressource des éleveurs, une maladie secondaire au plan national peut se révéler économiquement désastreuse pour les populations nomades.

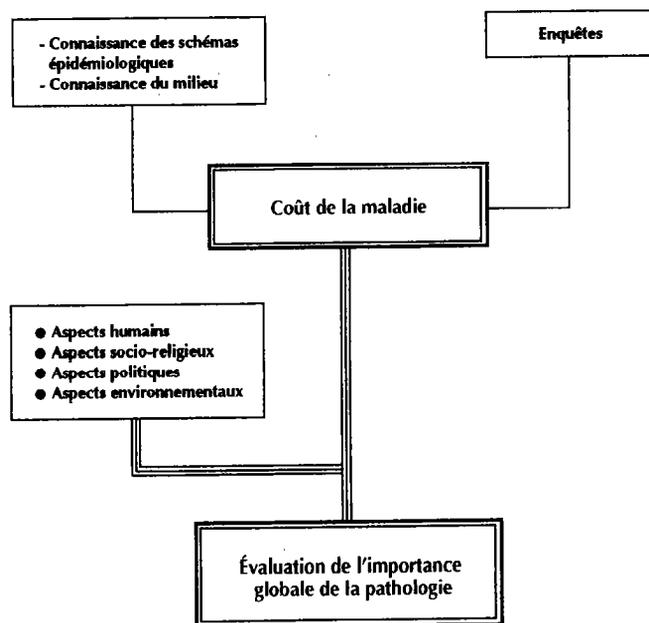


Figure 2 : Évaluation de l'importance d'une pathologie.

## La conception

Une fois le problème identifié et l'impact de la pathologie apprécié, il convient de préciser l'objectif à atteindre ou, en d'autres termes, de définir le niveau d'aspiration auquel il est possible de prétendre. Là encore, le niveau d'aspiration dépendant dans une large mesure de la perception et de la compétence du décideur, la constitution d'un groupe de travail permet l'expression d'approches différentes.

Lors de la conception de programmes de lutte, l'un des premiers choix réside entre éradication ou contrôle. Il n'est que rarement difficile. Dans de nombreux cas, les réalités épidémiologiques ou les moyens techniques disponibles imposent l'un ou l'autre.

Ainsi, l'éradication des trypanosomoses ou de la fièvre charbonneuse est impensable en l'absence, à l'heure actuelle, de techniques efficaces. Mais quand celles-ci existent, elle peut se révéler hors de prix dans les conditions épidémiologiques d'un pays. Tel est le cas de la tuberculose bovine à Madagascar où sa prévalence élevée rend l'abattage systématique illusoire. De même, l'éradication de certaines maladies comme la peste bovine ne peut se concevoir qu'à un niveau régional (Afrique occidentale, par exemple) mais certainement pas au niveau national en raison de l'impossibilité de contrôler les frontières dans des régions à élevage essentiellement nomade ou transhumant.

Dès lors, le choix est souvent plus simple qu'il n'y paraît et l'association, dans une première phase, d'un contrôle suivi éventuellement, si les conditions le permettent, par une deuxième phase d'éradication est généralement la solution retenue.

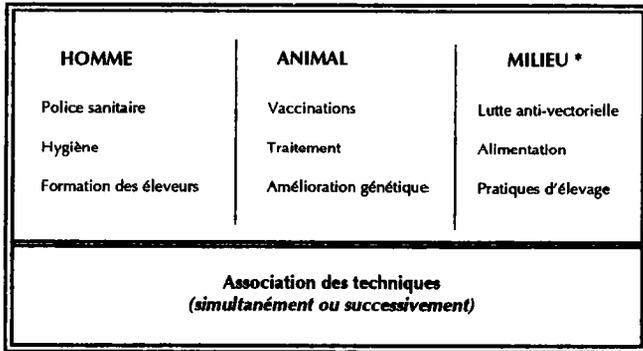
Une fois l'objectif fixé et décomposé en objectifs intermédiaires, cette étape consiste aussi à convaincre les autorités politiques et à obtenir les moyens financiers pour mener à bien le programme de lutte.

En fait, la phase de conception se doit d'être souple puisqu'elle peut être sujette à révisions au fur et à mesure que le processus se poursuit, des choix ultérieurs pouvant modifier ou nuancer la décision de départ.

## Les choix

Cette étape est menée parallèlement à l'étape précédente en raison des effets rétroactifs des choix sur la volonté politique et sur les moyens financiers à allouer.

Elle consiste à décider des moyens qu'il faut mettre en œuvre pour atteindre l'objectif. Si lors de la conception le choix est relativement aisé, il n'en va pas de même à ce



\* par milieu, il faut entendre aussi bien le milieu physique que l'environnement en général

Figure 3 : Niveaux d'intervention possibles.

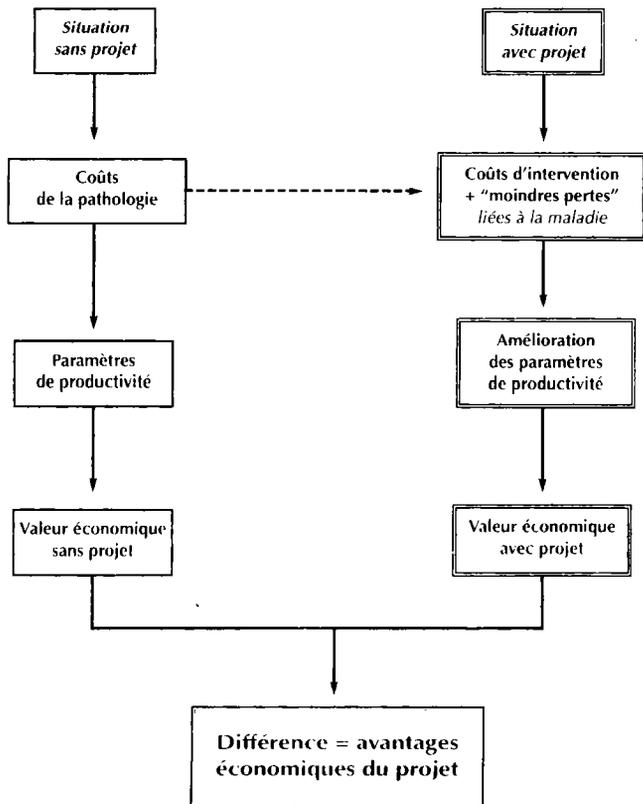


Figure 4 : Principe de l'analyse différentielle appliquée à la santé animale.

niveau où de nombreuses modalités existent (fig.3) mais à des coûts variables selon les pays et selon la phase du programme. Telle méthode particulièrement rentable au début peut se révéler trop coûteuse à long terme. C'est donc au cours de cette étape, essentiellement technique, que les spécialistes décident des moyens à mettre en œuvre et de leur association et/ou de leur succession.

L'objectif final ou niveau d'aspiration, et les objectifs intermédiaires ayant été définis, les solutions techniques ayant été identifiées, le décideur doit analyser ses choix en terme de rentabilité de l'opération.

La méthode la plus fréquemment employée est celle dite des coûts-bénéfices qui s'appuie sur la théorie de l'actualisation afin de prendre en compte le facteur temps. Appliquée à l'épidémiologie opérationnelle, cette méthode vise à évaluer, à court, moyen et long terme, l'impact d'un programme de lutte. Elle permet aussi d'estimer le coût de la pathologie (situation avec ou sans projet) et est la base de l'évaluation ultérieure. Elle est donc un élément essentiel de la prise de décision puisqu'elle intervient à trois niveaux.

### La réalisation et les opérations connexes

Les opérations coûts-bénéfices (voir encadré) consistent en des suivis rapprochés de deux populations. A l'une est appliquée la solution envisagée ou le programme de lutte, selon qu'il s'agit de choisir les moyens à mettre en œuvre ou d'évaluer un programme en cours. L'autre sert de témoin (fig. 4). Elles permettent de préciser les coûts exacts à prévoir et d'estimer les gains et autres avantages que l'on peut escompter.

En outre, les opérations coûts-bénéfices sont indispensables pour apprécier le degré d'acceptation par les populations concernées de la solution envisagée. A cet égard, on peut remarquer combien cet aspect est souvent ignoré des décideurs. La notion de socialement acceptable est pourtant primordiale dans la réussite ou l'échec d'un programme.

