

# Sommaire

- 4 Editorial (*en français*)
- 5 Editorial (*en anglais et en espagnol*)

## PATHOLOGIE INFECTIEUSE

- 6 Infection expérimentale de trois races de moutons nigériens avec la souche Zinga du virus de la fièvre de la Vallée du Rift. Olaleye O.D., Tomori O., Fajimi J.L., Schmitz H. (*en anglais*)
- 18 Evaluation de la protection vaccinale contre la peste bovine au Cameroun. III. Evaluation globale. Ngangnou A., Zoyem N., Hamet M., Abdoukadiiri S. (*en français*)
- 24 Enquête sérologique de la grippe équine sur le territoire du Nigeria. Adeyefa C.A.O., Hamblin C., Cullinane A.A., McCauley J.W. (*en anglais*)
- 28 Séroprévalences de brucellose, fièvre Q et toxoplasmose chez des animaux de boucherie à Trinidad. Adesiyun A.A., Cazabon E.P.I. (*en anglais*)

## PATHOLOGIE PARASITAIRE

- 32 Utilisation du test ELISA de détection des antigènes circulants de trypanosomes dans le cadre d'un suivi épidémiologique dans la zone de Sidéradougou, Burkina Faso. Delafosse A., Bengaly Z., Duvallet G. (*en français*)
- 38 Prévalence de *Rhinoestrus usbekistanicus* (Gan 1947) chez l'âne (*Equus asinus*) au Sénégal. Deconinck P., Pangui L.J., Githgo A., Dorchie Ph. (*en français*)
- 42 *Theileria parva* (Kasoba) isolée et testée sur du bétail guéri après infection par d'autres stocks de *Theileria parva*. Musisi F.L., Quiroga J.C., Kanhai G.K., Kamwendo S.P., Mzoma F.J., Njuguna L.M. (*en anglais*)
- 46 Nouvelle approche pour l'estimation de l'âge des glossines par analyse d'image de l'aile. De La Rocque S., Geoffroy B., Cuisance D. (*en français*)
- 50 Evaluation de l'attractivité de *Glossina palpalis palpalis* vis-à-vis de l'homme et du porc dans la région de Daloa en Côte d'Ivoire. Dagnogo M., Traoré G., Koné M. (*en français*)
- 56 Prévalence de la trypanosomose chez les petits ruminants et le porc dans une zone endémique de la maladie du sommeil dans le comté de Buikwe, district de Mukono, Ouganda. Katunguka-Rwakishaya E. (*en anglais*)

## RESSOURCES ALIMENTAIRES

- 60 Composition chimique et dégradabilité enzymatique et in vitro d'espèces ligneuses arbustives utilisables par les ruminants dans les parcours extensifs de la Nouvelle Calédonie. I. Typologie. Corniaux C., Durand N., Sarraïhl J.M., Guerin H. (*en français*)
- 69 Quatre notes en métrologie pastorale (*en français*)
- 70 La mesure des biomasses au pâturage. Ph. Daget
- 72 Pondérer les espèces dans les formations herbacées très hautes. Daget Ph., Konaté T.S.
- 74 Une utilisation des dénombrements dans l'analyse des ligneux des pâturages. Cora M., Daget Ph.
- 76 Mesurer le recouvrement des ligneux dans les végétations ouvertes des pâturages. Daget Ph.

## RESSOURCES ANIMALES

- 80 Le peuplement de l'Afrique par la chèvre domestique. Bouchel D., Lauvergne J.J. (*en français*)

# Contents

- 4 Editorial (*in French*)
- 5 Editorial (*in English and Spanish*)

## INFECTIOUS PATHOLOGY

- 6 Experimental infection of three Nigerian breeds of sheep with the Zinga strain of the Rift Valley Fever virus. Olaleye O.D., Tomori O., Fajimi J.L., Schmitz H. (*in English*)
- 18 Evaluation of vaccinal protection against rinderpest in Cameroon. III. General evaluation. Ngangnou A., Zoyem N., Hamet M., Abdoukadir S. (*in French*)
- 24 Nationwide serological survey of equine influenza in Nigeria. Adeyefa C.A.O., Hamblin C., Cullinane A.A., McCauley J.W. (*in English*)
- 28 Seroprevalences of brucellosis, Q-fever and toxoplasmosis in slaughter livestock in Trinidad. Adesiyun A.A., Cazabon E.P.I. (*in English*)

## PARASITIC DISEASES

- 32 Use of *Trypanosoma* antigen detection ELISA during an epidemiological survey in the Sideradougou area, Burkina Faso. Delafosse A., Bengaly Z., Duvallet G. (*in French*)
- 38 Prevalence of *Rhinoestrus usbekistanicus* (Gan 1947) in donkeys (*Equus asinus*) in Senegal. Deconinck P., Pangui L.J., Githego A., Dorchie Ph. (*in French*)
- 42 *Theileria parva* (Kasoba): isolation and challenge of cattle recovered from infection with other *Theileria parva* stocks. Musisi F.L., Quiroga J.C., Kanhai G.K., Kamwendo S.P., Mzoma F.J., Njuguna L.M. (*in English*)
- 46 A new approach to estimate tsetse fly ages by image analyzing of the wings. De La Rocque S., Geoffroy B., Cuisance D. (*in French*)
- 50 *Glossina palpalis palpalis* attractiveness testing towards humans and pigs in the area of Daloa in Côte d'Ivoire. Dagnogo M., Traoré G., Koné M. (*in French*)
- 56 The prevalence of trypanosomosis in small ruminants and pigs in a sleeping sickness endemic area of Buikwe County, Mukono district, Uganda. Katunguka-Rwakishaya E. (*in English*)

## FEED RESOURCES

- 60 Chemical components and enzyme and in vitro digestibility of woody shrubs used by ruminants in New Caledonian rangelands. I. Typology. Corniaux C., Durand N., Sarraihl J.M., Guerin H. (*in French*)
- 69 Four notes in grazing metrology (*in French*)
  - 70 Biomass measurement in rangelands. Daget Ph.
  - 72 Weighing species in tall grass vegetation. Daget Ph., Konaté T.S.
  - 74 Use of census in the analysis of woody plants in rangelands. Cora M., Daget Ph.
  - 76 Measuring the cover of woody plants in open rangeland vegetation. Daget Ph.

## ANIMAL RESOURCES

- 80 Domestic goat settlement in Africa. Bouchel D., Lauvergne J.J. (*in French*)

# Sumario

- 4 Editorial (*en francés*)
- 5 Editorial (*en inglés y en español*)

## PATOLOGIA INFECCIOSA

- 6 Infección experimental de tres razas de ovejas nigerianas con la cepa Zinga de la Fiebre del Valle del Rift. Olaleye O.D., Tomori O., Fajimi J.L., Schmitz H. (*en inglés*)
- 18 Evaluación de la protección activa contra la peste bovina en Camerún. III. Evaluación global. Ngangnou A., Zoyem N., Hamet M., Abdoukadi S. (*en francés*)
- 24 Encuesta serológica nacional sobre la influenza equina en Nigeria. Adeyefa C.A.O., Hamblin C., Cullinane A.A., McCauley J.W. (*en inglés*)
- 28 Seroprevalencias de brucelosis, fiebre Q y toxoplasmosis en ganado de matadero de Trinidad. Adesiyun A.A., Cazabon E.P.I. (*en inglés*)

## PATOLOGIA PARASITARIA

- 32 Uso del ELISA para la detección de antígenos circulantes de tripanosomas durante una encuesta epidemiológica en la zona de Sideradougou, Burkina Faso. Delafosse A., Bengaly Z., Duvallet G. (*en francés*)
- 38 Prevalencia de *Rhinoestrus usbekistanicus* (Gan 1947) en el asno (*Equus asinus*) en Senegal. Deconinck P., Pangui L.J., Githego A., Dorchie Ph. (*en francés*)
- 42 *Theileria parva* (Kasoba) : aislamiento y examen de ganado recuperado de la infección por otros tipos de *Theileria parva*. Musisi F.L., Quiroga J.C., Kanhai G.K., Kamwendo S.P., Mzoma F.J., Njuguna L.M. (*en inglés*)
- 46 Nuevo enfoque para la estimación de la edad de las glosinas mediante el análisis de la imagen del ala. De La Rocque S., Geoffroy B., Cuisance D. (*en francés*)
- 50 Evaluación de la atracción de la *Glossina palpalis palpalis* con respecto al hombre y el cerdo en la región de Daloa, Côte d'Ivoire. Dagnogo M., Traoré G., Koné M. (*en francés*)
- 56 Prevalencia de la tripanosomosis en pequeños rumiantes y cerdos en una zona endémica de la Enfermedad del Sueño en el condado de Buikwe, distrito Mukono, Uganda. Katunguka-Rwakishaya E. (*en inglés*)

## RECURSOS ALIMENTICIOS

- 60 Composición química y degradación enzimática e in vitro de las especies de arbustos leñosos utilizados por los rumiantes en los trayectos extensivos de Nueva Caledonia. Corniaux C., Durand N., Sarraihl J.M., Guerin H. (*en francés*)
- 69 Cuatro notas en metrología pastoril (*en francés*)
- 70 Medida de las biomásas en pastizales. Daget Ph.
- 72 Ponderar las especies en las formaciones herbáceas muy elevadas. Daget Ph., Konaté T.S.
- 74 Uso del conteo en el análisis de plantas leñosas de los pastizales. Cora M., Daget Ph.
- 76 Medida de la cobertura de plantas leñosas en las vegetaciones abiertas de los pastizales. Daget Ph.

## RECURSOS ANIMALES

- 80 Desarrollo de la población de la cabra doméstica en Africa. Bouchel D., Lauvergne J.J. (*en francés*)

# Editorial

*À la fin de l'année dernière, le CIRAD-EMVT a quitté les locaux qu'il a occupés pendant dix ans et, avant lui, pendant trente ans, l'Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux. Son organe de publication, la «Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux», surnommée la «Revue rouge», se devait de souligner l'événement.*

*Il y a dix ans, déjà, la «Revue rouge» connaissait une première mutation : son format était agrandi, sa maquette intérieure changée. Aujourd'hui, elle se modernise encore, à la faveur de nouvelles techniques, pour répondre aux attentes d'un public plus difficile. Ainsi la mise en pages a-t-elle été modifiée dans le souci de faciliter la lecture : la référence des articles apparaît sur chaque page, des grisés structurent les tableaux, la présentation des résumés a été améliorée. La maquette de couverture a également changé, mais sans perdre sa couleur rouge qui l'a rendue célèbre. Je remercie chaleureusement la maquettiste, Madame Abigail Nunes, pour l'inspiration et le professionnalisme dont elle a toujours fait preuve dans cette entreprise.*

*Si la revue se transforme, elle conserve néanmoins ses objectifs. Dès son premier numéro, en 1947, elle a publié les résultats de la recherche sur l'élevage tropical en essayant de couvrir toutes les disciplines. Aujourd'hui, elle reste consacrée à tous les domaines concernant l'élevage dans les régions chaudes. Revue scientifique, à comité de lecture, elle continuera aussi de donner l'audience la plus large possible aux articles des chercheurs de pays en développement qui ne disposent pas toujours, au niveau régional ou national, de revues spécialisées.*

*La «Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux» se veut un outil efficace au service de la recherche et du développement de l'élevage des régions chaudes. Je souhaite que sa nouvelle présentation lui permette d'atteindre pleinement cet objectif.*

*Pierre-Charles Lefèvre  
Directeur du CIRAD-EMVT  
Directeur de la publication*

# Editorial

*At the end of last year, CIRAD-EMVT left the site it occupied for the past ten years, and the Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux for thirty years before that. Its publishing organ the "Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux", nicknamed the "Revue rouge" (Red journal), clearly had to highlight the event.*

*Ten years ago, already, the "Revue rouge" went through a first change: its size increased and its inside format was modified. Today, with the help of newer techniques, it has yet been updated again to meet the expectations of a more demanding public. Thus, it was modified to facilitate reading: the article references appear on each page, tables stand out with their light grey backgrounds, abstract presentation has been improved. The cover is also different, while still keeping its red colour that gave it its fame. I warmly want to thank Mrs. Abigail Nunes, the model maker, for her inspired ideas and true professionalism.*

*The journal may have undergone changes, but it has maintained the same objectives. From the first issue in 1947, it has published research results aiming at covering all fields in tropical animal husbandry. Today, it is still dedicated to the full scope of warm region animal husbandry. As a scientific journal with an Editorial Board, it will continue to take into consideration a wide range of articles from developing countries' researchers, who, locally or nationally, do not always have access to specialized journals.*

*The "Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux" wants to be an efficient tool for warm regions' animal husbandry research and development. I expect the new format will enable it to fully reach its goal.*

---

A finales del año pasado, el CIRAD-EMVT dejó los locales ocupados por la institución durante diez años y por el Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux durante los treinta años anteriores. Es por lo tanto el deber de su órgano de difusión, la "Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux", conocido como la "Revista roja", de señalar el evento.

Hace ya diez años, la revista roja sufrió su primera mutación : su formato se agrandó y su maqueta interior cambió. Hoy la modernización continúa, gracias a nuevas técnicas, para responder a la exigencia de un público mas difícil. Es por esto que, con el fin facilitar la lectura, se ha modificado la paginación : la referencia de los artículos se encuentra en cada página, los cuadros están formados por zonas gris, la presentación de los resúmenes ha sido mejorada. También la maqueta de la portada ha sido modificada, pero sin perder su color rojo, que la hizo célebre. Agradezco profundamente a la maquetista, Sra. Abigail Nunes, por la inspiración y el profesionalismo que ha mostrado siempre a lo largo de este proyecto.

Si bien la revista se transforma, sus objetivos se conservan intactos. Desde su primer número, en 1947, se han publicado los resultados de la investigación sobre la producción animal tropical, tratando de cubrir todas las disciplinas. Hoy en día, sigue dedicada a todos los campos concernientes a la producción animal en las regiones cálidas. Como revista científica que es, con comité de lectura, seguirá igualmente dando la mayor audiencia posible a los artículos de los investigadores de los países en desarrollo, que no siempre disponen a nivel regional o nacional de revistas especializadas.

La "Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux" pretende ser un instrumento eficaz al servicio de la investigación y del desarrollo de la producción animal de las regiones cálidas. Espero que esta nueva presentación le permita alcanzar plenamente este objetivo.

# Experimental infection of three Nigerian breeds of sheep with the Zinga strain of the Rift Valley Fever virus

O.D. Olaleye<sup>1\*</sup> O. Tomori<sup>1</sup> J.L. Fajimi<sup>2</sup> H. Schmitz<sup>3</sup>

## Key words

Sheep - Djallonké sheep - Yankasa sheep - Ouda sheep - Virus Rift Valley Fever - Strain - Septicaemia - Experimental infection - Nigeria.

## Summary

Experimental infection of three indigenous breeds of sheep in Nigeria, namely the West African Dwarf (WAD), Yankasa and Ouda resulted in fatal disease with the Zinga Rift Valley Fever virus. Infected sheep of the three breeds responded by pyrexia within 24 h of infection, that lasted 6 to 7 days, but peaked between day 2 and 4 post-infection. Viraemia coincided with pyrexia and peaked ( $10^9$  PFU/ml) 3 days p.i. in Yankasa and WAD sheep, but with highest titre ( $10^{7.5}$  PFU/ml) in Ouda sheep. Zinga Rift Valley Fever virus infection of sheep was characterised by hyperactivity, watery and mucoid nasal discharges, projectiles and bloody diarrhoea, external haemorrhage and clinical manifestations of nervous disorders. Viraemia was followed by low level of antibody development in all the infected sheep. Haematological changes included a sharp fall in the PCV, Hb concentration and total RBC count during the course of the disease. These changes were most severe in the Yankasa, followed by WAD and Ouda breeds. There were thrombocytopenia, prolongation of prothrombin and clotting times in all the infected sheep. There was also progressive leucopenia associated with lymphopenia. The total protein and albumin levels were depressed, but the globulin level rose from day 5 p.i. The changes in the serum biochemical constituents included sharp and progressive increase in the level of alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase. The sodium level decreased gradually while that of potassium was initially stable but later increased until the infected animals died. There was a significant increase in the level of blood urea nitrogen from day 3 p.i. that continued until the infected animals died. Gross and microscopic examinations of the carcasses of the infected sheep showed significant lesions in many organs, including disseminated intravascular coagulation.

## ■ INTRODUCTION

Rift Valley Fever (RVF) is an infectious arthropod-borne disease of ruminants and humans characterized by fever, hepatitis and abortion. Severe outbreaks have been reported in various parts of Africa, mainly South of the Sahara, where young animals,

especially lambs, are more susceptible and more severely affected than adults (10, 32, 46, 53). Although there has been no official report of RVF outbreak in Nigeria, virological and serological studies have indicated that the virus is circulating in the country (19, 26, 49, 50). The existence of predisposing factors for possibility of a severe outbreak of RVF in Nigeria was highlighted by Tomori (49). In addition, recent detection of specific RVF virus IgM in sera of humans and domestic animals (36, 37) calls for a reassessment of the disease in the country.

Because of the usually high morbidity of sheep and high mortality of lambs during RVF outbreaks, many experiments have been carried out using this species (16, 18, 48). This study compares the susceptibility of three breeds of sheep common in Nigeria - West African Dwarf, Yankasa and Ouda sheep - to experimental infection with the Zinga strain of the RVF virus.

1. Department of Virology, College of Medicine, University of Ibadan, University College Hospital, Ibadan, Nigeria

2. Department of chemical Pathology, University College Hospital, Ibadan, Nigeria

3. Department of Virology, Bernhard-Noch Institute of tropical Medicine and Hygiene, Bernhard-Noch Street, Hamburg, Federal Republic of Germany

\* Address for correspondence

It is divided into five main sections:

- I. Clinical and immunological responses
- II. Haematology
- III. Biochemistry
- IV. Pathology - infectivity
- V. General conclusion

## I. CLINICAL AND IMMUNOLOGICAL RESPONSES

### ■ MATERIALS AND METHODS

#### *Preparation of the virus stock*

The origin and the properties of the Zinga strain of the RVF virus have been described previously (35). The sixth mouse brain passage was used to inoculate the sheep. The virus was passed in mice 2 to 3 days old. Brain and serum materials were harvested from the sick mice for titration as the stock virus. A 10 % suspension of infected mouse brain in bovine albumin phosphate buffer solution (BAPS) containing 2000 IU/ml of penicillin and 60 µg/ml of streptomycin was centrifuged at 1000 g for 30 min. The supernatant from the brain suspension and the pooled serum from the mice were kept in aliquots at -70°C.

The contents of one ampoule of each of the two materials were titrated by 10-fold serial dilutions. A 0.02 ml aliquot of each dilution was inoculated i.c. into each of six 2-3 day old suckling mice which were observed daily for 14 days. End point titres were computed using the method proposed by Reed and Muench (40) and expressed as the logarithm to base 10 of the reciprocal of the 50 % end point. The infectivity titre of the brain material was  $107.0 \log_{10} \text{LD}_{50}/0.02 \text{ ml}$ , while that of the serum was  $106.5 \log_{10} \text{LD}_{50}/0.02 \text{ ml}$ .

#### *Experimental animals*

Six animals 7 to 11 months old from each breed and both sexes were used for the study. The three breeds of indigenous Nigerian sheep used were the West African Dwarf (WAD), Ouda and Yankasa. Their characteristics have been described by Oyenuga (38).

The WAD sheep were purchased from a village about 5 km North-East of Ibadan in one of the field stations previously used for other studies. It is known to be the only breed of sheep raised in the village. The Yankasa and Ouda sheep were purchased from a government farm at New Bussa in the middle belt of Nigeria. The WADs were aged by dentition; birth records were available for the Yankasa and Ouda. It is important to note that the animals were transported from the different sources to the laboratory by motor vehicle.

The animals weighed from 7 kg to 16 kg. They were kept in pens in fly-proof houses with complete partitions between the pens and zero-grazed throughout the experiment with *Panicum maximum* and *Centrosema pubescens* supplemented with dry groundnut and cowpea residues. Feed and water were supplied *ad libitum* but salt lick was not provided.

The animals were conditioned for two months before infection. During this period, they were checked for enteric and blood protozoan parasites and received a regimen of antibiotic, antihelminthic and anti-protozoan therapies. They were checked

again and found to be free of enteric and blood protozoan parasites. Blood from each animal was also inoculated i.c. into 2-3 day old suckling mice to check for subclinical or non-apparent infection with any arbovirus. All the animals were also negative for RVF virus HI antibodies.

#### *Experimental design and infection with RVF virus*

For each breed, the animals were randomly divided into two groups : 4 animals to be infected (tagged as 1, 2, 3 and 4) and 2 animals for control (tagged as 5 and 6). The animals from the three breeds assigned for virus inoculation were kept in three different pens (four animals per pen), while all the control animals were kept in two pens distant (separated by two pens) from the infected animals.

Of the four animals infected from each breed, two were inoculated s.c. with 0.1 ml RVF virus infective material, while the other two were inoculated with 0.15 ml of infective serum, giving approximately  $5 \times 10^5 \text{ SMICLD}_{50}$  per infected animal. One of the two control animals in each breed was inoculated with a similar amount of supernatant from normal mouse brain suspension prepared in the same way as the stock virus, while the other control animal in each group received normal mouse serum.

Following the inoculation, rectal temperatures were taken daily between 8:00 and 8:30 a.m. Similarly, a 1:5 dilution of the blood was prepared in BAPS and inoculated i.c. into a 2-3 day old suckling mouse. The inoculated mice and animals were observed daily for signs of illness or death. The specificity of the virus isolated from the sheep experimentally infected using suckling mice was confirmed by a complement fixation test.

#### *Routine bleeding procedures*

Between 8:30 and 9:30 a.m. each day for the first ten days post-inoculation, 0.5 ml of jugular blood was collected from each animal into a plain sterile *bijou* bottle and kept at -70°C for viraemic assay. 2.5 ml of the same blood was dispensed into a plastic container with crystals of ethylene diamine tetra-acetate-EDTA (Seward, U.K.) as the anticoagulant. Another 1 ml of blood from each animal was placed in a *bijou* bottle containing 0.1 ml of double oxalate mixture for the determination of the clotting factors. Finally, another 5 ml of blood was collected into plain sterile universal bottles or vacutainer tubes for serology and biochemical analysis. Animals that survived beyond the first ten days were then bled weekly for serology and biochemical assays.

#### *Virus assay*

Viraemia in the infected animals was determined by plaque assay in Vero E6 cell monolayer cultures. Serial 10-fold dilutions of blood from all the infected and control animals were cultured using the Rovozzo method (42). The virus titres were determined and expressed in terms of plaque forming units PFU/ml of blood.

#### *Serological assay*

Following inoculation, antibody development by the infected sheep was measured weekly using the complement fixation (CF) test (45), the haemagglutination-inhibition (HI) test (5) and the plaque reduction neutralization test (NT) (by 80 % inhibition of plaques formed) in Vero E6 cell monolayers in 24-well microtitre plates (14).

#### *Statistical analysis*

The mean values of various parameters measured were compared between breeds with 95 % confidence using Student's t-test.

## ■ RESULTS

### *Infection and clinical findings*

Infection with RVF virus was established in all the inoculated sheep. All of the animals inoculated with both brain and infective serum sources of the virus responded with elevated temperatures (40°C and above) within 24 h. The onset of fever was sharp, with a peak of 42°C between the 2nd and 4th day p.i. in different animals. The early stage of the disease was associated with hyperactivity which was quickly followed by anorexia and weakness in all the infected animals. Other clinical changes included watery and mucoid nasal discharges; watery, projectile and later bloody diarrhoea; increased respiratory rate, nervous signs which included abnormal gait, lateral flexion of the neck and sometimes posterior paralysis. These symptoms were most severe in the Yankasa breed.

The period of fever varied between and within breeds. It lasted between 6 and 7 days in infected WADs, 3-7 days in the Ouda and 3-4 days in the Yankasa. Furthermore, while all 4 Yankasa died during this febrile phase, most of the other WAD and Ouda animals died when the temperature was subsiding or had actually dropped to a state of hypothermia in some animals. During the febrile phase, the animals became dull, weak and had a rough hair coat. On the third day, the animals became inappetent but drank more water. This stage was followed by moderate to severe serous nasal discharges and laboured respiration becoming abdominal at the terminal stage in most of the animals.

Following this period, all the animals became diarrhoeic. The diarrhoea started as watery, projectile expulsion of highly fetid faecal materials, soiling the whole hind quarters. Within one or two days, the diarrhoea became severe and bloody. This was more marked in the Yankasa breed than in the other two. At about the same period, there were subcutaneous and conjunctival haemorrhages characterized by widespread areas of petechiation and ecchymoses, mostly seen in hairless areas.

All WADs and Oudas survived the early stage of pyrexia and widespread haemorrhage, but showed nervous signs which included unsteady gait, quickly followed by lateral flexion of the neck or extension of the neck, straddling of the legs and sometimes posterior paralysis. However, they later entered a state of hypothermia, sternal recumbency and brief coma before death.

The disease ran a peracute course in all the Yankasa sheep and they died on average after 5 days. The course of the disease was longer in the WAD and Ouda breeds, with the animals dying on average after 11 days and 9 days, respectively.

The clinical response and mortality patterns in the animal groups that were inoculated with either mouse infective serum or brain material were similar.

None of the control sheep from the three breeds showed fever or any clinical signs of disease throughout the experiment.

### *Viraemia pattern*

The virus was detected by plaque assay in the blood 24 h p.i. The viraemia titre peaked on the 3rd day in most of the infected animals and on day 2 p.i. in the others. Peak titres of  $10^9$  PFU/ml were observed on day 3 p.i. in two Yankasa and one WAD sheep. Peak titres of  $10^{7.5}$  PFU/ml and above were detected in all the other infected sheep.

There was a gradual clearance of the virus from the blood after the peak titre. The period of viraemia lasted 6 to 7 days in the WAD

and Ouda breeds, while all the Yankasa sheep died during the viraemic stage. Most of the animals died before total clearance of the virus from the blood had been achieved.

Comparison of the animals that received infective mouse serum and brain material did not show any difference in the viraemia titres within the different breeds.

### *Antibody conversions*

Measurable levels of different types of antibodies (table I) showed that the pattern, as well as the levels of CF, HI and NT antibodies, were not affected by the fact that the inoculum was infective serum or brain material.

## ■ DISCUSSION

Subcutaneous inoculation of three breeds of Nigerian indigenous sheep resulted in fatal infection in all the animals. The short incubation period characteristic of natural and experimental RVF virus infection was observed in this study (1, 39, 54). Although there were slight variations in the course of the fever and viraemia between individual animals and breeds, they showed similar patterns. When the animals of the same breed which received either brain or serum infective inoculum were compared, there was no difference either in the onset or the severity of the fever.

The clinical changes observed in RVF virus-infected sheep were similar to earlier findings in both experimental and natural infections. However, different clinical patterns were observed in the three breeds. The course of the disease in the Yankasa sheep was very short, lasting 5 days on average. Following the peaks of fever and viraemia, the animals became diarrhoeic. The diarrhoea in the Yankasa sheep was marked by severe haemorrhage which continued until death. Bloody diarrhoea was less severe in Ouda and WAD sheep. Furthermore, there were petechiations and ecchymoses on the visible mucous membranes and hairless parts of the skin of the Yankasa sheep which were not observed in the other breeds. Dickson (11) and Henning (22) reported bloody diarrhoea in sheep naturally infected with the RVF virus. In addition, RVF virus-infected Yankasa sheep had severe respiratory distress associated with epistaxis, commencing from day 2 p.i. until death. As far as we can establish it, this syndrome has not been described before in either naturally or experimentally RVF virus-infected sheep. Using the classification of the disease's symptomatology proposed by Dickson (11), all the infected animals of the three breeds suffered the acute form of RVF.

## II. HAEMATOLOGY

The pathogenesis of RVF, particularly the events leading to the different complications such as the haemorrhagic syndrome, is still not properly understood. Experimental infection of rats showed prolonged prothrombin time later in the course of the diseases (1), but the severe haemorrhage described in humans in the acute phase cannot be explained by this finding alone (30, 31). We sought to evaluate and compare the changes associated with certain haematological parameters in the three breeds experimentally infected with the Zinga strain of the RVF virus.

## ■ MATERIALS AND METHODS

Between 8:30 and 9:30 a.m. each day for the first 10 days, 2.5 ml of blood from each sheep was collected into a plastic container



with ethylene diamine tetra-acetate-EDTA (Seward, U.K.) as the anticoagulant. This sample was used for the determination of the packed cell volume, haemoglobin concentration, total red and white blood cells, thrombocytes, plasma fibrinogen and differential leukocytes. Another 1 ml of blood from each animal was placed in a *bijou* bottle containing 0.1 ml of double oxalate mixture (2) to determine the clotting factors.

### Laboratory techniques and tests

The packed cell volume (PCV) was determined by the microhaematocrit method (43) using the Hawksley Microhaematocrit Centrifuge (Hawksley and Sons, London) at 1200 g for 5 min.

Haemoglobin (Hb) concentration: the oxyhaemoglobin method (43) was used.

Red blood cell (RBC) and white blood cell (WBC) counts: these were performed by the haemocytometer method, using the improved Hawksley haemocytometer (G. Gurr Ltd., London). The diluting fluid was 0.89 % saline for the RBC count and 1 % acetic acid coloured with gentian violet for the WBC.

Thrombocyte counts: the thrombocytes were enumerated by the Rees-Ecker direct method (52).

Plasma fibrinogen: this was quantified using a TS hand refractometer (American Optical Scientific Instruments Division, Buffalo, N.Y.).

Clotting time: this was determined as described by Kaneko and Cornelius (24).

Prothrombin time: this was estimated by the routine technique (9).

Differential leukocyte counts: thin blood films were prepared on clean microscope slides from EDTA-preserved blood soon after collection. They were stained by the Giemsa technique as described by Lynch *et al.* (27), using either commercially-prepared Giemsa solution or a laboratory solution prepared from powdered Giemsa stain (Sigma, Deisenhofen, Germany). The films were used to obtain WBC differential counts for which 200 cells were counted and classified.

### Statistical analysis

The differences between the mean values of various parameters in the three breeds were compared using Student's *t*-test.

## RESULTS

### Red blood cell values

The mean PCV decreased from the pre-infection values of 29.3 %, 30.0 % and 30.3 % to 19.3 %, 17.5 % and 21.0 % on day 5 p.i. for WAD, Yankasa and Ouda breeds, respectively. The mean PCV of the two Oudas that survived up to day 9 was 16.5 %. By the time each of the infected animals of each breed died, its PCV had declined to about 50 % or more of the pre-infection value. In the WAD and Ouda breeds that survived beyond day 5 p.i., blood loss became very severe by day 7 p.i., after which animals in all the groups succumbed to infection with the RVF virus. When the red cell indices of infected and control animals of the same breed were compared at different stages of infection, the results showed lower PCV, Hb concentration and total red cell counts from day 3 p.i. in the Yankasa and, from day 5 p.i., in WAD and Ouda. Generally, slight variations occurred in the responses of individual animals within each breed. No alterations were found in the red blood cell parameters of control sheep of the three breeds throughout the period of the experiment.

### White blood cell values

Slight variations occurred in the white blood cell changes between the breeds. The values declined gradually but were not significantly different from the pre-infection level ( $t_{df4}=1.3$ ,  $P>0.50$ ) or between control and infected ( $t_{df4}=1.4$ ,  $P>0.50$ ) WAD sheep. However, the total leukocyte counts in the infected Yankasa and Ouda sheep were significantly ( $t_{df4}=4.9$ ,  $P<0.001$  and  $t_{df4}=5.5$ ,  $P<0.005$ ) lower than the values for the control sheep of the same breed by day 5 p.i. and 7 p.i., respectively. The neutrophilic responses of the three breeds were different. West African Dwarf sheep showed marked neutrophilia from 3 p.i. until day 9 p.i., when 3 of the 4 infected WAD sheep died. Similarly, the Ouda sheep showed initial neutrophilia which progressed until day 7 p.i., followed by severe neutropaenia from day 9 p.i. until all the sheep in the group had died. Conversely, the Yankasa sheep had consistent neutropaenia throughout the period of infection with the virus. By day 5 p.i., the mean neutrophil value in the Yankasa sheep had dropped by 28.2 % (from  $489.4\pm 46.8$  to  $352.0\pm 235.3/\mu\text{l}$ ). The lymphocyte counts declined to severely low levels before the death of the animals in all three breeds. The level was significantly lower in the infected sheep than in the control sheep by day 3 p.i. in the Yankasa, day 5 p.i. in the Ouda and day 9 p.i. in the WAD breed ( $t_{df4}=5.5$ ,  $P<0.005$  for Yankasa and  $t_{df4}=54.4$ ,  $P<0.001$  for Ouda).

There was no significant difference in the eosinophil and basophil values of the infected and control sheep from each breed. In addition, the white blood cell series of the control sheep from the three breeds showed no significant variation throughout the period of this study.

### Coagulation factors

The infection led to thrombocytopenia which was progressive in the WAD and Ouda breeds but rapid in the Yankasa breed. While the thrombocyte values increased again on day 9 p.i. in the WAD sheep, the fall progressed in the Yankasa and Ouda breeds until the sheep died. There was no significant difference ( $t_{df4}=14.29$ ,  $P=0.6<P<0.7$ ) between the infected and control WAD sheep throughout the period of the infection. The difference in the thrombocyte levels in the infected and control Yankasa and Ouda breeds became significant ( $t_{df4}=2.93$ ,  $P<0.05$  and  $t_{df4}=2.9$ ,  $P<0.05$ , respectively) from day 5 post-infection.

Plasma fibrinogen fluctuated slightly throughout the period of infection but was not different from the control sheep of the same breed. The prothrombin time (PT) increased progressively in the Yankasa and Ouda breeds from day 3 p.i. to a high level on day 5 p.i. and continued until all the sheep of both breeds died. The PT also increased in the infected WAD sheep compared with the controls.

The clotting time was progressively prolonged in all the infected animals but remained relatively stable in the controls. As with the other coagulation factors, the clotting time was most prolonged in the Yankasa, reaching twice the zero-day value by day 3 p.i. The second most prolonged clotting time was found in the Ouda breed. It was initially only moderately prolonged in the WAD sheep but also became severely prolonged by day 16 p.i.

## DISCUSSION

There is very little information on haematological disorders associated with RVF virus infection in humans and domestic animals. An investigation of the human haemorrhagic form of

RVF during the 1977/78 epizootic by Boctor (4) and Laughlin *et al.* (25) showed certain haematological disorders in affected humans. Easterday (15) also reported alterations in the blood parameters of naturally infected animals. Under experimental conditions, Peters *et al.* (39) reported prolonged PT, disseminated intravascular coagulation, leukopaenia, thrombocytopenia and microangiopathic haemolytic anaemia in rhesus macaque monkeys experimentally infected with the ZH-501 strain of the RVF virus.

Studies of the mechanism of anaemia in RVF have indicated that many factors may be involved, although the anaemia is essentially haemorrhagic. In a study by Peters *et al.* (39), 3 of 15 rhesus macaque monkeys inoculated intravenously with the ZH-501 strain of the RVF virus had haemorrhagic fever syndrome. The workers suggested the involvement of the vascular endothelium and liver damage in the pathogenesis of haemorrhage in the infected monkeys. In this study, all the Yankasa sheep died during the early phase of the disease as a result of severe haemorrhage leading probably to hypovolaemic shock. Haemorrhage was moderate but also progressed till death in the WAD and Ouda breeds. The present results show that a haemorrhagic syndrome in animals can follow infection with certain strains of the RVF virus even by the subcutaneous route of infection. Earlier experimental infection of WAD sheep with other strains of the RVF virus (18, 48) did not result in the haemorrhagic syndrome observed in this study. Haemorrhage in the infected sheep probably resulted from a combination of factors. There was direct damage of the vascular endothelium in many organs, as evidenced by severe external bleeding in Yankasa sheep and intravascular coagulation and haemorrhage found in many organs (see Pathology). The animals also exhibited severe thrombocytopenia, prolonged prothrombin time (PT) and consequently the prolonged bleeding time found. Prolonged PT probably resulted from liver necrosis. It is therefore reasonable to suggest that the haemorrhage which occurred in the animals was initiated by destruction of the vascular endothelium and precipitated by an inability of the blood to clot due to severe thrombocytopenia and poor supply of prothrombin as a consequence of severe hepatic necrosis.

### Leukocyte response

The leukocytic response reported by other workers in humans (25) and animals (15) included initial leukocytosis followed by lymphocytic leukopaenia. The results of this study follow a similar pattern. In all the infected sheep, leukocytosis occurred 3 days p.i. At this stage, neutrophilia occurred as the initial response of the animals to the virus infection because of tissue damage under inflammatory conditions or as a general response to stress conditions (13). A similar situation was observed at the onset of experimental disease in the case of infection of WAD goats with *peste des petits ruminants* virus (PPR) (34). The prolonged neutrophilia found in WAD sheep compared with the other breeds in this study may be a breed-specific reaction, because none of the animals showed any evidence of bacterial infection clinically or during post-mortem examination.