**COÛTS DIRECTS ET INDIRECTS**

- Les **coûts directs** peuvent être traduits en termes de pertes de produits animaux : mortalité, baisse ou retard de production...
- Les **coûts indirects** correspondent à toutes les conséquences négatives d'une maladie sur un animal autres que la stricte mortalité et les pertes de production : manque à gagner (régions interdites à l'élevage comme pour les trypanosomoses), baisses d'activité dans des secteurs liés à l'élevage (traction attelée, commerce...), augmentation des coûts de production, implications sur la santé de l'homme (arrêt de travail, hospitalisation).

Toujours au cours de cette étape, il convient de prendre en compte la notion d'incertitude. Il arrive parfois qu'une décision doive être prise pour faire face à un risque possible mais non certain. La menace de l'introduction d'une maladie dans un pays en est un exemple. Faut-il mettre en place une campagne de vaccination alors que l'événement n'est pas certain ?

Le rapport coûts-bénéfices pondéré par la probabilité que survienne ou non, à un moment donné, l'événement, aboutit à la notion de seuil de décision (3).

Ces opérations coûts-bénéfices se révèlent donc d'un intérêt incontestable dans la mesure où les résultats obtenus peuvent conduire à réviser l'objectif ou les techniques envisagés. Il est regrettable que par manque de moyens financiers, elles soient trop souvent occultées.

### Le suivi/évaluation

Cette dernière étape, fréquemment négligée, est pourtant primordiale. Grâce au suivi en cours de réalisation, le décideur peut vérifier le bon déroulement du programme dans le temps (respect du calendrier) ou sur le plan des résultats (objectifs intermédiaires). Il convient donc d'établir un tableau de bord préalable.

Celui-ci regroupe différents indicateurs mesurables considérés comme pertinents et associés à un calendrier : état d'avancement des constructions, inventaires du matériel acheté, nombre d'heures de tournées en brousse, nombre de stages ou de réunions avec les éleveurs, nombre de vaccinations, nombre de diagnostics ou de prélèvements envoyés aux laboratoires, etc. Le suivi permet de moduler le programme au fur et à mesure de son déroulement et éventuellement de réviser l'objectif ou les sous-objectifs ainsi que les méthodes préconisées.

Il est évident que l'évaluation est, elle aussi, indispensable ne serait-ce que pour confirmer la pertinence des choix et convaincre les bailleurs de fonds de la qualité du programme. Il convient donc, et c'est le travail du décideur, de définir, avant même le démarrage du programme, des indicateurs de réalisation (outils de gestion) et des indicateurs d'impact (outils d'évaluation ex-post).

## CONCLUSION

Concevoir un programme de lutte n'est pas chose aisée. De nombreux facteurs doivent être pris en considération et il importe de suivre une démarche cohérente. Même en l'absence d'informations fiables qui, en tout état de cause, ne sont jamais exhaustives, il est possible de faire des choix appropriés. Afin de diminuer les risques d'erreurs, l'association des acteurs à toutes les étapes de la prise de décision est une garantie non négligeable.

En outre, la prise de décision devrait être considérée comme une activité ayant ses principes et ses règles. Elle devrait être, de ce fait, enseignée aux agents des services vétérinaires en position de décideurs.

Plus important encore est le respect des différentes étapes, notamment des opérations coûts-bénéfices et du suivi, qui permet d'infléchir le programme de lutte. Cela est d'autant plus vrai que de tels programmes sont prévus au long terme et que les conditions initiales qui ont présidé à la décision peuvent être radicalement modifiées après plusieurs années.

## BIBLIOGRAPHIE

1. DOMENECH (J.). Aspects biogéographiques, épidémiologiques et économiques de la pathologie de la reproduction des bovins en Afrique centrale, notamment la brucellose. Thèse Doct. es Sci. Créteil, Université de Paris XII, 1988. 358 p. + annexes
2. F.A.O. Cost-benefit analysis for animal health programmes in developing countries. FAO Expert consultation, Rome, Italie, 10-14 septembre 1990.
3. GRENIER (B.). Prévision du risque. Aide à la décision : méthodes et moyens disponibles. *Épidémiol. Santé anim.*, 1990, (18) : 59-68.
4. GULICK (L.), URWICK (L.). Papers on the science of administration. New York, Institute of public administration, 1937.
5. RUGIADINI (A.). Organizzazione d'impresa. Varese, Italie, Giuffrè Editore, 1979. P. 150-159.
6. SIMON (H.A.). Administrative behaviour. 2nd ed. USA, Mac Millan, 1957.
7. SIMON (H.A.), NEWELL (A.). Human problem solving: the state of the theory in 1970. *Am. Psychol.*, 1970, 26: 151.
8. TOMA (B.), BENET (J.J.), DUFOUR (B.), ELOIT (M.), MOUTOU (F.), SANAA (M.). Glossaire d'épidémiologie animale. Maisons-Alfort, Le Point Vétérinaire, 1991. 363 p.

LEFÈVRE (P.C.), MSELLATI (L.). Decision making and animal health programmes. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 505-511

The aim of epidemiology is to provide the necessary data to implement animal health programmes and to control the diseases. In too many occasions, especially in developing countries, informations are still incomplete and the decision is often difficult. Using the model developed by SIMON for firm management, the authors describe a decision making process calling for the personality of the decision makers when data are incomplete (limited rationality model). The different steps of the process (intelligence, design, choice, implementation and control) are discussed.

*Key words* : Animal health - Epidemiology - Decision making - Project design - Optimization method - Disease control - Cost-profit analysis - Evaluation - Health policies - Developing countries.

LEFÈVRE (P.C.), MSELLATI (L.). Toma de decisiones en salud animal. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 505-511

El objetivo de la epidemiología es el proporcionar la información indispensable para establecer programas de lucha contra las enfermedades. Sin embargo, con frecuencia y sobre todo en los países en vías de desarrollo, la información recolectada es parcial o incompleta, lo que dificulta la toma de decisiones. Los autores se inspiran del modelo de administración de empresas de SIMON y proponen un esquema director, que toma en cuenta la personalidad de la(s) persona(s) que decidirá y el cual será utilizable en casos de información incompleta (modelo de racionalidad limitada). Se discuten las diferentes etapas de este esquema (definición, concepción, escogencia, realización y evaluación).

*Palabras claves* : Salud animal - Epidemiología - Toma de decisión - Diseño de proyecto - Método de optimización - Control de enfermedades - Análisis de costo y beneficio - Evaluación - Política de salud - País en desarrollo.

J. Domenech<sup>1</sup>P. Formenty<sup>2</sup>

## Le syndrome nerveux des ovins en Côte-d'Ivoire. II. Importance économique, essais et analyse coûts-bénéfices de plans de prophylaxie\*

DOMENECH (J.), FORMENTY (P.). Le syndrome nerveux des ovins en Côte-d'Ivoire. II. Importance économique, essais et analyse coûts-bénéfices de plans de prophylaxie. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, 46 (3) : 513-520

Le syndrome nerveux des ovins en Côte-d'Ivoire a été présenté, pour ses aspects cliniques et épidémiologiques, dans un premier article et il a été assimilé à la nécrose du cortex cérébral liée à une carence en vitamine B1. Les pertes économiques dues à cette maladie s'élevaient de 1 500 à 2 000 F CFA (30 à 40 FF) par animal entretenu et par an, ce qui justifiait que l'on se penche sur le problème de sa prophylaxie. Un programme d'injection hebdomadaire de 100 mg de chlorhydrate de thiamine, pendant toute la durée de la saison sèche, s'est révélé très efficace. De plus, ce programme s'avère rentable pour l'éleveur, si le coût de l'acte (injection) proprement dit n'est pas compté. Si on inclut uniquement le prix du produit, le calcul montre un taux de rémunération des investissements (rapport des bénéfices sur les coûts du programme) de 4,8 (coût de la thiamine à 400 F CFA) à 30,6 (coût de la thiamine à 66 F CFA). Les autres critères de rentabilité (valeur actualisée nette différentielle et gains induits) étudiés démontrent le même effet positif du schéma de prophylaxie testé. Cette conclusion n'empêche pas de soutenir l'idée que le syndrome nerveux reste avant tout un accident dû à une mauvaise conduite des troupeaux et que, pour le prévenir, l'éleveur doit s'astreindre à suivre correctement les méthodes d'élevage adaptées à l'intensification de la production. Ceci étant, l'étiopathogénie précise du syndrome restant à élucider d'une part et, d'autre part, l'injection hebdomadaire à tous les animaux du troupeau représentant une contrainte importante, il s'avère nécessaire de poursuivre les recherches afin de solutionner un problème qui semble être d'ampleur régionale.

Mots-clés : Ovin - Trouble du système nerveux - Prophylaxie - Thiamine - Analyse coût-bénéfice - Economie - Côte-d'Ivoire.