The exact mechanism of lymphopaenia is not clearly understood. However, the results of microscopic examination of the lymphoid tissues of the animals in this study show necrosis of the lymphocytes which indicates cytolytic destruction of the lymphocytes by the virus. Lymphopaenia could also result in limited antibody response to the virus by the animals, as reported earlier (see part I). It is not known if there are specific receptors for the RVF virus on sheep lymphocytes, but a similar phenomenon was reported concerning bovine rinderpest (3) and *peste des petits ruminants* (33, 34).

## III. BIOCHEMISTRY

### ■ MATERIALS AND METHODS

Sampling methods have been described previously.

#### Laboratory analysis

**Protein:** total plasma protein was determined by a modified Biuret reaction (41) and albumin (12) using a sequential multiple analyzer 12/60 (Technicon Instruments Co., New York, USA). The plasma globulin was estimated by the difference between the total protein concentration and the albumin concentration.

**Creatinine:** the level was determined by a modified method using Laffe's avcaline pocrate (51).

**Sodium and potassium:** the value was determined by flame photometry using an Elvi 655 photometer (13).

The other parameters were determined using a sequential multiple analyzer 12/60, as follows: carbon dioxide (bicarbonate concentration) and chloride were measured as described by Skeggs and Hochstrasse (47), calcium was estimated by the modified method of Gilelman (21), inorganic phosphate as described by Horst (23) and urea nitrogen as described by Marsh (28).

**Liver enzymes:** serum aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) were measured by the colorimetric method (51).

#### Statistical analysis

The mean values of different parameters in infected and control sheep of each breed were compared with a 95 % degree of confidence using Student's t-test.

### ■ RESULTS

#### Changes in protein levels

There was an initial sharp fall to less than 50 % of the pre-infection values of total protein, albumin and globulin by day 3 p.i. in all breeds. The value of the proteins was lower in infected sheep than control sheep of each breed by day 3 p.i. The albumin level dropped progressively until day 5 p.i. in the Yankasa sheep, day 9 p.i. in the WAD sheep and terminally in the Ouda sheep. However, the globulin level increased steadily from day 5 p.i. until death in all the infected animals (table I). By the time each animal had died, the globulin value was higher than the pre-infection value or the value in the WAD and Ouda control sheep. The infected WAD and Ouda sheep survived beyond day 5 p.i.

#### Creatinine and blood urea nitrogen

The creatinine levels of the three breeds only increased slightly throughout the course of the disease (table I). However, this was not significant. On the other hand, the BUN levels rose sharply and progressively following infection until the animals died. The increase in the BUN of infected sheep was significantly higher than the control sheep by day 5 p.i. in the Yankasa and Ouda breeds and similarly by day 7 p.i. in the WAD breed ( $t_{df4}=7.6$ ,  $P<0.005$ ;  $t_{df4}=2.95$ ,  $P<0.05$  and  $t_{df4}=7.6$ ,  $P<0.005$ , respectively).

#### Serum electrolytes (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

The infection of sheep with the RVF virus was characterized by a gradual fall in the values of both electrolytes (table II). While the

TABLE I

Mean values of antibodies and some biochemical parameters  
of three breeds of sheep experimentally infected with the Zinga strain of the RVF virus

Parameter (units)	W. AFR. DWARF				YANKASA				OUDA			
	Control		Infected		Control		Infected		Control		Infected	
	day 5	day 9	day 5	day 5	day 5	day 9	day 5	day 9	day 5	day 9	day 5	day 9
	n = 2	n = 2	n = 4	n = 3	n = 2	n = 2	n = 4	n = 1	n = 2	n = 2	n = 4	n = 2
CF antibody (titre)	0	0	4	32	0	0	4	4	0	0	8	16
HI antibody (titre)	0	0	10	128	0	0	0	10	0	0	10	40
NT antibody (titre)	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	20
Total protein (g/dl)	6.8	6.6	4.2	4.1	6.9	6.8	4.1	7.4	5.9	5.7	3.9	5.0
Albumin (g/dl)	5.3	5.5	2.5	1.6	5.2	5.4	3.0	2.0	4.5	4.6	2.5	2.1
Globulin (g/dl)	1.5	1.1	2.2	3.1	1.7	1.4	1.0	5.5	1.4	1.1	1.5	2.8
BUN (mg/dl)	27.6	28.2	29.9	15.6	29.4	30.1	32.9	10.8	24.5	22.7	43.9	22.4
Creatinine (mg/dl)	3.3	3.3	3.8	4.0	3.3	3.4	3.2	3.7	3.3	3.4	3.3	3.7
AST (SF unit/ml)	8.0	7.5	24.5	40.3	11.0	12.5	24.5	28.0	13.0	13.0	17.0	28.5
ALT (SF unit/ml)	20.5	20.5	44.8	40.1	22.5	23.0	38.0	52.0	24.0	23.0	37.3	41.0

TABLE II

Mean values of some serum electrolytes of three breeds of sheep infected with the Zinga strain of the RVF virus

Parameters (units)	W. AFR. DWARF				YANKASA				OUDA			
	Control		Infected		Control		Infected		Control		Infected	
	day 5	day 9	day 5	day 9	day 5	day 9	day 5	day 9	day 5	day 9	day 5	day 9
	n = 2	n = 2	n = 4	n = 3	n = 2	n = 4	n = 4	n = 1	n = 2	n = 4	n = 5	n = 2
Sodium (Meq/l)	142.0	143.0	125.0	110.3	137.0	138.0	123.8	112.0	141.5	143.0	127.3	112.5
Potassium (Meq/l)	6.8	6.7	6.8	13.4	6.8	6.6	9.6	12.0	8.1	8.2	6.8	12.5
Bicarbonate (Meq/l)	21.5	22.0	22.0	23.0	19.0	18.2	20.5	21.0	19.0	18.1	20.0	20.0
Chloride (Meq/l)	102.5	104.0	91.8	72.0	99.0	101.0	90.0	84.0	98.0	101.0	89.3	83.0
Calcium (mg/dl)	9.2	9.1	8.3	9.3	8.4	8.2	7.4	6.3	9.1	9.0	8.4	8.5
Phosphate (mg/dl)	6.9	6.8	7.1	7.0	5.2	5.4	5.5	6.7	6.3	6.4	6.1	6.0

sodium levels fell progressively until all the infected animals died, there was a slight rise in the potassium values on day 3 p.i. in Yankasa and on day 7 p.i. in the WAD and Ouda breeds. The level continued to rise progressively until the animals died.

There was a gradual decline in the level of chloride ions during the course of the disease while bicarbonate levels fluctuated slightly.

### **Serum calcium and phosphate**

Throughout the period of the experiment, there was no appreciable difference in the calcium and phosphate values of RVF virus-infected and control sheep from all three breeds (table II).

### **Liver enzymes**

Abnormalities in the liver function tests were detected from day 3 p.i. in all infected sheep of the three breeds (table I). The increase was highest in the WAD, followed by the Yankasa and Ouda, in that order. By day 5 p.i., the level of ALT in the serum of infected sheep was significantly ( $t_{df4}=4.6$ ,  $P=0.01$ , and  $t_{df4}=2.93$ ,  $P<0.05$ , respectively) higher than in control sheep in the WAD and Yankasa sheep. The same applied to Ouda sheep by day 9 p.i. ( $t_{df4}=2.9$ ,  $P<0.05$ ). The increase in the level of AST in the infected sheep was significantly higher by day 3 p.i. in WAD sheep, by day 5 p.i. in Yankasa sheep and by day 9 p.i. in Ouda sheep when compared with the levels in the controls of each breed over the same period ( $t_{df4}=6.0$ ,  $P<0.005$ ;  $t_{df4}=7.0$ ,  $P<0.005$  and  $t_{df4}=12.9$ ,  $P<0.01$ , respectively).

### ■ DISCUSSION

The assessment of blood proteins during the course of RVF in experimentally infected sheep showed a similar pattern in the three breeds. The initial fall in the level of the proteins coincided with the stage of clinical haemorrhages and the external blood loss resulted in loss of the proteins into tissues. This is supported by the fact that the Yankasa breed, which suffered the worst haemorrhages, showed the most rapid fall in the level of total plasma protein. Hypoproteinaemia is a known characteristic of acute blood loss in animals (13). As a regenerative response, there was a gradual increase in the total plasma protein from day 5 p.i. in all the breeds. Apart from the Yankasa sheep which died within 5 days p.i., the globulin levels increased steadily until the animals died, but the albumin levels declined. The increased total protein observed was due to the increased globulin but the rate of albumin replacement could not compensate for the amount lost through bleeding vessels and damaged mucosal epithelial surfaces.

In this study, there was a progressive increase in the BUN levels. This shows that the kidneys were severely and progressively damaged by the virus, with up to 75 % of the nephrons becoming non-functional (3). Kidney damage in the infected animals was evident at post-mortem. Uraemia is an important complication of increased BUN levels. It may also be an important cause of death in animals or humans infected with the RVF virus.

Measurement of the electrolytes at different stages of RVF virus infection in sheep showed significant disturbances which could lead, either alone or in concert, to the death of the infected animals. Water and electrolyte disorders are important complications of liver and kidney diseases typical of the type seen in the animals infected with the RVF virus in this study. This hepatorenal syndrome occurred in the RVF virus-infected sheep. In addition, sodium depletion occurs in animals as a result of diarrhoea (24). Sodium depletion leads to extracellular hypovolaemia and, if it continues, leads to classical signs of dehydration, with an increase of the plasma urea concentration and haemoconcentration. A

build-up of plasma urea as a result of hyponataemia might have contributed to the high BUN levels found in the animals. The hyperkalaemia found in this study resulted from increased haemolysis leading to an excessive release of potassium from red blood cells into the extracellular fluid, mainly into the blood. The situation was compounded by the inability of the damaged kidneys to excrete potassium. Hyperkalaemia is a known complication of acute renal failure (13) and the major effect of hyperkalaemia is cardiac arrest (24). The hypochloridaemia encountered in this study may have been a direct consequence of hyponatraemia because chloride concentration is regulated passively by electrical gradients established by active sodium ion transport across cell membranes (13).

The two liver enzymes measured during the course of RVF in this study showed similar patterns in all the infected animals of the three breeds. The findings are consistent with earlier reports in natural human (46) and experimental animal (15) infection with the RVF virus. The period of elevation of both enzymes coincided with the period of elevated viraemia and, therefore, with the active replication of the virus in the liver. According to Duncan and Prasse (13), the magnitude of the increase is directly proportional to the number of hepatocytes affected. The fact that many hepatocytes looked normal microscopically (data not shown) at the stage when the Yankasa sheep died with concurrent high levels of liver enzymes in the serum showed that the early effects of the virus on hepatocytes may only be detected at the biochemical level (29). It also shows that an important effect of the RVF virus on cell structure is an alteration of the permeability of the cell membrane.

## IV. PATHOLOGY - INFECTIVITY

### ■ MATERIALS AND METHODS

#### ***Necropsy of animals and histopathology***

A complete post-mortem examination was performed on each animal as soon after death as possible and any gross lesions were recorded. The tissues were kept in sterile bottles and stored at  $-70^{\circ}\text{C}$  for an infectivity assay and evaluation of the organ distribution of RVF virus complement fixing antigens (CF). Thin sections of tissues were fixed in a 10 % buffered neutral formalin solution. Standard paraffin sections were cut at 5 to 6 microns and stained with haematoxylin and eosin (8). The following special staining methods were also employed: Giemsa for inclusion bodies, Prussian blue for haemosiderin and Mallory's phosphotungstic acid haematoxylin method for fibrin (8).

#### ***Organ infectivity***

The virus concentration in each organ was detected using 1 g of tissue previously frozen at  $-70^{\circ}\text{C}$  in a plaque assay using Vero E6 cell monolayers in 24-well microtitre plates (42). The infectivity titre was calculated in terms of plaque forming units/g in each organ tested.

#### ***Organ distribution of RVF antigens***

A 10 % suspension of each organ from infected animals, stored until then at  $-70^{\circ}\text{C}$ , was made in medium 199. A 10-fold serial dilution of each organ suspension was made in microtitre u-plates and the titre of RVF virus CF antigen contained was determined by the method of Sever (45).

## ■ RESULTS

### Gross lesions

The necropsy observations in all the infected sheep of the same breed were fairly uniform but varied in degree between the breeds. The Yankasa which ran a peracute course of the disease presented severe haemorrhagic manifestations, while the WAD and Ouda had severe hepatic necrosis with some degree of haemorrhagic manifestations.

Externally, the animals had their hind quarters soiled with blood-stained faecal material, petechiations and ecchymosis on the conjunctivae, oral mucosa, anal regions and other hairless parts of the body. All the animals had a serous oculonasal discharge and crusts on the nostrils, oral commissures and both canthuses of the eyes.

Respiratory lesions included hyperaemic turbinates and lesions of the nasal septum. Mucoid exudates filled the nasal cavities in the WAD and Ouda sheep. In all the Yankasa sheep, the nasal cavities, the trachea and the bronchi were completely occluded with blood clots. Blood-tinged frothy exudates in the WAD and Ouda sheep and frank blood in the Yankasa sheep oozed out from cut surfaces of the lungs after little or no pressure. The bronchial lymph nodes were highly oedematous and haemorrhagic in all the carcasses. The heart was very flabby and all the chambers of the heart were filled with blood clots which assumed the shape of each chamber in the infected animals. There were ecchymotic haemorrhages on the pericardial and endocardial surfaces of the heart and the myocardium appeared "cooked". In the Yankasa and Ouda sheep, the aorta and other large blood vessels contained blood clots. There was subcutaneous haemorrhage in all the carcasses. There were hyperaemia and focal haemorrhages along the gastrointestinal tract of all the animals and fibrin casts were found in the stomach and intestines of all the Yankasa sheep. The mesenteric lymph nodes were highly enlarged, oedematous and hyperaemic. There was marked hydroperitoneum in all the Yankasa sheep. The liver was severely congested, moist, heavy and slightly friable with pinpoint areas of necrosis on all the lobes and blood oozed out freely from cut surfaces in all the Yankasa sheep. The spleen was slightly enlarged in the Yankasa but shrunken and firm in the WAD and Ouda sheep. The pancreas was congested with prominent blood vessels in all the carcasses. The kidneys were pulpy and bulged on cut surfaces. There were petechiations on both the serosal and cut surfaces and the renal artery contained blood clots. The adrenal glands were enlarged and congested. The meningeal blood vessels of the brain were prominent and engorged with blood clots in all the carcasses. Cut surfaces of the brain also showed engorged blood vessels and petechiation. The cerebrospinal fluid was tinged with blood.

### Microscopic lesions

The Yankasa sheep that died within 5 days of infection essentially showed haemorrhagic lesions with mild pathology in other organs. The alveoli were filled with oedema fluid and sometimes haemorrhages. The blood vessels were markedly congested with sludging and fibrin thrombi. There were focal haemorrhages in the heart muscles and blood vessels were congested with areas of intravascular coagulation. The intestines showed necrotic debris and blood in the lumen. There was marked hyperplasia and desquamation of the intestinal epithelium and the lamina propria was heavily infiltrated by inflammatory cells. The lymph nodes showed vascular congestion, intravascular coagulation and severe haemorrhage. Similar lesions were found in the kidney and the brain.

Other animals showed more severe lesions as well as mild to moderate haemorrhage in almost all the organs. The lesions included intravascular coagulation in the blood vessels of the liver, marked coagulative hepatic necrosis with both intranuclear and intracytoplasmic inclusion bodies. There were perivascular lymphocytic cuffing and moderate to severe lymphoid depletion of the follicles of both the spleen and lymph nodes. There was necrosis of the lymphoid cells and the macrophages were heavily laden with necrotic debris, erythrocytes and haemosiderin pigments. The kidneys showed marked tubular degeneration characterized by desquamation of the tubular epithelium and proteinaceous casts in the lumen. The central nervous system lesions included vascular congestion, intravascular coagulation, mild gliosis, neuronal degeneration, neuronophagia and satellitosis. The spinal cord showed mild hyperplasia of the ependymal cells and the epithelium of the spinal canal. There was also demyelination of the neurones and the spinal canal contained protein casts. There were intracytoplasmic inclusion bodies in the neurones of the cerebrum, cerebellum, brain stem and spinal cord.

In all the organs, the inflammatory infiltrates in the tissues were mixed and mainly comprised of lymphoid cells, neutrophils and histiocytes. Histopathologic lesions were observed in the adrenal glands, salivary glands, pancreas, ovaries, testes and eyes, but were rarely significant.

### Organ infectivity and complement fixing antigen

Titration of organ homogenates of sheep succumbing to RVF showed high virus titres in the liver, spleen, lungs, lymph nodes and kidneys. The highest virus titre was found in the organs of Yankasa sheep, followed by the titre in Ouda sheep and that in the WAD sheep. Generally, the amount of CF antigen in the different organs of each animal followed the pattern of the infectivity virus titres. However, CF antigens were detected in some organs without infective virus, even in those animals which died during the viraemic stage.

## ■ DISCUSSION

The gross and microscopic lesions found in infected sheep were similar to those previously described in natural (10, 20, 44) and experimental (6, 16, 17) RVF in sheep. However, unlike most earlier reports where the lesions were confined to the liver with secondary spread to other organs, varying degrees of pathological changes were found in many organs of the infected animals in this study. This observation shows that Zinga RVF is pantropic. Using Nigerian Smithburn and Lunyo strains of the RVF virus, Tomori (48) found hepatic necrosis in only one WAD sheep that died after abortion following infection with the RVF virus. The same breed of sheep had widespread lesions when inoculated with Zinga RVF virus in this study. Furthermore, the infection of sheep also produced severe pulmonary congestion and oedema unlike the slight congestion and oedema reported by Coetzer (6). On the other hand, Daubney *et al.* (10) did not observe such changes in the lungs of sheep examined during an RVF epizootic. Another significant finding in this study is the severe cardiac dilation and the presence of blood clots in the heart chambers when the animals died. These changes strongly suggest that there was cardiac failure shortly before the animals died. It is also interesting that all the animals examined showed evidence of intravascular coagulation in their organs. This finding confirms earlier speculation that an important mechanism of the haemorrhagic form of RVF is the formation of disseminated intravascular coagulation (7). This syndrome was reported in human RVF in Egypt (25) and more

recently by Peters *et al.* (39) in experimentally infected monkeys. The current observations of disseminated intravascular coagulation show that, with the appropriate strain of RVF and a susceptible host, the classic haemorrhagic form of the disease can occur. Out of the three breeds of sheep in this study, the Yankasa showed the severest haemorrhagic syndrome in both clinical and pathological terms. The breed can therefore serve as a useful model for studying the detailed mechanism of haemorrhage in RVF.

So far, there have been few reports concerning the pathology of the RVF virus in the central nervous system of sheep. Daubney *et al.* (10) and Easterday *et al.* (16) did not observe pathological changes in the brains of the sheep they examined. Other workers reported mild degenerative changes of the neurones (44) and congestion and oedema of the brain (6). The infection of sheep with the Zinga strain of the RVF virus in this study produced advanced central nervous system pathology. Although the lesions described were found in all the infected animals, they varied in degree and distribution, depending mainly on the duration of the disease before death. This observation shows that the type of pathology that will occur under natural conditions will depend largely on the stage of the disease reached before death.

The organ infectivity assay in all the animals showed the presence of high concentrations of the virus in many organs. Higher virus titres were found in the organs of animals that died early. This may be associated with the high level of viraemia which characterized the disease. However, high titres of virus were also found in the organs of other animals, including those that died after the viraemia stage. This shows that replication of the virus probably continued in some organs after viraemia and supports the observation of Yedloutschnig *et al.* (54) that sheep can appear to recover from RVF and can be clinically normal, but that the carcass still remains infective when slaughtered. The detection of higher virus titres in the brains of animals that died later in the course of the disease supports the speculation that brain involvement in RVF occurs as a delayed complication of the disease.

Except in the salivary and adrenal glands, where CF antigen was detected without infective virus, the amount of CF antigen found in the organs was closely related to the infectivity titre in the different organs. Many of the organs can therefore serve as sources of CF antigen for the identification of the RVF virus in the tissues.

#### V. GENERAL CONCLUSION

Experimental infection of three indigenous breeds of sheep in Nigeria, namely West African Dwarf (WAD), Yankasa and Ouda resulted in fatal disease with Zinga RVF virus. Infected sheep of the three breeds responded by pyrexia within 24 h of infection. Fever peaked between day 2-4 p.i. and lasted 6 to 7 days. Viraemia coincided with pyrexia and peaked ( $10^9$  PFU/ml) 3 days p.i. in two Yankasa and one West African Dwarf sheep. Peak titre of  $10^{7.5}$  PFU/ml and above was detected in all other infected sheep. Infected sheep showed characteristic clinical changes which included hyperactivity, watery and mucoid nasal discharges, watery projectile and bloody diarrhoea, external haemorrhage and manifestations of nervous disorders. Viraemia was followed by mild antibody development in all the infected sheep. There was severe external haemorrhage in the Yankasa sheep, but mild to moderate in the other breeds.

Haematological changes included a sharp fall in the packed cell volume, haemoglobin concentration and total red blood cell count during the course of the disease. There were thrombocytopenia, prolongation of the prothrombin and clotting times in all the infected sheep. Infected animals also showed progressive leucopenia, which was associated with severe lymphopenia. Total protein dropped sharply during the early phase of the disease, but rose gradually from day 5 p.i. The rise was associated with gradual increase in the globulin level from day 5 p.i. On the other hand, the albumin level decreased progressively until the animals died. There was a significant increase in the level of blood urea nitrogen in all the infected animals from day 3 p.i., that continued until death.

Gross and microscopic examinations of the carcasses of all the infected animals showed significant lesions in many organs, which demonstrates that the Zinga RVF virus is pantropic for sheep and can also cause disseminated intravascular coagulation in this species.

#### Acknowledgements

This work was supported by the University of Ibadan Senate Small grant, the Wellcome Trust Fund (Nigeria) and a Visiting Fellowship grant provided to O. D. Olaleye by the German Academic Exchange Programme (DAAD). We thank Mr. Eke Ndimele of the Department of veterinary Pathology, Mr. John Agajima and the staff of the experimental animal house of the Department of Virology, University of Ibadan for their technical assistance.

#### REFERENCES

- ANDERSON G.W. jr, SLONE T.W. jr, PETERS C.J., 1987. Pathogenesis of Rift Valley Fever in inbred mice. *Microbiol. Pathol.*, **2** (4): 283-294.
- BENJAMIN M., 1961. An outline of veterinary clinical pathology, 1st ed. Ames, Iowa, USA, Iowa State University Press, p. 25-60.
- BLOOD D.C., HENDERSON J.A., RADOSTITS O.M., ARUNDEL J.H., GRAY C.C., 1979. Rinderpest. In: *Veterinary Medicine*, 5th ed. London, United Kingdom, Baillière Tindall, p. 23-35.
- BOCTOR W.M., 1978. The clinical picture of Rift Valley Fever in Egypt. *J. Egypt. public Health Assoc.*, **53**: 177-180.
- CLARKE D.H., CASALS J., 1958. Techniques for haemagglutination and haemagglutination-inhibition test with arthropod-borne viruses. *Am. J. trop. Med. Hyg.*, **7**: 561-573.
- COETZER J.A.W., 1977. The pathology of Rift Valley Fever: I. Lesions occurring in natural cases in new-born lambs. *Onderstepoort J. vet. Res.*, **44** (4): 205-212.
- COSGRIFF T.M., JAHRLING P.B., CHEN J.P., HODGSON L.A., LEWIS R.M., GREEN D.E., SMITH L.I., 1987. Studies of the coagulation system in arenaviral haemorrhagic fever: Experimental infection of strain 13 guinea pigs with Pichinde virus. *Am. J. trop. Med. Hyg.*, **36** (2): 416-423.
- CULLING C.F.A., 1974. Handbook of histopathological and histochemical techniques, 3rd ed. London, United Kingdom, Butterworth, p. 29-50, p. 489-528.
- DAUBNEY R., HUDSON J.R., GRAHAM P.C., 1931. Enzootic hepatitis or Rift Valley Fever: an undescribed virus disease of sheep, cattle and man from East Africa. *J. Pathol. Bacteriol.*, **34**: 545-579.
- DIACE J.V., LEWIS S.M., 1974. Practical haematology, 4th ed. Belfast, N. Ireland, University Press, p. 267-268.
- DICKSON J.L., 1951. Rift Valley Fever in the Union. *J. S. Afr. vet. Med. Assoc.*, **22**: 110-111.
- DOUMAS A., 1971. Technicon auto-analyzer manual. New York, USA, Technicon Instruments Co., p. 450-500.

## Fièvre de la Vallée du Rift chez des moutons nigériens infectés expérimentalement

13. DUNCAN J.R., PRASSE K.W., 1977. Laboratory veterinary medicine: clinical pathology, 1st ed. Ames, Iowa, USA, Iowa State University Press.
14. EARLEY E., PERALTA P.H., JOHNSON K.M., 1967. A plaque neutralization method for arboviruses. *Proc. Soc. exp. Biol.*, **125**: 741-747.
15. EASTERDAY B.C., 1965. Rift Valley Fever. *Adv. vet. Sci.*, **10**: 545-579.
16. EASTERDAY B.C., MCGAVRAN M.H., RONNEY J.R., MURPHY L.C., 1962. The pathogenesis of Rift Valley Fever in lambs. *Am. J. vet. Res.*, **23** (94): 470-479.
17. ERASMUS B.J., COETZER J.A.W., 1981. The symptomatology and pathology of Rift Valley Fever in domestic animals. *Contrib. Epidemiol. Biostat.*, **3**: 77-82.
18. FAGBAMI A.H., TOMORI O., FABIYI A., ISOUN T.T., 1975. Experimental Rift Valley Fever in West African Dwarf sheep. *Res. vet. Sci.*, **18**: 334-335.
19. FERGUSON W., 1959. Identification of Rift Valley Fever in Nigeria. *Bull. Epizoot. Dis. Afr.*, **7**: 317-318.
20. FINDLAY G.M., 1932. Rift Valley Fever or enzootic hepatitis. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **25**: 229-262.
21. GILELMAN H.J., 1967. An improved automated procedure for determination of calcium in biological specimens. *Anim. Biochem.*, **18**: 521.
22. HENNING M.W., 1952. Rift Valley Fever. *J. S. Afr. vet. Med. Assoc.*, **23**: 65-73.
23. HORST H., 1964. The determination of nucleotides phosphorus with chloridehydroxine sulphate reagent. *Can. J. Biochem.*, **62** (2): 87-292.
24. KANEKO J.J., CORNELIUS C.E., 1971. Clinical Biochemistry of domestic animals, 2nd ed., vol. II. New York, USA, Academic Press, p 179-206.
25. LAUGHLIN L., MEEGAN J., STANSBAUGH L., MORENS D., WATERN R., 1979. Epidemic Rift Valley Fever in Egypt: Observations of the spectrum of human illness. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **73**: 630-633.
26. LEE V.H., 1970. Isolation of virus from field populations of Culicoides (*Diptera Ceratopogonidae*) in Nigeria. *J. Med. Entomol.*, **16**: 76-79.
27. LYNCH J.C., MATTSON F.H., MARSH C.L., 1969. *J. Biol. Chem.*, **239**: 2772, cited in KANEKO J.J., CORNELIUS C.E., 1971. Clinical Biochemistry of domestic animals, 2nd ed., vol. II. New York, USA, Academic Press, p. 162-164.
28. MARSH W.H., 1965. Automated and manual techniques for direct method for the determination of blood urea. *Clin. Chem.*, **11**: 624-627.
29. MCINTOSH K., 1990. Diagnostic virology. In: Fields Virology, 2nd ed. New York, USA, Raven Press, p. 419-421.
30. MEEGAN J.M., 1979. The Rift Valley Fever epizootic in Egypt 1977-1978. I. Description of the epizootic and virological studies. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **73**: 618-623.
31. MEEGAN J.M., 1981. Rift Valley Fever in Egypt: an overview of the epizootics in 1977 and 1978. *Contrib. Epidemiol. Biostat.*, **3**: 100-113.
32. MEEGAN J.M., HOOGSTRAAL H., MOUSSA M.I., 1979. An epizootic of Rift Valley Fever in Egypt in 1977. *Vet. Rec.*, **105**: 124-125.
33. OBI T.U., 1979. Clinical and epidemiological studies on PPR in Southern Nigeria. PhD thesis, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.
34. OLALEYE O.D., IKEDE B.O., DUROJAIYE A., 1989. Fluid, electrolytes and haematological changes in experimental peste des petits ruminants virus infection in West African Dwarf goats. *Cytobios*, **58**: 39-51.
35. OLALEYE O.D., BAIGENT C.L., MUELLER G., TOMORI O., SCHMITZ H., 1992. Electron microscopic identification of Zinga virus as a strain of Rift Valley Fever virus. *Res. Virol.*, **143**: 215-218.
36. OLALEYE O.D., TOMORI O., LADIPO M.A., SCHMITZ H., 1995. Human Rift Valley Fever virus infections in Nigeria. *Bull. Epizoot. Dis.* (in press).
37. OLALEYE O.D., TOMORI O., SCHMITZ H., 1995. Rift Valley Fever virus infections in domestic animals in Nigeria. *Bull. Epizoot. Dis.* (in press).
38. OYENUGA V.A., 1967. Agriculture in Nigeria: an introduction. Rome, Italy, FAO, p. 240-266.
39. PETERS C.J., JONES D., TROTTER R., DONALDSON J., WHITE J., STEPHEN E., SLONE T.W. jr, 1988. Experimental Rift Valley Fever in rhesus macaques. *Arch. Virol.*, **99**: 31-44.
40. REED L.J., MUENCH H., 1938. A simple method of estimating fifty percent end-point. *Am. J. Med. Hyg.*, **27**: 493-497.
41. REINHOLD J.G., 1953. Standard methods of clinical chemistry, vol. I. New York, USA, Academic Press, p. 88.
42. ROVOZZO G., 1973. A manual of basic virological techniques. Englewood Cliffs, USA, Prentice-Hall, p. 35-41. (Biological techniques series)
43. SCHALM O.W., JAIN N.C., CARROL E.J., 1975. Veterinary haematology, 3rd ed. Philadelphia, USA, Lea and Febiger, p. 15-81.
44. SCHULZ K.C.A., 1951. Rift Valley Fever epizootic. *J. S. Afr. vet. Med. Assoc.*, **22**: 113-120.
45. SEVER J.L., 1962. Application of a microtechnique to viral serological investigations. *J. Immunol.*, **88**: 320-329.
46. SHOPE R.E., 1985. Rift Valley Fever. In: Fields virology, 1st ed. New York, USA, Raven Press, p. 1055-1088.
47. SKEGGS L.T., HOCHSTRASSE H., 1964. Multiple sequential analysis. *Clin. Chem.*, **10**: 918-936.
48. TOMORI O., 1979. Clinical, virological and serological responses of West African Dwarf sheep to experimental infections with different strains of Rift Valley Fever virus. *Res. vet. Sci.*, **26**: 152-159.
49. TOMORI O., 1980. Rift Valley Fever virus infection in man in Nigeria. *J. med. Virol.*, **5**: 343-350.
50. TOMORI O., FABIYI A., SORLUNGBE A., MCCORMICK J.B., 1988. Viral haemorrhagic fever antibodies in Nigerian populations. *Am. J. trop. Med. Hyg.*, **38** (2): 407-410.
51. TORO A., ACKERMAN J., 1975. Clinical biochemistry. London, United Kingdom, Academic Press, p. 75-105.
52. WINTROBE J., 1974. Clinical haematology, 7th ed. Philadelphia, USA, Lea and Febiger, p. 81-95.
53. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1987. Rift Valley Fever. *Wkly. epidemiol. Rec.*, **62**: 361-368.
54. YEDLOUTSCHNIG R.J., DARDIRI A.H., WALKER J.S., 1981. The response of ponies to inoculation with Rift Valley Fever virus. *Contrib. epidemiol. Biostat.*, **3**: 60-67.

**Résumé**

**Olaleye O.D., Tomori O., Fajimi J.L., Schmitz H.** Infection expérimentale de trois races de moutons nigériens avec la souche Zinga du virus de la fièvre de la Vallée du Rift

L'infection expérimentale de trois races de mouton du Nigeria, les moutons Djallonké, Yankasa et Oudah, provoqua la maladie mortelle causée par la souche Zinga du virus de la fièvre de la Vallée du Rift. Dans les 24 h qui suivirent l'infection, les animaux infectés eurent de la fièvre qui dura 6 à 7 jours. Elle atteint son degré le plus élevé entre le 2ème et le 4ème jour post-infection (p.i.). Une virémie apparut avec la fièvre et atteint son niveau maximum ( $10^9$  PFU/ml) 3 jours p.i. chez les moutons Yankasa et Djallonké mais avec les titres les plus élevés ( $10^{7,5}$  PFU/ml) chez les moutons Oudah. L'infection des moutons par la souche Zinga du virus de la fièvre de la Vallée du Rift fut caractérisée par une hyperactivité, des écoulements nasaux séro-muqueux, une diarrhée sanglante et très liquide, une hémorragie externe et des manifestations cliniques de troubles nerveux. La virémie fut suivie d'un faible taux de développement des anticorps chez tous les moutons infectés. Les transformations hématologiques comportèrent une forte baisse de l'hématocrite, de la concentration d'hémoglobine et du taux des globules rouges pendant l'évolution de la maladie. Ces transformations furent les plus graves chez les moutons Yankasa, puis chez les moutons Djallonké et Oudah. La thrombocytopenie, les prolongations du temps de la prothrombine et de la coagulation furent observées chez tous les moutons infectés, ainsi qu'une leucopénie progressive associée à une lymphocytopenie. Les teneurs en protéines et en albumine baissèrent mais celle en globulines augmenta à partir du 5ème jour p.i. Les transformations dans les composants biochimiques du sérum comportèrent une forte augmentation progressive du niveau de l'alanine aminotransférase et de l'aspartate aminotransférase. Les taux de sodium baissèrent graduellement, mais ceux de potassium, bien que stables au début, augmentèrent par la suite jusqu'à la mort des animaux infectés. Il y eut une augmentation importante de l'azote uréique à partir du 3ème jour p.i. qui se poursuivit jusqu'à la mort des animaux infectés. L'examen macroscopique et microscopique des carcasses a montré des lésions importantes dans beaucoup d'organes, y compris des coagulations intravasculaires disséminées.

**Mots-clés :** Ovin - Mouton Djallonké - Mouton Yankasa - Mouton Oudah - Virus fièvre de la vallée du Rift - Souche - Septicémie - Infection expérimentale - Nigeria.

**Resumen**

**Olaleye O.D., Tomori O., Fajimi J.L., Schmitz H.** Infección experimental de tres razas de ovejas nigerianas con la cepa Zinga de la Fiebre del Valle del Rift

El resultado de una infección experimental con el virus de la Fiebre del Valle del Rift Zinga, en tres razas autóctonas de ovejas nigerianas, la Enana del Oeste Africano (WAD), Yankansa y Ouda, fue fatal. Las ovejas infectadas de las tres razas presentaron pirexia en las 24 h post-infección (p.i.), la cual duró de 6 a 7 días, con picos entre el día 2 y 4 p.i. La viremia coincidió con la pirexia, con un pico ( $10^9$  PFU/ml) 3 días p.i. en las Yankansa y las WAD, siendo más elevado ( $10^{7,5}$  PFU/ml) en las ovejas Ouda. La infección de las ovejas con el virus de la Fiebre del Valle del Rift Zinga, se caracterizó por una hiperactividad, descargas nasales mucosas y acuosas, diarreas sanguinolentas y acuosas, en proyectil, hemorragia externa y manifestaciones clínicas de alteraciones nerviosas. Todos los animales infectados presentaron, después de la viremia, un nivel bajo de desarrollo de anticuerpos. Los cambios hematológicos incluyeron una caída dramática en el hematocrito, concentración de Hb y del conteo de glóbulos rojos durante el curso de la enfermedad. Estos cambios fueron más severos en la raza Yakansa, seguidos por las WAD y las Ouda. En todos los animales se observó trombocitopenia, prolongación del tiempo de protrombina y de coagulación. Se observó también leucopenia progresiva asociada a la linfopenia. Los niveles totales de proteína y de albumina se encontraron reducidos, pero el nivel de globulina aumentó a partir del día 5 p.i. Los cambios bioquímicos en los componentes serológicos incluyeron un aumento dramático y progresivo del nivel de alanina aminotransferasa y de aspartato aminotransferasa. El nivel de sodio disminuyó gradualmente mientras que el de potasio fue inicialmente estable y luego aumentó hasta la muerte de los animales infectados. Se observó un aumento significativo en el nivel sanguíneo de nitrógeno ureico a partir del día 3 p.i., el cual continuó hasta la muerte. El examen macro y microscópico de las carcasses de los animales infectados, mostró lesiones significativas en varios órganos, incluyendo coagulación intravascular diseminada.