### INTRODUCTION

Le "syndrome nerveux des ovins" en Côte d'Ivoire a été présenté dans la première partie de cet article. Son identification à la nécrose du cortex cérébral (NCC) a été argumentée, sur des bases cliniques, histologiques et thérapeutiques. Les différences entre le "syndrome nerveux" de Côte d'Ivoire et la NCC portent essentiellement sur les circonstances d'apparition de la maladie. Si, en pays développé, la NCC des ruminants est avant tout une maladie des jeunes à l'engrais, en Côte d'Ivoire, le syndrome nerveux est lié à un appauvrissement brutal des pâturages durant la saison sèche.

1. OUA-IBAR, P.O. Box 30786, Nairobi, Kenya.

2. Laboratoire Central de Pathologie Animale, BP 206, Bingerville, Côte d'Ivoire

Reçu le 17.7.1992, accepté le 16.9.1992.

\* Dans cet article, les coûts en F CFA ne tiennent pas compte de la récente dévaluation de celui-ci et sont à actualiser en conséquence.

Un programme de recherches doit donc être poursuivi car ce problème pourrait devenir un véritable frein au développement de l'élevage ovin de type intensifié pour l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest humide et sub-humide, puisqu'une maladie très voisine, sinon identique, a été signalée dans d'autres pays que la Côte d'Ivoire, comme le Ghana (3), ou le Sénégal (17).

En attendant que toutes les inconnues concernant l'étiopathogénie précise de la maladie soient élucidées, des essais de prophylaxie ont été menés, basés sur l'utilisation préventive de la vitamine B1. L'évaluation des pertes économiques liées au syndrome et l'analyse coûts-bénéfices des plans de prophylaxie ont également été effectués.

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### Types d'élevage et répartition géographique des troupeaux étudiés

Les types d'élevage ont été décrits dans la première partie de l'article. La répartition géographique des foyers observés et des troupeaux dans lesquels un programme de prophylaxie a été appliqué figure dans la carte 3 de la première partie de cet article.

#### Importance économique

Les pertes économiques dues au syndrome nerveux ont été évaluées en comparant la productivité, sur 5 ans, de troupeaux avec ou sans maladie. Les caractéristiques zootechniques utilisées sont celles obtenues à l'issue de deux années d'enquêtes prospectives menées dans le cadre d'une enquête générale sur la pathologie ovine.

La méthode de suivi repose sur 2 visites mensuelles des élevages, avec relevé de tous les événements démographiques et pathologiques survenus dans les 40 troupeaux de notre échantillon. Des pesées systématiques des agneaux jusqu'à 1 an ont également été effectuées. La gestion de toutes les données enregistrées a été réalisée avec le logiciel "PANURGE" du CIRAD-EMVT (11).

Il faut rappeler que les éleveurs ayant des problèmes nerveux sont en général ceux qui appliquent mal les méthodes d'amélioration de l'élevage préconisées par la

SODEPRA. Les résultats zootechniques sont alors souvent mauvais, du fait notamment d'une augmentation des mortalités par parasitoses gastro-intestinales, liées au non-suivi des prophylaxies contre les parasites internes. Dans ces conditions, l'impact d'un éventuel syndrome nerveux ne peut être correctement apprécié car les pertes non liées à cette maladie obscurcissent trop le tableau.

Aussi, pour la comparaison des résultats de productivité avec ou sans maladie, les données zootechniques retenues seront-elles celles des troupeaux de bon niveau. Ces données zootechniques figurent dans le tableau I.

La projection a été faite sur 5 ans, période habituellement choisie pour les projets sur les petits ruminants. Pour les projections démographiques, on a utilisé le programme LIVMOD, modèle d'analyse démographique et économique des projets d'élevage développé par l'IEMVT et le Centre d'Investissements de la FAO (12).

Les quotients d'exploitation des femelles ont été ajustés de telle sorte que l'effectif total du troupeau soit stabilisé à son niveau initial. Le croît de l'effectif mâle est décapitalisé en année 5 et est compté en recettes. Pour les troupeaux avec syndrome nerveux, on a appliqué l'augmentation de mortalité constatée dans certains des foyers visités les plus typiques : 30 p. 100 pour les classes d'âge de plus de 1 an, 8 à 9 p. 100 dans la classe 0 - 1 an du fait de l'absence de cas chez les agneaux allaités et les jeunes.

L'impact sur la fertilité et la prolificité des brebis et sur les retards de croissance des agneaux n'a pu être évalué et n'a donc pas été considéré. Les données zootechniques de base des troupeaux avec maladie sont également exposés dans le tableau I. Ces paramètres sont ceux d'un troupeau initial de 105 têtes stabilisé.

Pour le calcul du coût de la maladie, on s'est basé directement sur les revenus tirés de la vente des animaux dans les troupeaux avec et sans maladie, sans utiliser le calcul des bénéfices nets d'exploitation. En effet, on considère ici que les coûts d'exploitation (salaires, complémentation alimentaire, intrants sanitaires,...) sont similaires, qu'il y ait ou non maladie. Une étude plus détaillée pourrait en fait être réalisée, qui s'appuierait sur des relevés effectués de façon précise dans les troupeaux avec maladie.

### Essais de prophylaxie

Pour la prophylaxie par injection de vitamine B1, on a utilisé une solution de chlorhydrate de thiamine (100 mg/ml) et elle a été instaurée dans deux circonstances différentes (carte 3, voir première partie de l'article) :

- dans les 18 troupeaux connus pour présenter des cas de syndrome nerveux chaque année durant la saison sèche. Ces 18 troupeaux représentaient 2 030 animaux (tableau II). Dans ce cas, le schéma d'injections de vita-

TABLEAU I Données zootechniques de base des troupeaux ovins avec et sans syndrome nerveux.

Classe d'âge	Quotient de mortalité		Quotient d'exploitation		Fertilité (p. 100)	Prolificité (p. 100)	Poids (kg)
	Sans maladie	Avec maladie	Sans maladie	Avec maladie			
<b>Femelles</b>							
0-1 an	22,4	31	10	9	11	1,08	15
1-2 ans	4,2	34,2	5,6	5	121,8	1,09	22
2-3 ans	4,2	34,2	19	17	110,6	1,23	25
3-4 ans	4,2	34,2	19	17	147,6	1,23	25
4-5 ans	4,2	34,2	19	17	119,2	1,20	25
5-6 ans	4,2	34,2	19	17	119,2	1,20	25
6-7 ans	4,2	34,2	19	17	119,2	1,20	25
7-8 ans	4,2	34,2	19	17	119,2	1,20	25
sup. à 8 ans	4,2	34,2	100	100	119,2	1,20	25
<b>Mâles</b>							
0-1 an	22,4	31	49	45	—	—	17
1-2 ans	10,3	40,3	50	45	—	—	24
2-3 ans	0	30	83	75	—	—	30
3-4 ans	0	30	83	75	—	—	30
4-5 ans	0	30	83	75	—	—	30
sup. à 5 ans	0	30	100	100	—	—	30

TABLEAU II Prophylaxie mise en œuvre avant l'apparition des foyers.

Région	N° troupeau	Effectif	Schéma prophylactique	Résultat	Observations
<b>SUD :</b>					
Bingerville	1	100	} 3 × 50 mg/mois	0 cas	
Dabou	1	200			
Anyama	1	50			
Adzope	1	110			
<b>EST :</b>					
Agnibilekro	1	200	3 × 50 mg/mois puis	0 cas	
	2	200	100 mg/semaine		
	3	50	3 × 50 mg/mois appar. foyer, puis 100 mg/semaine		
Tanda	1	100	3 × 50 mg/mois puis	0 cas	
	2	60	100 mg/semaine		
	3	200			
Bondoukou	1	50	3 × 50 mg/mois	0 cas	
	2	80			
	3	150			
	4	30			
<b>OUEST :</b>					
Vavour	1	150	3 × 50 mg/mois appar. foyer, puis 100 mg/semaine	6 cas pendant le foyer	3 cas guéris/4
	2	150	3 × 50 mg/mois	1 cas	guéri
Daloa	1	50	3 × 50 mg/mois appar. foyer, puis 100 mg/semaine	1 cas	guéri
Kan**	1	100	2 × 50 mg en semaine 1. Puis arrêt. Appar. foyer. Puis 100 mg/ semaine pendant 1 mois Puis arrêt. 2e appar. foyer	17 cas pendant le 1er foyer  5 cas pendant le 2e foyer	13 cas guéris/22
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>2 030</b>			

\* Guérison après traitement Vitamine B1 (400 mg/j 5-6 j) \*\* Schéma mal conduit du fait de circonstances locales particulières

mine B1 a commencé dès le début de la saison sèche (vers novembre), et avant l'apparition de tout symptôme de maladie. Il a été appliqué pendant toute la durée de la saison sèche (novembre à avril-mai) ;

- dans 11 troupeaux, après que le foyer de la maladie ait éclaté. Ces 11 troupeaux regroupaient 979 animaux (tableau III). Outre les malades, qui ont subi le traitement indiqué précédemment (400 mg/j de chlorhydrate de thiamine, pendant 5-6 jours), les autres moutons du troupeau ont reçu le schéma prophylactique, par injection de vitamine B1, pendant tout le reste de la saison sèche.