**Palabras clave :** Ovino - Ovino Djallonké - Ovino Yankasa - Ovino Ouda - Virus fiebre del Valle del Rift - Cepa - Septicemia - Infección experimental - Nigeria.



# Evaluation de la protection vaccinale contre la peste bovine au Cameroun.

## III. Evaluation globale

A. Ngangnou<sup>1</sup> N. Zoyem<sup>1</sup> M. Hamet<sup>1</sup>

S. Abdoukadiiri<sup>1</sup>

### Mots-clés

Bovin - Peste bovine - Peste des petits ruminants - Enquête - Vaccin - Test ELISA - Cameroun.

### Résumé

Le Laboratoire national vétérinaire (LANAVET) de Garoua (Cameroun) exécute le volet séro-surveillance dans le cadre de la Campagne panafricaine de lutte contre la peste bovine (PARC) depuis 1989. En 1993, l'enquête a porté sur 8 517 sérums prélevés dans 286 troupeaux bovins âgés de 0 à 3 ans. Les troupeaux sondés ont été choisis par randomisation dans les six provinces à grand élevage bovin (Extrême-Nord, Nord, Adamaoua, Ouest, Nord-Ouest et Est). Les sérums ont été testés par la technique ELISA de compétition adaptée à la peste bovine par le projet conjoint FAO/AIEA. La prévalence observée a été de 54 p. 100. Deux mille dix sérums issus de 68 troupeaux à faible taux d'anticorps bovipestiques ont été testés par la technique ELISA de compétition, adaptée à la peste des petits ruminants (PPR). Seuls, 91 des sérums (4,5 p. 100) ont présenté des anticorps anti-virus de la PPR, ce qui n'augmente pas de manière significative le niveau de protection du cheptel vis-à-vis de la peste bovine. D'autre part, la faiblesse de l'immunité post-vaccinale contre la peste bovine n'est vraisemblablement pas due à l'infection des bovins par le virus de la PPR. Les différences en anticorps entre les provinces visitées sont statistiquement significatives. Des recommandations sont émises en vue d'améliorer l'efficacité des campagnes de vaccination contre la peste bovine.

### ■ INTRODUCTION

Le Cameroun pratique depuis plusieurs années, des campagnes annuelles de vaccination contre la peste bovine. En vue d'en connaître les résultats, deux campagnes d'évaluation d'immunité post-vaccinale ont été menées dans deux provinces : Adamaoua en 1991, 62 p. 100 de prévalence en anticorps anti-peste bovine ; Nord en 1992, 66 p. 100 de prévalence en anticorps anti-virus de la peste bovine (6, 7). Les résultats sont donc mitigés.

Cependant, le taux de couverture des bovins vis-à-vis de la peste bovine pourrait être sous-estimé. En effet, les animaux porteurs d'anticorps anti-peste des petits ruminants (PPR) sont protégés contre la maladie. Or, les anticorps anti-PPR ne sont pas détectés par le test ELISA de compétition utilisé pour la mise en évidence des anticorps anti-peste bovine. D'autre part, l'infection des bovins par le virus de la PPR a parfois été évoquée par certains responsables des campagnes de vaccination contre la peste bovine pour expliquer le faible pourcentage de séroconversion suite à cette vaccination.

Deux études ont donc été menées en 1993 dans les six provinces à grand effectif bovin :

- l'évaluation du pourcentage d'animaux porteurs d'anticorps bovipestiques dans la population bovine ;

- l'évaluation du pourcentage d'animaux porteurs d'anticorps anti-PPR dans la population bovine à faible taux d'anticorps bovipestiques.

Ces six provinces couvrent une superficie de 305 290 km<sup>2</sup>, soit 64 p. 100 du territoire national (475 000 km<sup>2</sup>). Elles comportent 3 787 000 têtes de bovins, sur un total de 4 360 000 têtes, soit 87 p. 100, réparties en zébus Peuhls et arabes dans les provinces de l'Adamaoua, de l'Ouest, de l'Extrême-Nord, du Nord-Ouest, et en zébus Foulbé, Mbororo, Namchi dans les provinces du Nord, de l'Extrême-Nord (5).

### ■ MATERIEL ET METHODES

#### *Evaluation des anticorps bovipestiques dans la population bovine*

L'enquête a porté sur 8 517 sérums prélevés dans 286 troupeaux. L'unité d'échantillonnage est le troupeau. Le nombre de troupeaux n à sonder a été déterminé suivant la formule classique d'échantillonnage aléatoire :

$$n = p(1-q)ET^2 \quad (12) \quad \text{où :}$$

- ET est l'erreur type pour un intervalle de confiance fixé à 95 p.100 et une précision de 10 p. 100 (0,05)

- p est la prévalence de base (50 p. 100).

1. Laboratoire national vétérinaire (LANAVET), B.P. 503, Garoua, Cameroun.

Quatre degrés d'échantillonnage ont été définis :

1er degré : les provinces - six provinces ont été retenues : Adamaoua, Extrême-Nord, Nord, Est, Ouest, Nord-Ouest ;

2ème degré : tous les secteurs ont été retenus ;

3ème degré : tous les sous-secteurs à effectif important ont été retenus ;

4ème degré : les centres zootechniques et vétérinaires (CZV) ont été classés par ordre croissant d'effectif bovin.

Dans chaque province, chaque secteur, chaque sous-secteur et chaque centre, le nombre de troupeaux à visiter a été déterminé proportionnellement à la charge en bovins. Au niveau des CZV, les troupeaux ont été sélectionnés à l'aide de la table des nombres aléatoires. Dans chaque troupeau, 30 échantillons de sérums ont été prélevés (à raison de 10 échantillons par tranche d'âge : 0-1 an, 1-2 ans, 2-3 ans (11). Les sérums ont été identifiés par un code spécial, transportés au laboratoire dans des coffres isothermes avec glace et conservés à  $-20^{\circ}\text{C}$  en attendant d'être testés.

Les sérums ont été testés par la technique ELISA de compétition adaptée à la peste bovine par le projet conjoint FAO/AIEA (1, 4).

### ***Evaluation des anticorps anti-virus de la peste des petits ruminants dans la population bovine à faible taux d'anticorps bovipestiques***

L'enquête a porté sur 2 010 sérums issus de 68 troupeaux ayant présenté une faible prévalence en anticorps bovipestiques.

Les sérums ont été testés par la méthode ELISA de compétition PPR (kit fourni par le CIRAD-EMVT/CAMDA-OIE) (3).

## ■ RESULTATS

### ***Immunité post-vaccinale contre la peste bovine***

La figure 1 montre la répartition du cheptel dans les provinces visitées.

#### ***Dans les provinces***

Le tableau I montre la prévalence en anticorps anti-peste bovine dans les différentes classes d'âge dans les six provinces visitées ; le tableau II montre la prévalence globale par province.

La province du Nord présente les meilleurs résultats bruts ( $64 \pm 5$  p. 100 séropositifs vis-à-vis de la peste bovine), suivie de la province de l'Adamaoua ( $63 \pm 2$  p. 100 de séropositifs). Les résultats les moins bons sont enregistrés dans les provinces de l'Extrême-Nord et du Nord-Ouest ( $44 \pm 2$  et  $30 \pm 3$  p. 100 d'animaux positifs respectivement).

Les différences de prévalence en anticorps anti-peste bovine entre les six provinces sont statistiquement significatives ( $\chi^2 = 203$  ; d.d.l. = 5 ;  $p < 0,05$ ).

#### ***Dans les tranches d'âge***

Le tableau I montre que le taux d'immunité post-vaccinale est inférieure à 50 p. 100 chez les sujets de moins d'un an ( $39$  p. 100) ; des résultats similaires ont été obtenus dans la province de l'Adamaoua après la campagne de 1991 ( $38 \pm 3$  p. 100), et celle du Nord après la campagne de 1992 ( $46 \pm$  p. 100) (6, 7). Ce taux s'accroît considérablement avec l'âge des animaux.

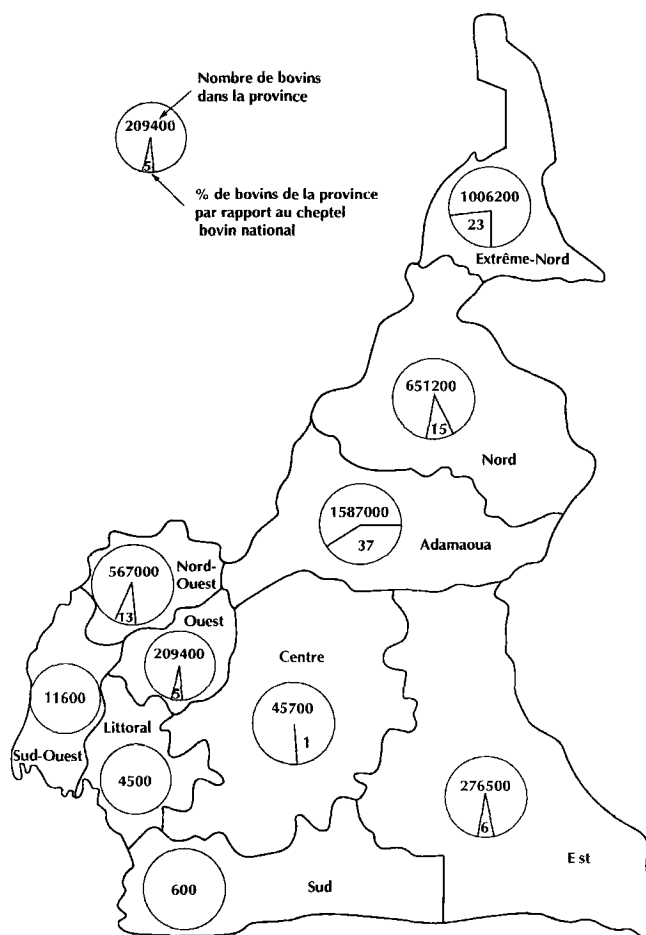


Figure 1 : répartition du cheptel dans les provinces.

Les différences de prévalence en anticorps anti-peste bovine sont significatives entre les tranches d'âge de 1 à 2 ans et de 2 à 3 ans ( $\chi^2 = 149,2$  ; d.d.l. = 1 ;  $p < 0,05$ ).

#### ***Dans les troupeaux***

Le tableau III montre la prévalence en anticorps anti-peste bovine dans les différents troupeaux sondés. Quarante cinq troupeaux (16 p. 100) sont protégés (taux d'immunité globale supérieure à 90 p. 100) (9).

Les différences de protection entre les troupeaux des six provinces sont statistiquement significatives ( $\chi^2 = 21,2$  ; (d.d.l. = 5 ;  $p < 0,05$ ).

### ***Evaluation des anticorps contre le virus de la peste des petits ruminants (PPR) dans la population bovine à faible taux d'anticorps bovipestiques***

Le tableau IV présente la répartition des animaux porteurs d'anticorps anti-virus de la PPR par province et par tranche d'âge ; le tableau V montre la prévalence globale en anticorps anti-PPR dans les différentes provinces.

Le pourcentage de bovins ayant séroconverti vis-à-vis de la PPR est faible parmi les animaux négatifs en anticorps bovipestiques.

TABLEAU I

## Répartition de l'immunité par province et par tranche d'âge

PROVINCE	0-1 AN			1-2 ANS			2-3 ANS		
	T	P	Pr	T	P	Pr	T	P	Pr
Extrême-Nord	830	244	29	820	337	41	826	506	61
Nord	174	79	45	171	117	68	167	130	78
Adamaoua	1270	583	46	1270	843	66	1263	978	77
Ouest	210	98	47	210	104	49	218	160	73
Nord-Ouest	97	42	43	96	47	49	104	62	60
	275	58	21	260	63	24	256	115	45
Total	2856	1104	39	2827	1511	53	2834	1951	69

T = Testés ; P = Positifs ; Pr = Prévalence

TABLEAU II

## Immunité globale vis-à-vis de la peste bovine dans chaque province

Province	TT	TP	Pr
Extrême-Nord	2476	1087	44 ± 2
Nord	512	326	64 ± 4
Adamaoua	3803	2404	63 ± 2
Ouest	297	151	51 ± 2
Nord-Ouest	791	236	30 ± 3
Est	638	262	57 ± 4
Total	8517	4566	54 ± 1

TT = Total testés ; TP = Total des sérums positifs ; Pr = Prévalence

TABLEAU III

## Répartition des troupeaux selon leur niveau de protection vis-à-vis de la peste bovine dans les provinces

Province	Non P	P	Total	% P
Extrême-Nord	77	5	82	5
Nord	18	0	18	0
Adamaoua	91	34	125	27
Ouest	10	1	11	9
Nord-Ouest	28	1	29	3
Est	17	4	21	0
Total	241	45	286	16

Non P = non protégés ; P = protégés

TABLEAU IV

## Répartition de l'immunité contre la PPR par province et par tranche d'âge chez les bovins seronégatifs vis-à-vis de la peste bovine

PROVINCE	0-1 AN			1-2 ANS			2-3 ANS		
	T	P	Pr	T	P	Pr	T	P	Pr
Extrême-Nord	250	0	0	250	3	1,2	250	7	3
Adamaoua	130	0	0	130	6	4,6	130	3	2
Ouest	72	0	0	51	13	25	64	6	9
Nord-Ouest	159	5	3,1	156	13	8,5	160	8	5
Est	70	9	13	69	13	17,3	69	6	8
Total	681	14	2	656	48	7,1	673	30	4

T = Testés ; P = positifs ; Pr = Prévalence

TABLEAU V

**Prévalence de la PPR chez les bovins séronégatifs vis-à-vis de la peste bovine dans les différentes provinces**

Province	TT	TP	Pr
Extrême-Nord	750	10	1,3 ± 0,9
Adamaoua	390	9	2,3 ± 1
Ouest	187	19	10,1 ± 4
Nord-Ouest	475	26	5,4 ± 2
Est	208	27	12,9 ± 4
Total	2010	91	4,5 ± 0,9

TT = Total testés ; TP = Total positifs ; Pr = Prévalence

## ■ DISCUSSION

L'enquête sérologique a porté sur les classes d'âge dites "sensibles" vis-à-vis de la peste bovine. Les animaux âgés de plus de trois ans, généralement immunisés contre cette affection, ont été exclus du sondage.

Quatre provinces (Centre, Sud, Sud-Ouest, Littoral) n'ont pas été retenues pour l'enquête en raison de leur faible effectif en cheptel bovin.

Les deux provinces (Adamaoua, Nord) ayant fait l'objet de deux enquêtes successives n'ont pas enregistré de meilleurs résultats malgré les recommandations émises pour améliorer l'efficacité des campagnes de vaccination (6, 7).

Comme les années précédentes, les jeunes bovins sont moins protégés. Plusieurs raisons peuvent être avancées pour expliquer cette situation :

- la chance pour un animal d'avoir été vacciné augmente avec l'âge ;
- certains veaux, nés entre septembre et janvier, sont trop jeunes pour être vaccinés ou n'étaient pas encore nés lors du passage des équipes de vaccination ; ils échappent ainsi à la vaccination et s'avèrent négatifs en anticorps bovipestiques à l'examen sérologique ;

Un troupeau est considéré comme protégé si 90 p. 100 au moins des animaux qui le composent possèdent des anticorps bovipestiques. Par ailleurs, un cheptel est considéré comme protégé si 90 p. 100 au moins des troupeaux qui le constituent sont protégés (9). Au regard de ces données, aucune des six provinces visitées n'était protégée.

Les provinces du Nord, de l'Adamaoua enregistrent les meilleurs résultats bruts (64 et 63 p. 100 respectivement), tandis que les résultats les moins bons sont enregistrés dans les provinces de l'Extrême-Nord, de l'Est, du Nord-Ouest, de l'Ouest (44, 57, 30, 51 p. 100 respectivement).

Ces résultats sont inquiétants, particulièrement en ce qui concerne les provinces du Nord-Ouest et de l'Extrême-Nord : ce sont des régions à haut risque d'explosion de foyers d'origine exogène en raison de leur position frontalière, de l'absence de contrôle des mouvements d'animaux de part et d'autres des frontières et de la faiblesse du taux d'immunité post-vaccinale dans les pays voisins (Niger, Nigeria, Tchad, République centrafricaine, avec 46, 48, 58, 60 p. 100 d'immunité respectivement) (2, 10).

Le dynamisme plus ou moins grand des services vétérinaires présents sur le terrain, ajouté aux multiples raisons préalablement évoquées (6, 7) peuvent contribuer à expliquer le faible pourcentage d'animaux protégés contre la peste bovine observé dans certaines provinces.

La prévalence en anticorps anti-PPR est faible chez les bovins ne présentant pas d'anticorps bovipestiques et n'augmente pas de manière significative le niveau de protection du cheptel vis-à-vis de la peste bovine. D'autre part, l'infection des bovins par le virus de la PPR ne peut être évoquée pour expliquer la faiblesse de la couverture immunitaire post-vaccinale contre la peste bovine.

Au vu de ces résultats, quelques recommandations s'imposent :

- il semble nécessaire de re-dynamiser les campagnes de vaccination en portant une attention particulière aux jeunes bovins qui constituent une classe sensible ;
- la fourniture de moyens logistiques quand ils font défaut, la surveillance et la discipline dans l'utilisation des moyens de conservation sous froid ainsi que l'utilisation de la solution molaire de sulfate de magnésium comme solvant du vaccin devraient permettre une amélioration quantitative et qualitative de la vaccination contre la peste bovine (8) ;
- des campagnes d'information par l'intermédiaire de la presse ou de la radio nationale et locale favoriseraient la sensibilisation des éleveurs et pourraient les convaincre de faire vacciner tous leurs troupeaux ;
- les responsables directs des campagnes d'information devraient aussi pouvoir s'appuyer sur les autorités administratives (gouverneurs, préfets, sous-préfets, chefs de district) s'ils rencontraient des difficultés dans l'exécution de leur tâche ;
- ces responsables devraient également rendre compte par écrit du déroulement des campagnes de vaccination.

## ■ CONCLUSION

En 1993, dans le cadre du PARC, l'évaluation de l'immunité post-vaccinale contre la peste bovine a été étendue à six provinces à grand élevage bovin.