Deux protocoles prophylactiques ont été essayés (tableaux II et III) :

- série de 3 injections de 50 mg de chlorhydrate de thiamine durant 1 semaine par mois (jour J, J+3 et J+6) ;
- 1 injection de 100 mg par semaine, toutes les semaines.

En fait, le premier protocole a été utilisé au début des essais puis, compte tenu des résultats insuffisants constatés, le second a ensuite été parfois appliqué. Sur les 28 troupeaux étudiés, 10 ont subi successivement les deux types de protocole, alors que 12 n'ont reçu que le premier protocole et 6 uniquement le second.

TABLEAU III Prophylaxie mise en œuvre après l'apparition des foyers.

Région	N° troupeau	Effectif	Type de foyer	Schéma prophylactique	Résultat	Observations*
<b>SUD :</b>						
Bassam	1	110	foyer important : 30 cas	3 x 50 mg/mois	} pas de nouveau cas	
Bingerville	1	9	4 cas	} 100 mg/semaine		
Dabou	1	40	foyer important : 11 cas			
Agboville	1	100	foyer important : 10 cas			
<b>OUEST :</b>						
Vavoua	1	100	foyer peu important : 2 cas	100 mg/semaine	pas de nouveau cas	
Danane	2	100	foyer peu important : 4 cas	3 x 50 mg/mois	appar. 3 cas à j + 1 mois appar. 2 cas à j + 2 mois	3 cas guéris/3 traités
<b>CENTRE :</b>						
Bouaké	1	300	foyer important : 100 cas	3 x 50 mg/mois	pas de nouveau cas	
<b>SUD-OUEST :</b>						
Gagnoa	1	50	foyer important : 19 cas	100 mg/semaine	pas de nouveau cas	cas guéri
	2	70	foyer important : 10 cas	100 mg/semaine	appar. 1 cas à j + 2 mois	
<b>EST :</b>						
Tanda	1	100	foyer important : 14 cas	3 x 50 mg/mois puis 100 mg/semaine		
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>979</b>				

\* Guérison, après traitement (Vitamine B1 : 400 mg/j/5-6 j), des cas apparus après l'instauration de la prophylaxie.

## Coûts des injections de thiamine

Pour une injection hebdomadaire de 100 mg de chlorhydrate de thiamine pendant 6 mois de saison sèche (novembre à avril), les coûts du programme sont, pour chaque animal, les suivants :

- solution préparée localement, de façon artisanale, à partir de poudre de chlorhydrate de thiamine mise en solution à 200 mg/ml : 40 F CFA (0,8 FF) HT et 72 F CFA (1,44 FF) TTC si on exclut les coûts de préparation et les flaconnages, 66 F CFA (1,32 FF) HT et 130 F CFA (2,60 FF) TTC si on les inclut ;

- produits commerciaux : 250 à 400 F CFA (5 à 8 FF) HT ou 360 à 580 F CFA (7,20 à 11,60 FF) TTC Abidjan, selon les produits ;

- formule entièrement privée avec des produits commerciaux et en incluant les honoraires d'un technicien d'élevage salarié d'un vétérinaire privé : sur les bases d'un salaire mensuel de 150 000 F CFA + charges sociales et d'une demi-journée de travail (déplacement inclus), pour

un troupeau de 100 têtes, le coût de l'intervention est de 5 000 F CFA (100 FF) par troupeau, pour le travail accompli, auxquels il faut ajouter les 360 à 580 F CFA par animal pour le médicament et 3 000 à 5 000 F CFA pour le véhicule. Au total, le plan de prophylaxie coûtera 1 900 à 2 400 F CFA par animal et par an.

## Analyse coûts-bénéfices des plans de prophylaxie

Pour une analyse coûts-bénéfices des plans, on a retenu 3 situations :

- projet 1, avec une thiamine préparée localement, dans une structure de développement subventionnée : 66 F CFA par animal ;

- projet 2, avec des produits commerciaux injectés par l'éleveur ou par une structure de développement subventionnée : 400 F CFA par animal ;

- projet 3, avec une formule entièrement privatisée : 2 400 F CFA par animal.

L'analyse coûts-bénéfices a été faite en utilisant de nouveau le logiciel LIVMOD et en comparant les résultats des troupeaux avec et sans projet.

La rentabilité, pour l'éleveur, du plan de prophylaxie (projet) a été établie en calculant, sur une période de 5 ans :

- la valeur actualisée nette différentielle, calculée pour un taux d'actualisation de 10 p. 100. Cette valeur est obtenue par différence entre la valeur actualisée nette (ou bénéfice actualisé) sans projet (Bo) et avec projet (B) ;

- le rapport B/Bo, ou gains induits par le projet ;

- le rapport bénéfices sur coûts (B/C), ou taux de rémunération des investissements.

Les investissements pour l'éleveur étant très faibles, les flux des avantages sont positifs dès la première année, ce qui rend inutile le calcul du taux de rentabilité interne du projet. Le coût pour l'éleveur de la constitution du troupeau et, pour l'Etat ou les opérateurs privés, des investissements de départ des structures d'encadrement, n'ont pas été considérés dans cette étude.

## RÉSULTATS

### Importance économique

Le calcul des pertes économiques dues au syndrome nerveux figure dans le tableau IV. Rappelons qu'il s'agit d'un troupeau initial de 105 têtes, stabilisé par le progiciel de projection démographique LIVMOD, et sur lequel on a appliqué une augmentation de 30 p.100 de la mortalité des moutons de plus de 1 an.

Le coût de la maladie est obtenu en faisant la différence entre les revenus obtenus de la vente des animaux dans des situations avec et sans maladie, et en rapportant ce résultat au nombre initial d'animaux, soit :

177 000

———— = 1 686 F CFA par animal entretenu et par an.

105

**TABLEAU IV** Coût du syndrome nerveux ovin ( $\times 1000$  F CFA) pour un troupeau de 105 têtes.

Années	Revenus provenant de la vente des animaux troupeau		Différence de revenus
	avec maladie	sans maladie	
1	261	548	287
2	240	541	301
3	303	634	331
4	304	664	360
5	276	453	177

### Résultat des essais de prophylaxie

#### Prophylaxie mise en œuvre avant l'apparition des foyers

Sur 18 troupeaux mis sous prophylaxie, 13 n'ont connu aucun problème de syndrome nerveux et 5 en ont eu (tableau II) : troupeau n°3 d'Agnibilekro, n°1 et 2 de Vavoua, n°1 de Daloa et n°1 de Man.

#### Prophylaxie mise en œuvre après l'apparition des foyers

Sur les 11 troupeaux mis sous prophylaxie après apparition des cas (et avec traitement curatif des malades), 2 ont connu un nouvel accès limité de maladie (tableau III) : troupeau n°2 de Danane et troupeau n°2 de Gagnoa.

### Analyse coûts-bénéfices des plans de prophylaxie

Les valeurs actualisées nettes (VAN) sans (Bo) et avec (B) projet, les valeurs actualisées différentielles, les gains induits (B/Bo) et la rémunération des investissements (B/C) obtenue pour les 3 projets figurent dans le tableau V.

Il s'agit de la rentabilité, pour l'éleveur, d'une prophylaxie prévoyant une injection hebdomadaire de vitamine B1 par mois, durant 6 mois.

## DISCUSSION

### Pertes économiques

Le calcul sur une période de 5 ans montre que les pertes économiques sont de l'ordre de 1 500 à 2 000 F CFA (30 à 40 FF) par animal entretenu et par an.

Il faut souligner ici que ces pertes ont été évaluées en ne tenant compte que des mortalités dues au syndrome nerveux. Les effets de la maladie sur les baisses de fertilité et de fécondité ou sur les retards de croissance des agneaux et pertes de poids n'ayant pu être appréciés, ils n'ont pas été inclus dans le calcul. Or, on sait que ce type de pertes existe dans les carences en vitamine B1 (9). Le coût présenté est donc très certainement sous-évalué. Pour affiner l'évaluation, il faudrait effectuer un suivi démographique de troupeaux dont on sait au préalable qu'ils risquent d'être atteints.

Mais, pour des raisons déontologiques évidentes, il n'est guère possible de laisser un éleveur, visité de façon régulière, perdre ses animaux sans intervenir. Il faut donc que, avec l'accord du propriétaire, de telles enquêtes

TABLEAU V Rentabilité d'un plan de prophylaxie contre le syndrome nerveux (calculé pour un troupeau de 105 têtes).

	Sans projet	Projet 1	Projet 2	Projet 3
Coûts de la vitamine B1 (F CFA) par animal		66	400	2 400
Valeur actualisée nette (F CFA)	708 120 = Bo	1 791 670	1 629 190	656 220
Valeur actualisée nette différentielle (F CFA) : B		1 083 600	921 070	- 51 890
Grains induits (p. 100) : B/Bo		153	130	- 7,3
Coût d'intervention actualisé (F CFA) : C		35 300	191 400	914 700
Taux de rémunération des investissements : B/C		30,6	4,8	- 0,056

soient considérées comme des expérimentations animales et qu'un budget conséquent soit prévu afin d'indemniser l'éleveur pour les pertes de mouton qu'on a volontairement évité de soigner.

Le financement particulier d'un programme de recherches est actuellement prévu, afin que les investigations sur le terrain puissent être poursuivies.

### Essais de prophylaxie

Les résultats des essais de prophylaxie sont relativement concluants mais il est nécessaire de bien préciser, en l'état actuel de nos connaissances, que les schémas proposés ne sauraient résoudre à eux seuls le problème du syndrome nerveux en Afrique de l'Ouest. En fait, le plus important serait de veiller à la bonne qualité de l'alimentation, en particulier en prévoyant de pallier, par une complémentation adaptée, la raréfaction du pâturage durant la saison sèche. Il n'est pas sans intérêt de rappeler cette évidence : seule, la rigueur dans la conduite de l'élevage peut rendre un élevage intensifié rentable.

Cependant, les erreurs techniques sont malheureusement encore fréquentes chez les éleveurs souvent relativement néophytes. Aussi serait-il très utile de disposer d'une méthode permettant d'éviter les forts taux de mortalité constatés lorsque le foyer aigu survient.

Les essais menés n'ont fait appel qu'à des formules injectables car, ne connaissant pas l'étiopathogénie précise du syndrome nerveux, seule cette voie d'administration garantit l'utilisation, par l'organisme, de la thiamine apportée.

En effet, si on suppose que le trouble constaté est lié à un déséquilibre alimentaire brutal, il n'est pas encore possible de savoir si on a affaire à un défaut de synthèse

ruménale de thiamine ou à une production de thiaminase. Dans ce second cas, un apport de vitamine B1 par voie orale pourrait donc être annulé par la destruction ultérieure, dans le rumen, de cette vitamine. Dans le cas de l'application d'une prophylaxie avant apparition des foyers, les 18 troupeaux avaient été choisis parce qu'ils avaient présenté du syndrome nerveux durant les saisons sèches précédentes. Grâce à l'injection de 50 mg de chlorhydrate de thiamine, par cures de 3 injections par mois ou à l'injection hebdomadaire de 100 mg, 13 troupeaux n'ont connu aucun épisode de maladie. Les 5 troupeaux dans lesquels quelques cas sont apparus faisaient tous l'objet du premier schéma prophylactique (3 fois 50 mg par mois). C'est du reste pour cette raison que, à partir du moment où ces constatations ont été faites, le deuxième schéma (100 mg par semaine) a été mis en place. En ce qui concerne ces 5 troupeaux, il faut préciser qu'en fait, pour 2 d'entre eux, l'échec de la prophylaxie est lié à l'irrégularité de son application (troupeau 1, Man) ou à la persistance d'une insuffisance grave dans l'alimentation (troupeau 3, Agnibilekro) (tableau II).

Au total, sur les 1 930 moutons mis sous prophylaxie (si on exclut le cas du troupeau Man qui est très particulier), on n'a observé que 12 malades, parmi lesquels 7 ont d'ailleurs guéri après un traitement avec la vitamine B1. Le seul échec vrai nous paraît être celui du troupeau 1 de Vavoua dans lequel 6 cas cliniques sont apparus, avec 2 morts sans traitement et 3 malades guéris, sur les 4 traités. Le bilan général de la prophylaxie est donc largement positif.

Lorsque la prophylaxie a été instaurée après apparition des foyers (tableau III), les résultats ont également été très encourageants. En effet, très peu de nouveaux cas cliniques sont apparus après le début des injections de vitamine B1. De plus, les cas observés (6 malades)

furent en général peu graves et les 4 animaux traités ont tous guéri après traitement avec la vitamine B1. Il faut préciser que, sur les 6 malades observés, 5 sont apparus dans un troupeau subissant le schéma 3 X 50 mg durant 1 semaine par mois (troupeau 2, Danane). Il est clair que ce schéma se montre parfois insuffisant, ainsi que cela a été dit ci-dessus.

### Rentabilité des plans de prophylaxie

Le problème du syndrome nerveux est souvent bien plus grave que ce que les calculs des pertes économiques montrent. En effet, dans de nombreux cas, on assiste à une véritable démotivation des éleveurs, voire des responsables de l'encadrement technique, et les exemples de propriétaires ayant cessé toute activité d'élevage et de techniciens de la SODEPRA désespérés devant cette situation, ne nous ont pas manqué durant ces dernières années.

Sans être la panacée, l'utilisation préventive de la vitamine B1 peut en fait permettre de sauvegarder l'avenir chez un certain nombre de propriétaires qui cherchent, sans encore y parvenir correctement, à améliorer leur élevage.

Les calculs de rentabilité, pour l'éleveur, du schéma testé (100 mg hebdomadaire, pendant 6 mois de saison sèche, de chlorhydrate de thiamine) montrent que la prophylaxie reste économiquement avantageuse lorsque son coût s'élève à 400 F CFA (8 FF) par animal (projet 2) et, *a fortiori*, lorsqu'il est de 66 F CFA (1,32 FF) (projet 1). Cette prophylaxie devient, en revanche, non rentable si l'éleveur doit faire appel à des assistants ou vétérinaires privés pour les injections de thiamine (projet 3).

En attendant que d'autres solutions, moins contraignantes que celle utilisée ici (injection, donc contention individuelle de tous les animaux du troupeau chaque semaine), soient trouvées, la prophylaxie ne sera donc d'un intérêt économique positif que si l'éleveur procède lui-même aux injections.

### CONCLUSION

Le syndrome nerveux des ovins est une maladie importante en Côte d'Ivoire et, probablement, dans l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest humide et sub-humide. Les pertes qu'elle entraîne, évaluées de 1 500 à 2 000 F CFA par animal entretenu et par an, sont suffisamment élevées pour qu'un programme de prophylaxie soit envisagé.

Ce syndrome n'apparaissant en général que sur les troupeaux ayant des problèmes d'alimentation en saison sèche, on pourrait penser que la seule méthode de prévention à préconiser aux éleveurs est celle qui consiste à suivre correctement les méthodes d'élevage adaptées à l'intensification de la production.

Si cela reste vrai dans le principe, il est cependant intéressant de disposer dès maintenant d'un schéma prophylactique qui compense les erreurs encore trop souvent commises par des éleveurs néophytes.

L'injection hebdomadaire de vitamine B1, pendant les mois de saison sèche, a prouvé son efficacité et, sur le plan économique, s'avère très rentable pour l'éleveur, à la condition que l'injection elle-même ne soit pas payante. Ceci étant, outre le coût de la thiamine, l'injection hebdomadaire suppose une manipulation relativement fréquente des animaux ce qui, dans le cas des gros troupeaux, est une contrainte importante. Il reste donc nécessaire de poursuivre les recherches afin de trouver un moyen de lutte plus facile et moins coûteux.

### REMERCIEMENTS

Nous remercions le Dr ANGBA ASSI, directeur du Laboratoire de Pathologie animale, pour le soutien constant qu'il nous a apporté. Nous remercions également les responsables du LPA de Bouaké, les Drs DEA VAZIN et OUATTARA MAMADOU, ainsi que les responsables de terrain, les Drs YABOUAFFO et M'BRAS et MM. BENDE et N'GORAN, qui nous ont signalé les foyers et aidés dans les suivis, observations cliniques et prélèvements sur les animaux malades.