Cinquante-quatre pour cent des animaux sont protégés contre cette affection. Les provinces de l'Extrême-Nord, de l'Est, du Nord-Ouest, de l'Ouest enregistrent les résultats les moins bons (44, 57, 30, 51 p. 100 respectivement).

La prévalence en anticorps anti-PPR est faible dans les troupeaux bovins ne présentant pas d'anticorps bovipestiques. De même, la prévalence en anticorps anti-PPR n'augmente pas de manière significative le niveau de protection immunitaire contre la peste bovine. Le faible taux d'immunité post-vaccinale vis-à-vis de la peste bovine n'est certainement pas dû à l'infection des bovins par le virus de la peste des petits ruminants, mais probablement à une mauvaise exécution des campagnes de vaccination contre la peste bovine.

Des mesures doivent être prises pour améliorer les résultats.

## Remerciements

Les auteurs remercient le Fonds européen de Développement (FED) qui a financé ce travail. Ils remercient également la Division AIEA/FAO, le CIRAD-EMVT pour la fourniture des kits ELISA. Ils expriment leur reconnaissance au Dr Lise Guerre pour son aide. Ils expriment également leur reconnaissance à tous les responsables des services d'élevage sur le terrain, pour leur aimable collaboration.

## BIBLIOGRAPHIE \*

1. ANDERSON J., ROUX L.W., 1983. Use of an enzyme linked immunosorbant assay for the detection of IgG antibodies to rinderpest in epidemiological surveys. *Res. vet. Sci.*, **34** (1) : 73-80.
2. BIOCH N., DIALLO I., 1990. Enquête sérologique dans un pays sahélien, le Niger. Problèmes d'échantillonnage et résultats de la séro-surveillance de la peste bovine. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **43** (3) : 305-311.
3. LIBEAU G., PREHAUD C., LANCELOT R., COLAS F., GUERRE L., BISHOP D.H.L., DIALLO A., 1995. Development of a competitive ELISA for detecting antibodies to the *peste des petits ruminants* virus using a recombinant nucleoprotein. *Res. vet. Sci.*, **58**: 50-55.
4. Joint FAO/IAEA Division, 1991. Rinderpest ELISA Kit. Vienne, Autriche AIEA, 42 p.
5. MINISTERE DE L'ELEVAGE, DES PECHEES ET DES INDUSTRIES ANIMALES, 1988. Rapport annuel des délégations provinciales 1986/87. Yaoundé, Cameroun, MINEPIA, 247 p.
6. NGANGNOU A., ZOYEM N., 1994. Evaluation de la protection vaccinale contre la peste bovine au Cameroun. I. La province de l'Adamaoua. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **47** (1) : 35-37.
7. NGANGNOU A., ZOYEM N., 1995. Evaluation de la protection vaccinale contre la peste bovine au Cameroun. II. La province du Nord. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48** (3) : 236-238.
8. PROVOST A., BORREDON C., 1974. Un vaccin mixte antibovi-peste-antipéripneumonique lyophilisé utilisable, sur le terrain, sans réfrigération. II. Utilisation du vaccin sur le terrain. *Revue. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **27** (3) : 251-263.
9. TYLER L., 1989. Estimation de la prévalence d'anticorps du virus de la peste bovine. Nairobi, Kenya, OUA/IBAR, p. 10-45.
10. AIEA, 1994. The sero-monitoring of rinderpest throughout Africa, phase II. Results for 1993. In: proceedings of the FAO/IAEA/SIDA/OAU/IBAR/PARC coordinated Research Programme organized by the FAO/IAEA Division of nuclear Techniques in Food and Agriculture, Cairo, Egypt, 7-11 November 1993. Vienne, Austria, AIEA, 275 p.
11. AIEA, 1989. Section de la production et de la santé animales, division mixte OUA/IBAR, campagne panafricaine contre la peste bovine. Principes directeurs pour la surveillance sérologique des bovins dans le cadre de la campagne panafricaine de lutte contre la peste bovine. Vienne, Austria, AIEA, 28 p.
12. SCHWARTZ D., 1969. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Paris, France, Flammarion, 306 p.

Reçu le 14.3.96, accepté le 28.5.96

## Summary

**Ngangnou A., Zoyem N., Hamet M., Abdoukadi S.** Evaluation of vaccinal protection against rinderpest in Cameroon. III. General evaluation

The national veterinary Laboratory, Garoua (Cameroon) has been carrying out rinderpest sero-surveillance since 1989 as part of an effort made by the Panafriean Rinderpest Campaign (PARC) to control rinderpest in Africa. In 1993, 8517 serum samples collected from 286 cattle herds (from 0 to 3 years old) randomly chosen from six provinces with large cattle population (Far-North, North, Adamaoua, East, West, North-West) were tested using the rinderpest competitive ELISA technique: the herd immunity level was 54 %. Out of 2010 serum samples from 68 non-protected cattle herds tested using the *peste des petits ruminants* (PPR) ELISA technique, 91 samples were positive (4.5 %): this does not significantly increase the cattle immunity level against rinderpest. Significant differences in the immunity rates between provinces were observed. Suggestions to increase the immunity level are discussed.

**Key words:** Cattle - Rinderpest - *Peste des petits ruminants* - Survey - Vaccine - ELISA - Cameroon.

## Resumen

**Ngangnou A., Zoyem N., Hamet M., Abdoukadi S.** Evaluación de la protección activa contra la peste bovina en Camerún. III Evaluación global

LANAVET, el laboratorio veterinario nacional en Garoua (Camerún) ha llevado a cabo una supervisión serológica de rinderpest desde 1989, como parte de los esfuerzos realizados por el PARC (pan-african rinderpest), para controlar el rinderpest en el continente africano. En 1993, se recolectaron y examinaron 8 517 muestras de suero, provenientes de 286 hatos escogidos por randomización, en seis provincias con concentración elevada de ganado (Lejano-Norte, Norte, Adamaoua, Este, Oeste, Nor-Oeste). El nivel de inmunidad por hatos alcanzó 54 p. 100. Se examinaron para anticuerpos del virus de la peste de los pequeños rumiantes, 2 010 muestras de suero, provenientes de 68 hatos no protegidos. 91 muestras fueron positivas (4,5 p. 100). Esta cifra no basta para aumentar significativamente el nivel de protección del ganado contra rinderpest. El bajo nivel de inmunidad activa contra rinderpest no es debido a una infección por el virus de la PPR en el ganado. Existen diferencias significativas en las tasas de inmunidad entre las provincias. Se dan recomendaciones para aumentar el nivel de inmunidad.

**Palabras clave:** Ganado bovino - Peste bovina - Peste de los pequeños rumiantes - Encuesta - Vacuna - ELISA - Camerún.

\* Cette bibliographie regroupe les références des parties I et II de cet article parues dans la Revue d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux (respectivement **47** : 35-37 et **48** : 236-238).

# Nationwide serological survey of equine influenza in Nigeria

C.A.O. Adeyefa<sup>1,2\*</sup> C. Hamblin<sup>1</sup> A.A. Cullinane<sup>3</sup>  
J.W. McCauley<sup>1</sup>

## Key words

Horse - Donkey - Equine influenza virus - Survey - ELISA - Haemagglutination test - Monoclonal antibody - Immunology - Epidemiology - Nigeria.

## Summary

The objective of this work was to examine the incidence of equine influenza viruses in the equine population of an area of tropical Africa where equine influenza virus activity has recently been reported for the first time. A serological survey of sera from horses and donkeys from regions of Nigeria taken from 1990 to 1993 was carried out and the results obtained were compared with equine sera from Western Europe (Ireland). The sera were assayed for presence of antibodies by both haemagglutination inhibition (HI) and ELISA using a monoclonal antibody to the prototype H3 equine influenza virus, A/equine/Miami/1/63. The results showed that equine influenza was present in horses and donkeys in all regions of Nigeria.

## ■ INTRODUCTION

Influenza A viruses are widespread in nature and cause disease in humans and animals, including birds (7). These viruses are classified according to the antigenic differences between their haemagglutinin (HA) and neuraminidase (NA) glycoproteins. So far, 14HA and 9NA subtypes of influenza A virus have been identified (8), none of which are serologically crossreactive. Two subtypes cause clinical disease in horses, the H7N7 and H3N8 subtypes referred to as equine-1 and equine-2, respectively. Both have been reported to circulate individually in horse populations in the world with the exception of Australia (4) while both had also previously co-circulated in some horses (10). Although the last recorded isolation of H7N7 virus from horses in the field was in 1978 (11), there is serological evidence that suggests continued circulation of this virus (Webster R.G., unpublished data). However, the mechanism of virus maintenance in horses is not very clear, but it seems likely that the viruses are passed continuously to susceptible horses (12).

There is paucity of information on epidemiology of equine influenza in tropical Africa. The authors recently reported the first known outbreak of equine influenza in Nigeria among polo horses from which three influenza virus H3N8 subtypes were independently isolated (1). Studies on molecular characterisation of these viruses indicate that their genes are all equine in origin and that HA is most closely related to recent European and Scandinavian isolates (2).

However, we do not know the exact source of the viruses or their previous circulation among Nigerian horse populations prior to the 1991 outbreak of the disease. Durojaiye and Denya in 1982 (pers. comm.) observed antibodies to both equine-1 and equine-2 viruses in some Nigerian horses. On the other hand, it is probable that the

viruses were brought into the country with horses recently imported from Argentina or the United Kingdom, where there have been recent outbreaks of equine influenza (13). Also, preliminary investigation in 1989 (C.A.O. Adeyefa, unpublished data) revealed antibodies to equine-2 influenza virus in horses not involved in the outbreak that was recently reported (1). The purpose of this study was therefore to further elucidate the epidemiology of equine influenza through a nationwide serological survey. Comparative studies were also carried out with post-natural infection, pre- and post-vaccination equine sera from Ireland. The results of a seroepidemiological survey and the developed competitive enzyme immunosorbent assay (ELISA) test are reported here.

## ■ MATERIALS AND METHODS

### *Virus antigen*

Equine-2 prototype A/Eq/Miami/63 (H3N8) virus was grown in 11 day old embryonated hen eggs and purified by differential sedimentation through 15 - 60 % sucrose gradients in Beckman SW 28 and 40.1 rotors. Virus concentration which was 20 mg/ml was determined by the method of Bradford (3). The purified virus was used as ELISA antigen at a concentration of 1 µg/ml.

### *Equine sera*

A total of 375 equine sera were tested for antibodies to equine-2 influenza virus of H3N8 subtype. These comprised 181 horse and 6 donkey sera collected between January 1990 and October 1991 from various parts of Nigeria; 4 post-natural infection, 45 pre-vaccination and 45 post-vaccination sera collected between January and June 1992 at the Irish equine Center, all tested in Pirbright, as well as additional 42 horse and 52 donkey sera collected between July and December 1993 in Nigeria and tested in Ibadan. These sera originated from 19 sampling locations (e.g. markets, veterinary schools, polo clubs, etc.) within 11 town areas throughout Nigeria (figure 1). The number of animals on each site varied greatly, from 2 to 50.

1. Institute for Animal Health Pirbright Laboratory, Ash Road, Pirbright GU24 0NF, Surrey, U.K.

2. Department of veterinary Medicine, University of Ibadan, Nigeria.

3. Irish equine Centre, Johnstown, Naas, Co. Kildare, Ireland.

\* Address for correspondence

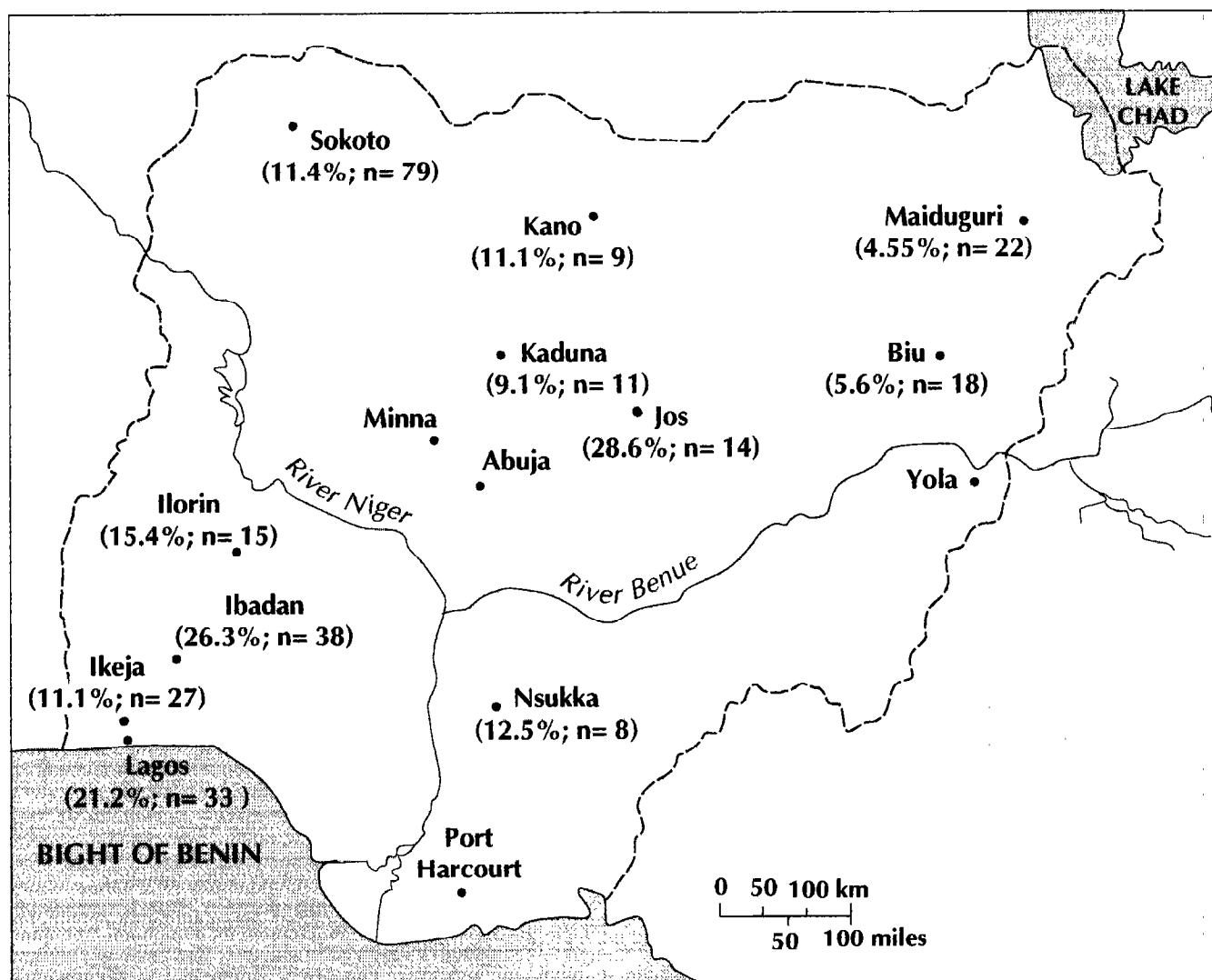


Figure 1: map of Nigeria showing areas of sampling (tested by competition ELISA) and the geographical spread of equine influenza virus activity. Seven horses belonging to private properties have not been included.

*n* = number of tested sera

### Competition ELISA

Monoclonal antibody (Mab) against the HA of A/Eq/Miami/63 (H3N8) was used in competition ELISA developed for this test. The Mab was used at a dilution of 1:250,000. The ELISA was performed in Dynatech® flexible ELISA plates. The optimal dilutions of test antigen and Mab were determined by checkerboard titrations in 0.05 M carbonate bicarbonate buffer pH 9.6. Test sera were used at dilutions of 1:5.

Briefly, 50 µl per well of antigen diluted in carbonate bicarbonate buffer was passively adsorbed onto the solid phase of ELISA plates which were then incubated at 37°C for 2 h. Plates were washed 5 times with PBS pH 7.6 by flooding and emptying the wells which were blotted dry to remove residual washing buffer. 50 µl of 1:5 dilution of each test serum prepared in PBS containing 0.05 % Tween 20 (PBST) blocking buffer was added to duplicate wells of polystyrene microtiter transfer plates. Duplicate wells in second to the last row of wells in the transfer plates also received 50 µl per well of a known strongly positive convalescent antiserum, a weekly positive control antiserum and a negative control horse serum diluted in PBST while the last row of wells received 100 µl of PBS only. Fifty µl Mab diluted 1:250,000 in PBST was simultaneously added to each well in rows 1-11 of the

transfer plates and mixed on an orbital shaker for 5 min. The contents of the transfer plates were then transferred into correspondingly marked ELISA antigen plates which were then incubated for 1 h at 37°C on an orbital shaker after which they were washed and blotted dry. To dilute anti-mouse IgG horse raddish peroxidase conjugate at 1:1000, 5 % (W/V) ovalbumin in PBST was used. Fifty µl conjugate/ovalbumin in PBST was added to each well and incubated for 1 h at 37°C on a shaker. After washing, 50 µl/well of orthophenylene diamine/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> was added. Colour development was stopped after 10 min by addition of 50 µl/well of 1.25 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Plates were read spectrophotometrically at 492 nm with Titertek® multiscan ELISA plate reader. The value for no competition (maximum colour) was obtained from the mean absorbance values at 492 nm in the last row of wells containing PBS and measured the interaction between mouse antiserum and influenza virus (5). Positive reactions were recorded when test sera in duplicate wells showed 50 % inhibition of the mean absorbance value recorded in the last row wells (5).

### Haemagglutination inhibition test (HI)

HI was performed in microtiter plates with 1 % chicken red blood cells by standard method. The 94 Irish equine sera and the

additional 94 Nigerian equine sera were tested for HI antibodies against the prototype equine-2 virus, A/Eq/Miami/63. All sera used in HI test were pre-treated with potassium metaperiodate to remove any non-specific inhibitors present in normal serum. HI titers are expressed as reciprocals of the highest serum dilutions inhibiting 4HA units of virus.

## ■ RESULTS

Twenty nine (16 %) of 181 horse sera collected between January 1990 and October 1991 in Nigeria were positive for ELISA antibodies while none of the 6 donkey sera were positive. However, 6 (14.3 %) of 42 horse sera and 5 (9.6 %) of 52 donkey sera collected between July and December 1993 in Nigeria were positive for ELISA antibodies. Of the 94 Irish horse sera, one (25 %) of 4 natural infection sera, 2 (4.9 %) of 45 pre-vaccination and 39 (86.66 %) of 45 post-vaccination sera were positive by ELISA.

The percentages of positive sera by competition ELISA varied considerably among Nigerian equine sera and ranged between 9.1 and 40 %. Although sera from some sources were negative, positive serum samples could be found anywhere in the country. One of the 2 donkey sera from Ilorin was positive while 2 (40 %) of the 5 horse sera from the University of Ibadan veterinary teaching Hospital were positive, followed by Ibadan Polo Club (29.6 %), Jos Polo Club (28.5 %), Lagos Polo Club (25 %) and Sokoto horse market (19.04 %). Other positive samples ranged from 5.5 - 12.5 % including those from Biu, Kano, Kaduna, Ilorin and Nsukka for which local information indicates that a few of the horses sampled there were brought from Yola on the mid North-Eastern border.

In the HI tests, 6 Nigerian horse and 6 donkey sera were positive for HI antibodies out of the horse and donkey sera positive by ELISA with HI titers ranging from 10-640. With the Irish horse sera, 33 out of 39 positive by ELISA were also positive by HI among the 45 post-vaccination sera while none of the 4 post-infection sera and only 2 of the 45 pre-vaccination sera were positive by HI as they were by ELISA with HI titers ranging from 16-512. Table I shows the correlation between HI and ELISA results of the Irish and Nigerian equine sera. The geographical spread and percentage positives of equine-2 influenza virus antibodies in Nigeria are shown in figure 1.

TABLE I

### Correlation between HI and ELISA results of 94 Irish and 94 Nigerian equine sera

Num. of sera tested	HI		ELISA		
	Num. pos.	% pos.	Num. pos.	% pos.	
<b>Irish equine sera</b>					
Total Num. tested	94	35	37.2	42	44.7
Post-natural infection	4	0	0	1	25
Pre-vaccination	45	2	4.4	2	4.4
Post-vaccination	45	33	73.3	39	86.6
<b>Nigerian equine sera</b>					
Total Num. tested	94	12	12.76	11	11.70
Num. of horse sera	42	6	14.3	6	14.3
Num. of donkey sera	52	6	11.5	5	9.6

## ■ DISCUSSION

The estimated population density of horses in Nigeria is 208,000 and that of donkey is 1 million, while human population is 88.6 millions from the 1991 census (9). This study survey covered equines aged 6 months to over 25 years located in most regions of the country although it was limited mostly to animals in equine establishments such as polo clubs, race courses, police and military units/formations and university veterinary schools. The number of sera collected was very small (375) compared with estimated equine populations in the country. In spite of this, the results of our nationwide serological survey indicate that equine influenza occurs in most parts of Nigeria as there was no region in the country where no positive serum samples could be found. Although the study of the circulation of equine influenza viruses within horse populations in any geographical area relies mostly on the detection of serum antibodies to these viruses, precise knowledge of the antigenic identity of the viruses prevalent in the areas under study is of inestimable value. We have previously isolated 3 equine-2 (H3N8) influenza viruses from sick horses involved in a recent outbreak of diseases in Ibadan, Nigeria, during a polo tournament in January 1991 (1). Some of the animals involved in this outbreak comprised indigenous and imported horses. Some of the sera collected from these horses and some collected from different parts of the country long before and long after the outbreak of disease showed antibodies to the equine-2 virus. This suggests previous exposure of horses with positive sera to equine-2 (H3N8) influenza virus, which implies that the virus had previously circulated and still circulates in Nigerian equine populations.

Furthermore, a sustained presence of antibodies in peripheral circulation is characteristic of the immunological response to equine-2 influenza virus (6). Our detection of antibodies in sera collected long before the clinical outbreak of disease further supports the possibility of previous exposure of some horses to the virus. Alternatively, the viruses isolated in our study had probably been introduced to susceptible animals in Ibadan by the recently imported horses from endemic regions, with the stress of transportation and the unfavourable dusty weather conditions in Ibadan at the time of outbreak acting as predisposing factors (1).

Of the 94 Irish equine sera, one (25 %) of the 4 post-clinical natural infection sera was positive by ELISA, while only 2 (4.4 %) of 45 pre-vaccination and 39 (86.6 %) of 45 post-vaccination sera were positive by ELISA. These results correlated well with HI results although the ELISA test was more sensitive in detecting antibodies in 6 more sera than the HI test. The competition ELISA described in this study appears to be very useful for detecting acute infection and post-vaccination antibody responses in horses as indicated by the results of the Irish equine sera. However, the low percentages of positive sera detected by the test in the Nigerian sera could be due to the clone of the Mab used which was directed against a region of the HA and thus probably recognised a single or fewer epitopes on the antigen. The A/Eq/Newmarket/76 antiserum raised in rabbit gave a higher percentage of positive sera when used in the ELISA test on a limited number of randomly selected sera (data not shown). The use of polyclonal antiserum is thus recommended by the authors where influenza virus glycoprotein specific Mabs are not available for competition ELISA for more extensive epidemiological investigations of influenza in a variety of host species in this region of the world.



## Acknowledgements

We are grateful to Dr. A.I. Daneji, Department of veterinary Medicine, Utman Dan Fodio University, Sokoto and Dr. V.O. Shoyinka, Department of veterinary Pathology, University of Nigeria, Nsukka for equine sera collected in July - December, 1993. We also thank for his handling assistance Mr. Tunde Mabawonku, Department of veterinary Medicine, University of Ibadan, during the 1990-1991 sample collection. Dr. Adeyefa was supported by the Association of Commonwealth Universities academic Staff Fellowship tenable at the Pirbright Laboratory of the Institute for Animal Health, U.K., from January to November 1992.

## REFERENCES

1. ADEYEFA C.A.O., McCAULEY J.W., 1994. Outbreak of equine influenza in polo horses in Ibadan, Nigeria, virus isolation, clinical manifestation and diagnosis. *Vet. Rec.*, **134**: 683-684.
2. ADEYEFA C.A.O., McCAULEY J.W., 1995. Antigenic and genetic analysis of equine influenza viruses from tropical Africa in 1991. *Epidem. Infect.*, in press.
3. BRADFORD M.M., 1996. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein using the principle of protein-dye binding annals. *Biochemistry*, **72**: 248-254.
4. BURROWS R., DENYAR M., 1982. Antigenic properties of some equine influenza viruses. *Arch. Virol.*, **73**: 15-24.
5. HAMLIN C., GRAHAM S.D., ANDERSON E.C., CROWTHER J.R., 1990. A competition ELISA for the detection of group specific antibodies to African horse sickness. *Epidem. Infect.*, **104**: 303-312.
6. HANNANT D., MUMFORD J.A., JESSET D.M., 1988. Duration of circulating antibody and immunity following infection with equine influenza virus. *Vet. Rec.*, **112**: 125-128.
7. HINSHAW V.S., WEBSTER R.G., 1982. The natural history of influenza A viruses. In: Beare A.S. ed., Basic and applied influenza research. Boca Raton, Florida, USA, CRC Press, p. 79-104.
8. KAWAOKA Y., YAMNILOVA S., CHAMBERS T.M., LVOV D.K., WEBSTER R.G., 1990. Molecular characterisation of a new haemagglutinin, subtype H14, of influenza A virus. *Virology*, **179**: 759-767.
9. FLD NATIONAL AGRICULTURE RESEARCH STRATEGY PLAN, 1993. Resource Inventory and Management Report, Vol. 1. Lagos, Nigeria, FLD National Agriculture Research Strategy Plan, p. 119.
10. TUMOVA B., EASTERDAY B.C., STUMPA A., 1972. Simultaneous occurrence of A/Equi-1 and A/Equi-2 influenza viruses in a small group of horses. *Am. J. Epidemiol.*, **95**: 80-83.
11. TUMOVA B., 1980. Equine influenza, a segment in influenza virus ecology. *Comp. Immun. Microbiol. Infect. Dis.*, **3**: 45-59.
12. WEBSTER R.G., BEAN W.J., GORMAN O.T., CHAMBERS T.M., KAWAOKA Y., 1992. Evolution and ecology of influenza A viruses. *Microbiol. Rev.*, **56**: 152-179.
13. WOOD J., MUMFORD J., 1992. Epidemiology of equine influenza. *Vet. Rec.*, **130**: 126.

Reçu le 19.01.1996, accepté le 6.05.1996

## Résumé

**Adeyefa C.A.O., Hamblin C., Cullinane A.A., McCauley J.W.**  
Enquête sérologique de la grippe équine sur le territoire du Nigeria

L'objet de cette enquête était d'examiner l'incidence des virus de la grippe équine dans une population d'équidés d'Afrique tropicale où des foyers de grippe équine ont été récemment reportés pour la première fois. Une enquête sérologique à partir de sérums de chevaux et d'ânes de plusieurs régions du Nigeria, prélevés de 1990 à 1993, a été effectuée et les résultats obtenus ont été comparés avec des sérums provenant d'Irlande. La présence des anticorps a été testée à la fois par le test d'inhibition de l'hémagglutination et par le test ELISA en utilisant un anticorps monoclonal au prototype H3 du virus de la grippe équine, A/equine/Miami/1/63. Les résultats ont montré que la grippe équine était présente chez les chevaux et les ânes de toutes les régions du Nigeria.

**Mots-clés** : Cheval - Ane - Influenzavirus équin - Enquête - Test ELISA - Epreuve d'hémagglutination - Anticorps monoclonal - Immunologie - Epidémiologie - Nigeria.

## Resumen

**Adeyefa C.A.O., Hamblin C., Cullinane A.A., McCauley J.W.**  
Encuesta serológica nacional sobre la influenza equina en Nigeria

El objetivo del presente trabajo fue el de examinar la incidencia del virus de la influenza equina en la población equina de un área tropical de Africa, donde la actividad del virus de la influenza equina fue reportada recientemente por la primera vez. Una encuesta serológica en caballos y burros de las regiones de Nigeria, realizada entre 1990 y 1993, así como los resultados obtenidos, fueron comparados con sueros equinos de Europa del Oeste (Irlanda). Se midió la presencia de anticuerpos en los sueros, tanto por inhibición de la hemaglutinación como por ELISA, utilizando un anticuerpo monoclonal al prototipo H3 del virus de la influenza A/equine/Miami/1/63. Los resultados muestran que la influenza equina estuvo presente en caballos y burros de todas las regiones de Nigeria.

**Palabras clave** : Caballo - Asno - Virus de la influenza equina - Encuesta - ELISA - Prueba de hemaglutinación - Anticuerpo monoclonal - Immunología - Epidemiología - Nigeria.

# Seroprevalences of brucellosis, Q-fever and toxoplasmosis in slaughter livestock in Trinidad

A.A. Adesiyun<sup>1\*</sup> E.P.I. Cazabon<sup>1</sup>

## Key words

Meat animal - *Brucella abortus* - *Coxiella burnetii* - *Toxoplasma gondii* - Serum - Prevalence - Agglutinin - Abattoir - Trinidad.

## Summary

Serum samples obtained from livestock (cattle, chickens, pigs, sheep, goats and water buffaloes) slaughtered at various slaughter houses in Trinidad were screened for agglutinins to three zoonosis causing pathogens. Of a total of 751 sera tested, 2 (0.3 %) originating from chickens were positive for *Brucella abortus* agglutinins using the Rose Bengal test (RBT), but both were negative by the tube serum agglutination test (SAT). Thirty-six (4.8 %) of 749 sera were positive for *Coxiella burnetii* agglutinins by the capillary agglutination test (CAT) with the highest prevalence, 11.3 %, detected in pig sera and the lowest, 0 %, found in sheep and goat sera. The difference was not statistically significant ( $P \geq 0.05$ ;  $\chi^2$ ). Of the 131 sera tested, 26 (19.8 %) contained *Toxoplasma gondii* agglutinins with prevalences ranging from 5.5 % in pigs to 42.9 % in goats. It was concluded that livestock in Trinidad are free of *B. abortus* infections, but *C. burnetii* and *T. gondii* infections exist and are being documented for the first time in the island.

## ■ INTRODUCTION

Livestock are well known sources of important zoonoses which infect humans either through direct contact or by the consumption of their contaminated products (3, 4, 7, 8, 16, 17).

Although studies in other countries have determined the prevalence of several diseases, particularly zoonoses such as brucellosis, toxoplasmosis and Q-fever (14, 20, 22, 23), there is a dearth of information on the status of these infections in livestock in Trinidad. Cazabon (11) detected *Brucella abortus* agglutinins in a serum sample obtained from cattle over two decades ago in Trinidad while *B. ovis* agglutinins were detected in some sheep imported into Trinidad from Grenada in 1992 (10). There is therefore a need to monitor livestock for important infectious agents.

The present study was conducted to determine the seroprevalences of *Brucella abortus*, *Coxiella burnetii* and *Toxoplasma gondii* in several livestock species using the abattoirs and slaughter houses as sample sources.

## ■ MATERIALS AND METHODS

Between October 1992 and October 1995, blood samples were collected into universal bottles without anti-coagulant during the slaughter of livestock at slaughter houses or abattoirs located in San Juan, Tunapuna and Port-of-Spain (table I). The sex of all various species animals was recorded at that time.

1. School of veterinary Medicine, Faculty of medical Sciences, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad and Tobago, West Indies

\* Address for correspondence

TABLE I

### Prevalence of agglutinins to *Brucella abortus*, *Coxiella burnetii* and *Toxoplasma gondii* in slaughter livestock

Animal species	Occurrence of agglutinins to:					
	<i>B. abortus</i>		<i>C. burnetii</i>		<i>T. gondii</i>	
	Nbr. tested	Nbr. ( ) positive	Nbr. tested	Nbr. ( ) positive	Nbr. tested	Nbr. ( ) positive
Chicken	266	2 (0.8) <sup>1</sup>	266	3 (1.1) <sup>2</sup>	ND	-
Cattle	256	0 (0.0)	256	11 (4.3) <sup>3</sup>	55	15 (27.3)
Pig	153	0 (0.0)	151	17 (11.3) <sup>4</sup>	55	3 (5.5)
Buffalo	53	0 (0.0)	53	5 (9.4) <sup>5</sup>	ND	-
Sheep	16	0 (0.0)	16	0 (0.0)	14	5 (35.7)
Goat	7	0 (0.0)	7	0 (0.0)	7	3 (42.9)
Total	751	2 (0.3)	749	36 (4.8)	131	26 (19.8)

( ) : Percent

<sup>1</sup> The two samples were positive by RBT but negative by the serum agglutination test (SAT)

<sup>2</sup> Samples positive only when undiluted

<sup>3</sup> Eight samples were positive undiluted, 1 sample had a 1:2 titre, while 2 samples had a 1:4 titre.

<sup>4</sup> Sixteen samples were positive only when undiluted while 1 sample had a 1:2 titre

<sup>5</sup> All samples were positive undiluted only

ND: not done

In addition, blood samples of chickens slaughtered at a roadside pluckshop in St. Augustine were collected. All clotted blood samples were kept at 4°C overnight and the sera, harvested following centrifugation, were stored at -20°C until needed.

To detect *B. abortus* agglutinins, the Rose Bengal test (RBT) was used in all screened sera. The RBT-positive samples were subjected to the serum agglutination test (SAT) as described earlier (21). The *B. abortus* SAT antigen and positive control sera were kindly provided by the Veterinary Diagnostic Laboratory (VDL), University of Iowa, Iowa, USA.

*C. burnetii* agglutinins were detected in sera by the use of the capillary agglutination test (CAT) described by Luoto (19). All samples were initially screened undiluted but all positive sera were subsequently diluted two-fold and retested. For all tests, positive and negative control sera, also provided with the CAT antigen by VDL, were used.

The card agglutination test was used to detect *T. gondii* agglutinins using test kits containing positive and negative control sera.

## ■ RESULTS

The prevalences of agglutinins to *B. abortus*, *C. burnetii* and *T. gondii* in slaughter livestock are shown in table I. Of the 751 serum samples tested, only 2 (0.3 %) were positive for *B. abortus* agglutinins using RBT but both were negative by SAT.

Thirty-six (4.8 %) of 749 and 26 (19.8 %) of 131 serum samples were positive for *C. burnetii* and *T. gondii* agglutinins, respectively.

The prevalence of *T. gondii* agglutinins was statistically significantly ( $P \leq 0.001$ ;  $\chi^2$ ) higher than that of *B. abortus* and *C. burnetii* agglutinins. *C. burnetii* agglutinins had the highest prevalence, 11.3 % (17 of 151), in pigs and the least prevalence, 0 %, in sheep (0 of 16) and goats (0 of 7) but the difference was not statistically significant ( $P \geq 0.05$ ;  $\chi^2$ ). Seroprevalences of toxoplasmosis in goats (42.9 %), sheep (35.7 %) and cattle (27.3 %) were significantly higher ( $P \leq 0.05$ ;  $\chi^2$ ) than was found in pigs (5.5 %). Sex of livestock and sample sources (abattoir or slaughter house) did not significantly ( $P \geq 0.05$ ;  $\chi^2$ ) affect the prevalences of agglutinins to *B. abortus*, *C. burnetii* and *T. gondii* (data not shown).

## ■ DISCUSSION

It was significant that all 751 samples tested were negative for *B. abortus* agglutinins using SAT although two samples were positive by RBT. The findings agree with published reports elsewhere of RBT-positive sera found to be SAT-negative (5, 15). The livestock population is free of brucellosis, as confirmed by SAT, the standard test (21) for detecting *B. abortus* infections. Cazabon (11), however, reported in 1978 having detected one positive bovine with a significant titre of *B. abortus* agglutinins. This study findings are in agreement with the results of studies on goats and sheep in the US Virgin Islands (6) and in livestock in Nigeria (5) where all samples were negative for *B. abortus* agglutinins using SAT. The need for a regular serological surveillance for brucellosis in countries like Trinidad and Tobago, which are free of brucellosis, cannot be overemphasized. Neither can the enforcement of strict regulations for livestock importation be ignored. The recent serological detection of *B. ovis* agglutinins in sheep in quarantine following importation from Grenada (10) is a further reminder of the need to have these measures in place.

*C. burnetii*, the Q-fever causative agent, has been known to cause diseases in animals but, more importantly, it may cause zoonoses if it is inhaled or consumed via contaminated milk (1, 2, 7). From the present study, *C. burnetii* infections appear to be widespread with four of the six species testing positive for *C. burnetii* agglutinins. The 4.8 % detected prevalence is however lower than the 10.6 % seroprevalence found in cattle, sheep and goats (2) and 59.8 % in dairy cows (3) in Nigeria. It is nevertheless pertinent to mention that in the Nigerian studies (2, 3) *C. burnetii* agglutinins titres ranged from 1:8 to > 1:256, whereas in the present study all positive samples had titres of 1:4 or less, suggesting that current infections are uncommon. However, these are the first documented *C. burnetii* infections in livestock in Trinidad or any Caribbean country.