### BIBLIOGRAPHIE

1. ARMBRUSTER (T.). La productivité de l'élevage ovin dans la région forestière de la Côte d'Ivoire. Thèse doct., Göttingen, Allemagne, 1987. 199 p.
2. BLOOD (D.C.), HENDERSON (J.A.), RADOSTITS (O.M.). *Veterinary Medicine*, 5th Ed. London, Baillères Tindall, 1979. P. 253.
3. BONNIWELL (M.A.), BARLOW (R.M.). Ataxia/paresis syndrome of sheep in West Africa associated with bilateral multifocal cerebrosplinal poliomyelomalacia. *Vet. Rec.*, 1985, **116** (4): 94-97.
4. BRAUNLICH (K.), ZINTZEN (H.). La vitamine B1 en nutrition animale. In: Journée de vitaminologie, Neuilly-sur-Seine, France, 30 oct. 1975. 40 p. (document Hoffmann-Laroche).
5. BRAYBROOKE (J.), LLOYD (B.), NATTRASS (M.), ALBERTI (K.G.). Blood sampling techniques for lactate and pyruvate estimation: a reappraisal. *Ann. clin. Biochem.*, 1975, **12**: 252.
6. COTTEREAU (P.). Rapport de mission en Côte d'Ivoire, 7-14 sept 1981. École nat. vét. Lyon, 1981. 8 p.
7. DAVIES (E.T.), PILL (A.H.), COLLINGS (D.F.), VENIN (J.A.J.), BRIDGES (G.D.). Cerebrocortical necrosis in calves. *Vet. Rec.*, 1981, **77**: 290.
8. DOMENECH (J.). Étude du syndrome nerveux des ovins en Côte d'Ivoire, résultats des travaux du LPA. Abidjan, Ministère de l'Agriculture, 1990. 12 p.
9. EDWIN (E.E.), MARKSON (L.M.), JACKMAN (R.). The aetiology of cerebrocortical necrosis: the role of thiamine deficiency and of deltapyrrolinium. *Vet. J.*, 1982, **138**: 337.
10. ESPINASSE (J.). La nécrose du cortex cérébral des ruminants. *Recl Méd. vét.*, 1976, **157** (7-8): 443-450.

11. FAUGÈRES (O.), FAUGÈRES (B.). Suivi de troupeaux et contrôle des performances individuelles des petits ruminants en milieu traditionnel africain. Aspects méthodologiques. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1986, **39** (1) : 29-40.
12. FORMENTY (P.). LIVMOD II. Livestock stimulation model data system (version 2.2a), modèle d'analyse démographique et économique des projets d'élevage, guide de l'utilisateur. Maisons Alfort, FAO/CIRAD-IEMVT, 1989. 126 p.
13. GASNIER (P.). Le syndrome nerveux au CNO de Beoumi, Côte-d'Ivoire. SODEPRA, 1980. 5 p.
14. JENSEN (R.), GRINOR (L.A.), ADAMS (O.R.). Polioencephalomalacia of cattle and sheep. *J. Am. vet. med. Ass.*, 1956, **129** (3) : 111.
15. JONES (T.C.J.), HUNT (R.D.). *Veterinary Pathology*, 5th Ed. Philadelphia, Lea & Febiger, 1983. P. 1675-1678.
16. JUBB (K.V.F.), KENNEDY (P.C.), PALMER (N.). *Pathology of domestic animals*, T.1, 3rd Ed. Academic Press, 1985. P. 252-258.
17. LEFORBAN (Y.), NIASSE (A.). Rapport récapitulatif sur le syndrome paraplégique du mouton de Casamance, état des connaissances, mars 1984. Dakar, ISRA, 1984. 22 p. (Rapport n° 37 (VIRO)).
18. MATHISON (G.W.). B Vitamins and related compounds in ruminant nutrition. In : 3rd Western Nutrition Conference, Winnipeg, Canada, 15-16 September 1992.
19. McDONALD (J.W.). Mortality and illthrift associated with thiamine deficiency in lambs. *Aust. vet. J.*, 1982, **58** : 212-215.
20. PIERRE (F.). Les dominantes pathologiques de l'élevage ovin dans le centre de la Côte-d'Ivoire. 11e Séminaire, Ministère de la Production animale, Bouaké (Côte-d'Ivoire), 6-8 avril 1983.
21. TOURNUT (J.), BEZILLE (P.). Troubles d'origine nutritionnelle et vitamine B1 chez les ruminants. In: Journées de vitaminologie (nutrition animale), Neuilly-sur-Seine, France, 30 octobre 1975. 27 p. (Document Hoffmann-Laroche)
22. ZINTZEN (H.). La carence en vitamine B1 chez les ruminants. Roche, 1971. 16 p. (Documentation Roche n° 1297).

**DOMENECH (J.), FORMENTY (P.).** The ovine nervous syndrome in Côte-d'Ivoire. II. Economic impact, field trials and cost-profit analysis of prophylaxis programmes. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 513-520

The clinical and epidemiological aspects of the ovine nervous syndrome in Côte-d'Ivoire were presented in the first part of this paper and the disease was considered to be similar to the cerebrocortical necrosis as related to vitamin B1 deficiency. The economic losses by this disease being 1,500 to 2,000 F CFA (30-40 FF) per animal and per year, it seemed to be very important to consider its prophylaxis. A programme involving a daily injection of 100 mg of thiamine chlorhydrate throughout the dry season proved to be very efficient. In addition, if excluding the cost of the injection, this programme appeared to be beneficial to the farmer. When including only the price of the product, the profit to cost ratio of the programme was 4.8 (thiamine at 400 F CFA) to 30.6 (thiamine at 66 F CFA). The other profit earning criteria, i.e. the differential actualized net value and the induced gains, showed the same positive effect of this prophylaxis programme. However, it should be emphasized that the nervous syndrome in sheep mainly remains an accident due to a poor flock management. Hence, to prevent this disease the farmer should correctly adapt the rearing methods to the intensification of the production. Nevertheless, as the accurate etiopathogenesis of the syndrome remains to be elucidated and as the daily injection of the product to all animals of the flock represents an important constraint, research should be pursued to solve a problem which seems to affect the whole region.

*Key words* : Sheep - Nervous system disease - Prophylaxis - Thiamine - Cost-profit analysis - Economics - Côte-d'Ivoire.

**DOMENECH (J.), FORMENTY (P.).** El síndrome nervioso de los ovinos en Costa de Marfil. II. Importancia económica, ensayos y análisis costo-beneficio de los programas de profilaxis. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1993, **46** (3) : 513-520

Los aspectos clínicos y epidemiológicos del síndrome nervioso de los ovinos en Costa de Marfil fueron presentados en un primer artículo, en el cual se realiza la similitud con la necrosis del cortex cerebral, ligada a una carencia de vitamina B1. Las pérdidas económicas ocasionadas por esta enfermedad se elevan de 1 500 a 2 000 F CFA (30 a 40 FF) por animal y por año. Este hecho justifica el estudio de su profilaxis. Un programa de inyección semanal de 100 mg de clorhidrato de tiamina durante toda la estación seca se ha revelado eficaz. Además, este programa es rentable para el productor, si no se toma en cuenta el costo de la inyección en sí. Si se incluye únicamente el precio del producto, el cálculo muestra una tasa de remuneración de las inversiones (beneficios sobre costos del programa) de 4,8 (costo de la tiamina a 400 F CFA) a 30,6 (costo de la tiamina a 66 F CFA). Los otros criterios de rentabilidad (valor actualizado neto diferencial y ganancias inducidas) estudiados demuestran el mismo efecto positivo del esquema de profilaxis examinado. Esta conclusión no impide el hecho de que el síndrome nervioso es, antes que nada, un accidente provocado por un mal manejo de los hatos y que para su prevención el productor debe de seguir correctamente los métodos de crianza adaptados a la intensificación de la producción. Sin embargo, en vista de que la etio-patogenia del síndrome es aún desconocida y que por otro lado la inyección semanal de todos los animales de un hato representa un obstáculo importante, es necesario continuar las investigaciones con el fin de resolver un problema que parece alcanzar una amplitud regional.

*Palabras claves* : Ovino - Trastorno de sistema nervioso - Profilaxis - Tiamina - Análisis costo-beneficio - Economía - Costa de Marfil.

## Notes de lecture

**AUTHIÉ (E.). Contribution à l'étude des mécanismes immunologiques impliqués dans la trypanotolérance des taurins d'Afrique. Thèse Doctorat Sciences de la vie. Université de Bordeaux II, 1993. 175 p. + annexes.**

*Les trypanosomoses animales africaines, et avec elles leurs vecteurs biologiques, les glossines, restent le problème pathologique le plus important pour l'élevage dans une très grande partie de l'Afrique au sud du Sahara.*

*La trypanotolérance des petits bovins du type taurin africains autochtones, qui persistent principalement en Afrique de l'Ouest, a déjà été reconnue au début du siècle, et bien que l'on sache que ces animaux ne sont pas totalement à l'abri des effets néfastes de l'infection, ils sont les seuls qui peuvent survivre sans chimiothérapie dans les zones infestées.*

*Ce n'est que depuis la création du CRTA à Bobo-Dioulasso, suivie par celle de l'ILRAD à Nairobi et de l'ITC à Banjul, que des chercheurs ont essayé de fixer les facteurs de cette trypanotolérance et d'en découvrir les mécanismes impliqués. Tant que des gènes de résistance n'ont pas encore été identifiés, il est important de rechercher des marqueurs de résistance (ou de sensibilité), afin de pouvoir sélectionner les géniteurs les meilleurs de ce point de vue. Une sélection selon les méthodes classiques serait en effet très lente et lourde à gérer. Bien que les recherches sur l'identification de marqueurs biochimiques et immunologiques n'aient pas encore abouti à des conclusions définitives, Édith AUTHIÉ a apporté des contributions importantes et originales dans ce domaine, d'abord au CRTA, ensuite à l'ILRAD. La thèse qu'elle a soutenue brillamment en septembre 1993 à l'Université de Bordeaux II en témoigne amplement.*

*Il n'est guère possible d'en faire ici-même un résumé complet. Nous n'en relèverons que les points les plus saillants. La thèse comprend une revue générale des connaissances sur la trypanotolérance, dont tous les chercheurs actifs dans ce domaine tireront profit.*

*Le Dr AUTHIÉ consacre deux chapitres au rôle du complément dans la trypanosomose en général et à ses recherches originales sur l'étude du système complémentaire, comparant les bovins trypanotolérants et trypanosensibles. Des différences existent, sans toutefois pouvoir fournir des critères sûrs de sélection. Une bonne partie de la thèse concerne des études sur des antigènes invariants de *Trypanosoma congolense*. La réponse immunitaire à l'infection est dominée par celle aux glycoprotéines de surface variants, mais l'auteur a identifié et caractérisé deux protéines majeures invariants de *Trypanosoma congolense*, une de la famille des "heat shock proteins", l'autre une enzyme protéolytique, une cystéine protéase. Bien que zébus sensibles et taurins trypanotolérants reconnaissent la cystéine protéase, la réponse en IgG contre cette protéine est faible chez les zébus, élevée chez les taurins. De plus, les profils isotypiques des anticorps sont différents chez les zébus et les taurins, et ce pour les deux antigènes. Ces protéines comportent des épitopes très immunogènes, mais aussi un site actif associé à des fonctions vitales pour le parasite et peut-être associé à un rôle pathogène. La cartographie des épitopes et des sites actifs devra déterminer si ces molécules préservent leur fonction et leur pathogénicité malgré les anticorps ou non, autrement dit si les anticorps engendrés par ces protéines sont protecteurs ou non. Un des mécanismes de résistance à la maladie chez les taurins pourrait consister en l'inhibition de l'activité enzymatique par les anticorps, leur taux étant beaucoup plus élevé chez ces animaux que chez les zébus. Ceci reste donc à déterminer. Il faudra ensuite voir si ces protéines ou certains de leurs fragments peuvent induire une réponse immune et conférer une résistance aux effets pathogènes des trypanosomes.*

*Bien que jusqu'ici tous les essais d'une immunisation efficace contre les trypanosomes africains aient échoué, l'enjeu de la maladie justifie tous les efforts, tant qu'il reste un espoir. Édith AUTHIÉ continue ses recherches sur ces protéines. Nous saluons sa persévérance et lui souhaitons de réussir !*

Pr Gerrit UILENBERG

**BONNEVAL (L. de). Systèmes agraires, systèmes de production. Vocabulaire français-anglais avec index anglais. Paris, INRA, 1993. 285 p. Prix 220 F. (ISBN 2-7370-0443-1) (ISSN 1159-5663)**

*La finalité de ce vocabulaire bilingue français-anglais est d'aider les chercheurs, ingénieurs, étudiants et spécialistes, à confronter leurs informations et leurs résultats, en Europe et dans le reste du monde, et d'assister également les enseignants, rédacteurs, traducteurs et interprètes qui véhiculent et valorisent ces échanges.*

*Ni pédant, ni didactique, un peu pragmatique, ce lexique de 2 000 termes environ analysés avec minutie, rigueur et technicité est un outil simple, utile et esthétique. Il donne la traduction et souvent le contexte d'utilisation du terme en l'imbriquant dans les expressions ou des données fragmentaires, confirmées par d'éminents spécialistes travaillant sur les recherches de pointe au département de recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement de l'INRA. De ce fait, tout en conservant un caractère "artisanal" et "empirique" c'est aussi l'expression d'une personnalité scientifique collective : celle du SAD en l'occurrence, à laquelle appartient Laurence de Bonneval.*

*L'ouvrage, écrit avec clarté, aisance, est imprégné d'un esprit de finesse avec un tantinet d'humour. Il invite le lecteur à suivre l'auteur dans ses développements et ses apartés. Le mot utilitaire cède parfois la place à une lecture véritable de pleine page. Par exemple : quand employer grassland, pasture, meadow, rough grazings et sward ? Le "range" des Américains ou le "rough grazings" des Anglais correspond-il au "parcours" tel qu'on le conçoit en France ou dans le monde francophone ?*

*Le classement alphabétique repose sur les mots français codés ; un index anglais en fin d'ouvrage facilite l'accès*

*au terme, à la locution ou "l'encadré" en langue française. Les buts avoués de l'auteur sont :*

- clarifier un certain nombre de termes, vivier de concepts, certains en réelle évolution ;
- faciliter le travail des chercheurs lisant ou rédigeant en anglais ou en français ;
- démêler certaines difficultés de vocabulaire ou de grammaire avec l'emploi de tournures courantes anglaises appropriées.

*Ce vocabulaire est précédé de quelques notes ou de précieux rappels de grammaire, quelques phrases pour commencer et finir une lettre professionnelle, des formulaires d'inscriptions à une réunion, un congrès. Il est suivi d'une bibliographie sur les lexiques et dictionnaires français, anglais et multilingues et d'une liste de plus de 150 ouvrages et articles.*

*Voici donc un document utile, original qui, en quelque 300 pages, accumule une masse de connaissances d'une richesse exceptionnelle et G. SAUTTER dans sa préface élogieuse ne s'y est pas trompé.*

*Il recevra à coup sûr le meilleur accueil parmi les spécialistes, non seulement ceux des systèmes agraires, mais ceux qui sont appelés à connaître leurs multiples domaines. Il trouvera une place sur la table ou dans la bibliothèque des professionnels de l'agriculture d'aujourd'hui, des linguistes, traducteurs, interprètes, des documentalistes, des enseignants et enseignés.*

*Pour reprendre la dernière phrase de G. SAUTTER : "Est-il utopique d'imaginer que des fascicules puissent voir le jour, consacrés par exemple aux mots que l'agronomie(...) utilise sous les tropiques ?".*

Jacqueline DUPUY

Ingénieur agricole, Documentaliste

## Analyses bibliographiques

**Code zoo-sanitaire international - 1992. Paris, OIE, 1992. 562 p. Prix : 700 F (avec les Mises à jour 1993) (ISBN 92-9044-316-2)**  
**Code zoo-sanitaire international, Mises à jour 1993. Paris, OIE, 1993. (ISBN 92-9044-339-1)**

La sixième et dernière édition en date du "Code zoo-sanitaire international" de l'Office international des Épizooties vient de paraître.

Il ne s'agit pas seulement d'une réimpression des codes précédents, mais d'une réelle ré-édition profondément remaniée.

En effet, depuis 1986, année de la précédente édition, de nombreux chapitres et annexes ont été adoptés et complètent donc les documents antérieurs.

En revanche, certaines parties ont été retirées, notamment les articles sur les poissons, les crustacés et les mollusques qui vont faire l'objet d'un code spécifique. De même, les informations concernant les techniques de diagnostics ont été allégées puisque ces dernières sont détaillées dans le "Manual of Standards for Diagnostics Tests and Vaccines".

Le "Code" et le "Manuel" sont donc deux ouvrages de base qui se complètent parfaitement.

Par ailleurs, il faut signaler l'effort de présentation, tant du "Code" sous couverture rouge plastifiée que du "Manuel" sous couverture bleue, qui les rend agréables à consulter.

P.-C. LEFÈVRE

**Biotechnologie appliquée au diagnostic des maladies animales. Revue scientifique et technique de l'Office international des Épizooties, 1993, 12 (2). Paris, OIE, 1993. 374 p. Prix : 200 F. (ISBN 92-9044-323-5 ; ISSN 0253-1933).**

En 1990, la *Revue scientifique et technique de l'Office international des Épizooties* avait déjà consacré un numéro complet au thème : Biotechnologie et science vétérinaire (volume 9, n°3) dont le succès exceptionnel illustre bien l'intérêt porté par tous les lecteurs à cette nouvelle technologie.

Trois ans plus tard, l'essor de cette technologie est tel que ses progrès ne peuvent plus être résumés en un seul volume. Ce numéro spécial a dû se restreindre aux seules applications de la biotechnologie au diagnostic des maladies animales.

Pour traiter un sujet aussi technique, tout en restant suffisamment proche des préoccupations pratiques des responsables de la santé animale, la Commission des normes et le Groupe de travail sur les biotechnologies de l'OIE ont recommandé que l'Office soit étroitement associé à l'organisation de la première journée du VI<sup>e</sup> Symposium de l'Association mondiale des spécialistes des laboratoires de diagnostic vétérinaire (AMSLDV) qui s'est tenu à Lyon (France) du 9 au 12 juin 1992.

Une journée commune a favorisé la participation de plusieurs spécialistes de haut niveau en biotechnologie vétérinaire, qui ont ensuite rédigé la plupart des articles composant la première partie de ce numéro intitulée "généralités". Celle-ci constitue une présentation pédagogique remarquable des derniers apports de biotechnologie à la surveillance des maladies animales.

Les trois autres parties, "virologie", "bactériologie" et "parasitologie", donnent des détails beaucoup plus précis sur le diagnostic de ces maladies selon leurs étiologies respectives. La sélection des meilleurs articles présentés à Lyon a été effectuée avec l'aimable collaboration des Présidents de session du VI<sup>e</sup> Symposium de l'AMSLDV et notamment des Drs J.L. Martel, P.-P. Pastoret, Y. Richard et B. Toma.

Cette sélection s'est fondée essentiellement sur l'actualité des sujets traités par les conférenciers et sur l'intérêt pratique que peuvent présenter les méthodes décrites pour les Services vétérinaires. La plupart de ces méthodes font appel aux épreuves immuno-enzymatiques, aux anticorps monoclonaux, au séquençage des protéines, aux sondes nucléiques ou à l'amplification en chaîne par polymérase.

Elles ont conduit à des progrès très concrets en matière de surveillance sanitaire : diagnostic rapide sur le terrain, diagnostic différentiel immédiat, repérage des animaux porteurs asymptomatiques, distinction possible ou plus rapide des types ou sous-types d'agents pathogènes, distinc-

tion des anticorps post-infectieux et post-vaccinaux, repérage *in situ* des agents pathogènes, etc.

Tous ces articles, éclairés par la présentation générale faite dans la première partie du numéro, constituent un recueil exceptionnel d'informations venues du monde entier : ils permettront à tous les responsables de la santé animale d'avoir une vue d'ensemble des nouveaux outils mis à leur disposition par la biotechnologie.

**GRANT (D.I.). Affections cutanées du chien et du chat. Traduit par F. ALMOSNI-LE-SUEUR. Paris, Masson, 1993. VI-170 p. 32 planches en couleur (Bibliothèque du vétérinaire spécialiste des animaux de compagnie). Prix : 295 F. (ISBN 0752-4927)**

Les dermatoses du chien et du chat représentent environ vingt pour cent des consultations en pratique vétérinaire courante, d'où leur importance. Celles-ci sont bien décrites, avec des planches en couleurs facilitant un diagnostic précis. Cette étude exhaustive des différentes affections cutanées rencontrées chez les carnivores domestiques, constitue à la fois un ouvrage pratique et une référence pour les cliniciens et les étudiants.

S. NITCHEMAN.

**INRA. Éléments de génétique quantitative et application aux populations animales. Productions animales, 1993 (n° hors série). 302 p. Prix 250 F. (ISBN 2-7380-0451-2 ; ISSN 0990-0632)**

Cet ouvrage est un numéro hors série de la revue *Productions Animales*. Il présente les textes d'un séminaire organisé par les chercheurs du Département de Génétique animale de l'INRA. Il est structuré en six parties :

- le contexte et les acteurs de l'amélioration génétique en France (bovins laitiers, bovins et ovins producteurs de viande, porc, volailles, palmipèdes, lapin, cheval) ;
- les bases de la génétique quantitative (notions de génétique et de statistique, les différents modèles génétiques et statistiques, les méthodes) ;
- les objectifs et les critères de sélection (en production laitière, de viande, de fibres textiles, en matière d'adaptation au milieu) ;
- l'évaluation des reproducteurs (les modèles d'évaluation, les index) ;
- la gestion des populations (les schémas de sélection, les plans de croisement, la diversité génétique) ;
- les apports actuels et futurs des marqueurs génétiques dans l'amélioration des populations animales (contrôles de filiation, cartes géniques, localisation des QTL...).

Ce livre s'adresse non seulement aux généticiens mais aussi aux professionnels, enseignants, étudiants ou toute personne concernée par l'amélioration génétique des animaux domestiques.

## Information

### PRIX ARMAND FÉRON

Le prix Armand Féron est une donation familiale, en mémoire du Dr A. Féron, qui a consacré avec dévouement et conviction sa brève carrière professionnelle à la coopération pour le développement dans le Tiers-Monde, dans le domaine de la production et la santé animales.

Le prix A. Féron, d'un montant de 50 000 BEF environ, est attribué en principe chaque année à un ou plusieurs étudiants, anciens étudiants ou collaborateurs du Département vétérinaire de l'Institut de Médecine Tropicale Prince Léopold, à Anvers, en Belgique. Le(s) lauréat(s) sera (seront) ressortissant(s) de pays en développement ou d'Europe, et aura (auront) apporté par leurs travaux une contribution significative au développement rural dans les pays du Tiers- Monde.

#### Qui était le Docteur Armand Féron ?

Armand Féron, de nationalité belge, est né le 18 mai 1955 à Bosondjo, au Congo Belge (Zaïre) où il a passé les cinq premières années de sa vie.

Après de brillantes études d'humanités latin grec/latin mathématiques à l'Athénée Royal Robert Catteau à Bruxelles, A. Féron a entrepris ses études de médecine vétérinaire successivement à l'Université Libre de Bruxelles et à la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège où il a obtenu son diplôme en 1980. Une année après, en 1981, il obtenait le diplôme de spécialisation en Médecine vétérinaire et Zootechnie tropicales à l'Institut de Médecine Tropicale Prince Léopold à Anvers.

Son souhait et sa volonté étant de mettre ses connaissances au service des pays en développement, de 1982 à 1988 il est engagé par la FAO (Food and Agriculture Organization) comme expert associé, mis à la disposition de l'ILCA (International Livestock Centre for Africa) pour assurer la direction du programme de recherche sur la trypanotolérance au Zaïre. Son assiduité et sa contribution scientifique dans ce domaine se sont illustrées à travers plus d'une dizaine de publications.

Remarqué pour ses compétences et son esprit d'organisation, A. Féron était depuis 1988 membre de la Coopération belge au Zaïre, attaché au Laboratoire vétérinaire de Kinshasa chargé d'organiser un service d'Épizootiologie et d'en assurer la direction. Il est décédé le 21 septembre 1991 lorsque son service prenait sa vitesse de croisière.

#### Soumission de candidature

Les candidats au Prix A. Féron doivent constituer un dossier comprenant :

1. un curriculum vitæ ;
2. un texte substantiel résumant les principaux travaux effectués, leur impact sur le développement rural, les rapports s'y rattachant et les références des publications ;
3. les noms et adresses de personnalités scientifiques et/ou morales de référence.

La soumission des candidatures est ouverte toute l'année. Le dossier doit être composé de textes originaux. La sélection des candidats a lieu au mois de septembre. Elle porte sur les candidatures soumises jusqu'à la fin du mois de juin de chaque année. Le prix A. Féron sera attribué pour la première fois en septembre 1994.

Les candidatures doivent être envoyées à l'adresse suivante :

Prof.P. KAGERUKA  
Département Vétérinaire  
Institut de Médecine Tropicale  
Nationalestraat 155,  
B-2000 Antwerpen 1  
Belgique