The detection of *T. gondii* agglutinins in 19.8 % of the serum samples tested is significant with regard to public health. Toxoplasmosis is another important zoonosis which causes variable clinical manifestations in animals and humans (12, 13, 18, 25). Of the cattle samples tested in the present study, 27.3 % were positive for *T. gondii* agglutinins, a prevalence higher than the 16 % detected in Bangladesh (24), 11.9 % in Mexico (14) and the 22 % in Thailand (27). Also, the seroprevalence of *T. gondii* in sheep in this study, 35.7 %, is much higher than the 17.8 % reported in Bangladesh (24) and 2.8 % found in sheep in Zimbabwe (22). It is however slightly lower than the 37.9 % found in sheep in Mexico (26). The seroprevalence of toxoplasmosis in Trinidadian pigs (5.5 %) is higher than that detected in pigs in Zimbabwe (22) where all serum samples tested were negative, but it is a little lower than the 8.9 % prevalence found in pigs in Mexico (14).

In conclusion, although Trinidad may be considered to be brucellosis-free, the need for a constant serological surveillance and enforcement of strict quarantine measures for selective importation of livestock cannot be overemphasized. It is important that both *T. gondii* and *C. burnetii* in Trinidad livestock have been documented for the first time. Both pathogens may impact on the health status of residents.

## Acknowledgement

The cooperation of the workers at the three abattoirs and the chicken pluck shop where samples were collected is appreciated. Mr. Gerard Ramirez's technical assistance is acknowledged. Ms. Cherry-Ann Audain is thanked for typing the manuscript.

## REFERENCES

1. ADDO P.B., GREENWOOD B.M., SCHNURRENBERGER P.R., 1977. A serological investigation of Q-fever in clinical patients. *J. trop. Med. Hyg.*, **80**: 197-199.
2. ADDO P.B., SCHNURRENBERGER P.R., 1977. Q fever antibodies in food animals of Nigeria: a serological survey of cattle, sheep and goats. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **30**: 359-362.
3. ADESIYUN A.A., JAGUN A.G., TEKDEK L.B., 1984. *Coxiella burnetii* antibodies in some Nigerian dairy cows and their suckling calves. *Int. J. Zoon.*, **11**: 155-160.
4. ADESIYUN A.A., KAMINJOLO J.S., 1994. Prevalence and epidemiology of selected enteric infections of livestock in Trinidad. *Prev. vet. Med.*, **19**: 151-165.
5. ADESIYUN A.A., ONI O.O., 1990. Seroprevalence of *Brucella abortus* agglutinins in abattoir workers and animals from three Nigerian cities. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **38**: 203-204.
6. AHL A.S., BARTLETT P.C., FRERICHS W.M., 1993. Serological evidence for the presence of *Brucella* antibodies in sheep and goats on Saint Croix, U.S. Virgin Islands. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **46**: 1-2, 61-63.

## T. gondii and C. burnetii agglutinins in livestock

7. BABUDIERI B., 1959. Q-fever, a zoonosis. In: Advances in Veterinary Science, vol. 5. New York, USA, Academic Press, p. 141.
8. BISSETT M.L., POWERS C., ABBOT S.L., JANDA J.M., 1990. Epidemiologic investigations of *Yersinia enterocolitica* and related species: sources, frequency, and serogroup distribution. *J. clin. Microbiol.*, **28**: 910-912.
9. BUTZLER J.P., OOSTEROM J., 1991. *Campylobacter* : pathogenicity and significance in foods. *Int. J. Food Microbiol.*, **12**: 1-8.
10. CARAPHIN News, 1992. Ovine brucellosis in the Caribbean (Newsletter of the Caribbean Animal and Plant Health Information Network, Port-of-Spain, Trinidad). *CARAPHIN News*, **5**: 5.
11. CAZABON E.P.I., 1975. Investigation into a prevalence of brucellosis among domestic animals in Trinidad and Tobago - A progress report. *J. agric. Soc. Trinidad and Tobago*, **1**: 25-35.
12. CHHABRA M.B., BHARDWAJ R.M., GAUTAM O.P., GUPTA R.P., 1981. *Toxoplasma* infection and abortion in dairy goats. *Trop. Anim. Health Prod.*, **13**: 222-226.
13. DUBEY J.P., 1986. Toxoplasmosis in cats. *Feline Pract.*, **16**: 12-26, 44-45.
14. GARCIA V.Z., ROSARIO-CRUZ R., DIAZ-GARCIA G., HERNANDEZ-BAUMGARTEN O., 1993. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* infection in cattle, swine and goats in four Mexican states. *Prev. vet. Med.*, **17**: 1-2, 127-132.
15. GHOSH S.S., NANDA S.K., 1988. Seroprevalence of brucellosis among goats in Tripura. *Indian vet. J.*, **65**: 9-12.
16. HO J.O., SHANDS K.N., FRIEDLAND G., ECKIND P., FRASER D.W., 1986. An outbreak of type 4b *Listeria monocytogenes* infection involving patients from eight Boston hospitals. *Arch. intern. Med.*, **146**: 520-524.
17. HOLLAND R.E., 1990. Some infectious causes of diarrhoea in young farm animals. *Clin. Microbiol. Rev.*, **3**: 345-348.
18. LJUNGSTROM I., GILLE E., LINDER E., 1989. Cited by UGGLA A., MATTSON S., JUNTTI N., 1990, in reference No. 25.
19. LUOTO L., 1953. A capillary agglutination test for bovine Q-fever. *J. Immunol.*, **71**: 226-231.
20. MASOUMI J.P., SHEIKH M.A., AHMAD R., NAEEM M., AHMAD M., HUSSAIN I., 1992. Seroprevalence of brucellosis in sheep, goats and man in Lahore area. *Indian J. Dairy Sci.*, **45**: 298-299.
21. MORGAN W.J., MACKINON D.J., GILL K.P., GOWER S.G., MORRIS P.W., 1971. Standard laboratory techniques for the diagnosis of brucellosis. Weybridge, United Kingdom, MAFF Central veterinary laboratory.
22. PANDEY V.S., KNAPEN F-Van, VAN-KNAPEN F., 1992. The seroprevalence of toxoplasmosis in sheep, goats and pigs in Zimbabwe. *Ann. trop. Med. Parasit.*, **86**: 313-315.
23. SALMAN M.D., HERNANDEZ J.A., BRAUN I., 1990. A seroepidemiological study of five bovine diseases in dairy farms of the coastal region of Baja California, Mexico. *Prev. vet. Med.*, **9**: 143-153.
24. SAMAD M.A., RAHMAN K.B., HAIDER A.K., 1993. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in domestic ruminants in Bangladesh. *Vet. Parasitol.*, **47**: 1-2, 157-159.
25. UGGLA A., MATTSON S., JUNTTI N., 1990. Prevalence of antibodies to *Toxoplasma gondii* in cats, dogs and horses in Sweden. *Acta vet. Scand.*, **31**: 219-222.
26. VAZQUEZ C.C., GARCIA-VAZQUEZ Z., ROSARIO-CRUZ R., SOLORZANO-SAIGADO M., 1992. Ovine toxoplasmosis in Huitzilac, Morelos, Mexico. *Prev. Vet. Med.*, **12**: 1-2, 27-33.
27. WEENA M., WONGKWAN J., SANONG S., 1987. Serological survey of toxoplasmosis in goats: the preliminary report. Abstract of the 25th Annual Conference, Kasetsart University, Veterinary Medicine Section, Bangkok, Thailand, p. 9-10.

Reçu le 19.1.96, accepté le 30.5.96

## Résumé

**Adesiyun A.A., Cazabon E.P.I.** Séroprévalences de brucellose, fièvre Q et toxoplasmose chez des animaux de boucherie à Trinidad

Des échantillons de sérum provenant de vaches, poules, porcs, moutons, chèvres et buffles abattus dans différents abattoirs de Trinidad ont été analysés pour la présence d'agglutinines de trois agents responsables de zoonoses, *Brucella abortus* (BA), *Coxiella burnetii* (CB) et *Toxoplasma gondii* (TG). Des 751 sérums testés, 2 (0,3 p. 100) provenant des poules étaient positifs pour BA par le test de Rose Bengal (RBT) mais négatifs par le test de séroagglutination en tube (SAT). Trente-six (4,8 p. 100) des 749 sérums étaient positifs pour CB par le test d'agglutination en tube capillaire (CAT) avec la plus forte prévalence (11,3 p. 100) observée chez les porcs et la plus faible, 0 p. 100, observée chez les chèvres et les moutons (différence non significative :  $P \geq 0,05$ ;  $\chi^2$ ). Des 131 sérums testés, 26 (19,8 p. 100) étaient positifs pour TG avec une prévalence allant de 5,5 p. 100 chez les porcs à 42,9 p. 100 chez les chèvres. En conclusion, les animaux d'élevage de Trinidad n'ont pas été infectés par *B. abortus*. En revanche, il est montré pour la première fois que les infections causées par *Coxiella burnetii* et *Toxoplasma gondii* étaient présentes sur l'île.

**Mots-clés** : Animal à viande - *Brucella abortus* - *Coxiella burnetii* - *Toxoplasma gondii* - Sérum - Prévalence - Agglutinine - Abattoir - Trinidad.

## Resumen

**Adesiyun A.A., Cazabon E.P.I.** Seroprevalencias de brucelosis, fiebre Q y toxoplasmosis en ganado de matadero de Trinidad

Se obtuvieron muestras de suero de animales domésticos de producción (bovinos, aviar, porcinos, ovinos, caprinos y búfalos de agua) sacrificados en varios mataderos de Trinidad y se examinaron con aglutininas de tres zoonosis. Se examinó un total de 751 sueros, de los cuales 2 (0,3 p. 100), ambos de origen aviar, fueron positivos para aglutininas de *Brucella abortus* mediante el Test de Rose Bengal, pero ambos fueron negativos usando el test de aglutinación serológica en tubo (SAT). Treinta y seis (4,8 p. 100) de los 749 sueros fueron positivos para *Coxiella burnetii* por aglutinación capilar (CAT), con la prevalencia más elevada, 11,3 p. 100, detectada en suero porcino y la más baja, 0 p. 100, en ovinos y caprinos. La diferencia no fue estadísticamente significativa ( $P \geq 0,05$ ;  $\chi^2$ ). De los 131 sueros examinados, 26 (19,8 p. 100) presentaron aglutininas de *Toxoplasma gondii* con una prevalencia que varió de 5,5 p. 100 en cerdos a 42,9 p. 100 en cabras. Se concluye que los animales domésticos de producción de Trinidad están libres de *Brucella abortus*, pero *C. burnetii* y *T. gondii* existen, y son reportadas por la primera vez en la isla.

**Palabras clave** : Animal de carne - *Brucella abortus* - *Coxiella burnetii* - *Toxoplasma gondii* - Suero - Prevalencia - Agglutinina - Matadero - Trinidad.

# Utilisation du test ELISA de détection des antigènes circulants de trypanosomes dans le cadre d'un suivi épidémiologique dans la zone de Sidéradougou, Burkina Faso

A. Delafosse<sup>1</sup> Z. Bengaly<sup>1</sup> G. Duvallet<sup>2</sup>

## Mots-clés

Bovin - Trypanosomose - Test ELISA - Antigène - *Trypanosoma* - Prélèvement sanguin - Diagnostic - Infestation - Epidémiologie - Burkina Faso.

## Résumé

Des plasmas, prélevés lors d'un suivi parasitologique sur la trypanosomose bovine, ont été testés *a posteriori* à l'aide du test de détection des antigènes circulants. Le but était d'évaluer l'intérêt de ce test pour l'épidémiologie, en comparant les résultats obtenus à ceux d'un diagnostic parasitologique usuel (examen du *buffy coat*). L'étude a porté sur une cohorte de 297 bovins dont 216 provenaient de quatre villages de la zone pastorale de Sidéradougou, région indemne de glossines à la suite d'un vaste programme d'éradication. Ces animaux ont été prélevés en saison des pluies (septembre 1986), en début (janvier 1987) et en fin de saison sèche (mai 1987). Le diagnostic parasitologique a été effectué sur le terrain et les plasmas ont été conservés à -20°C. Le diagnostic sérologique a été réalisé en août 1993. Les taux d'incidence de la trypanosomose bovine obtenus avec le test de détection des antigènes circulants sont faibles dans les cheptels situés au centre de la zone. Ils diminuent proportionnellement à la distance entre le lieu de prélèvement et la limite de la zone infestée. Les résultats du diagnostic parasitologique sont concordants sauf pour un village situé en bordure de la zone traitée. L'utilisation du test de détection des antigènes circulants confirme donc la faible incidence de la trypanosomose dans le centre de la zone de Sidéradougou après la campagne d'éradication. Elle permet également d'affiner les résultats de l'enquête parasitologique en montrant la persistance des trypanosomes dans les zones périphériques plus exposées aux réinfestations.

## INTRODUCTION

La trypanosomose animale africaine (TAA) est un facteur limitant du développement de l'élevage dans les zones subhumides d'Afrique. Différentes techniques permettent de diagnostiquer cette parasitose, la plus usuelle étant l'examen microscopique direct de l'interface entre les globules rouges et le plasma ou *buffy coat* après une centrifugation en tube capillaire (8).

Ce diagnostic, par mise en évidence directe des trypanosomes, a l'avantage d'être très spécifique. Son inconvénient réside dans sa mauvaise sensibilité, estimée expérimentalement à 55 p. 100 pour les infections à *Trypanosoma congolense* et à 48 p. 100 pour les infections à *T. vivax* (5). Le diagnostic parasitologique sous-estime donc l'incidence de la TAA.

Pour tenter d'améliorer le dépistage des animaux infectés, un test de détection des antigènes circulants de trypanosomes, de type ELISA, a été proposé en 1989 par Nantulya et Lindqvist (9). Ce test utilise des anticorps monoclonaux spécifiques dirigés contre *T. congolense*, *T. vivax* et *T. brucei*. Masake et Nantulya (6) ont

estimé la sensibilité de ce test, lors d'infections expérimentales par *T. congolense*, à 94,3 p. 100 chez les chèvres et 82,5 p. 100 chez les bovins.

Une évaluation menée au Centre international de Recherche-Développement sur l'Élevage en Zone subhumide (5) a permis, à partir d'infections expérimentales chez des petits ruminants, de calculer des sensibilités de 63,2 p. 100 lors d'infections à *T. congolense* et de seulement 9,9 p. 100 lors d'infections à *T. vivax*.

La spécificité de ce test a été évaluée à partir de plasmas provenant de régions indemnes de trypanosomes pathogènes. Ainsi, sur 40 plasmas de bovins prélevés en Europe et testés vis-à-vis de trois antigènes monoclonaux spécifiques, il n'y a eu aucun faux positif (5).

L'existence d'éventuelles réactions croisées entre les différentes espèces de trypanosomes n'a jamais été évaluée expérimentalement. Dans des conditions naturelles, seule l'absence d'interaction des infections à *T. theileri* avec le diagnostic des trypanosomoses animales par détection des antigènes circulants, a pu être montrée (3).

Ce travail cherche à évaluer l'intérêt du test de détection des antigènes circulants dans le cadre d'un suivi épidémiologique de ter-

1. CIRDES, 01 BP 454, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

2. CIRAD-EMVT, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier, France

rain. Pour cela, des plasmas provenant d'une cohorte de bovins suivis pendant un an, de juin 1986 à juin 1987, ont été analysés *a posteriori* en 1993. Ces bovins proviennent en partie de quatre villages situés dans la zone pastorale de Sidéradougou (Burkina Faso), région indemne de glossines à la suite d'un vaste programme d'éradication par lâchers de mâles stériles (1, 2).

## ■ MATERIEL ET METHODES

La population étudiée est une cohorte de 216 bovins répartis dans quatre villages situés dans la zone indemne de glossines. Deux villages, Sidéradougou et Dingasso, sont en bordure de cette zone, alors que les deux autres, Moussobadougou et Nyarafo, sont enclavés (tableau I).

La population témoin est constituée d'une cohorte de 81 bovins provenant d'un village (Kassandé) situé à 20 km au sud de la zone libérée de glossines.

TABLEAU I

### Caractéristiques de la population étudiée

Zone géographique	Nombre de bovins suivis	Distance par rapport aux zones infestées de glossines (km)
Moussobadougou	20	18
Nyarafo	48	14
Dingasso	115	4
Sidéradougou	33	0
Kassandé	81	-
Total	297	-

Les animaux ont été suivis pendant une année, de juin 1986 à juin 1987. Des prélèvements de sang ont été effectués en saison des pluies (septembre 86), en début de saison sèche (janvier 87) et en fin de saison sèche (mai 87).

Sur chaque prélèvement, un diagnostic parasitologique a été effectué immédiatement après la prise de sang. La technique utilisée était l'examen direct du *buffy coat* après une simple centrifugation en tube capillaire (8). Les bovins positifs étaient traités avec de l'acéturate de diminazène (Berenil®) à la dose de 7 mg/kg (1, 7).

Après sédimentation des hématies, les plasmas étaient prélevés et une goutte de benzoate de sodium était ajoutée afin d'améliorer leur conservation. Les plasmas ont ensuite été congelés et conservés à -20°C jusqu'au mois d'août 1993. A ce moment-là, les échantillons ont été décongelés et testés avec la technique ELISA de détection des antigènes circulants de trypanosomes (9).

Par ailleurs, les plasmas provenant de 23 bovins infectés par *T. congolense* (10 plasmas) ou *T. vivax* (13 plasmas) et prélevés en 1986 dans un village proche de Bobo-Dioulasso (Satiri) ont également été testés, afin d'évaluer l'état de conservation des antigènes circulants.

Les seuils de positivité retenus étaient une densité optique (D.O.) de 0,05 pour le diagnostic des infections à *T. congolense* et à *T.*

*brucei*, et une D.O. de 0,02 pour celles à *T. vivax*. Ce protocole a été élaboré à la suite de l'évaluation faite au CIRDES (5).

La saisie et l'analyse des données ont été effectuées avec le logiciel EPI INFO.

## ■ RESULTATS

Les sensibilités du test ELISA pour le diagnostic des infections à *T. congolense* et à *T. vivax* ont été calculées à partir des plasmas des bovins parasitologiquement positifs (tableau II). Sur 50 plasmas, 23 provenaient de Satiri, 10 de Kassandé (zone témoin) et 17 de la zone pastorale de Sidéradougou.

TABLEAU II

### Résultats du test de détection des antigènes circulants chez des bovins infectés par *T. congolense* et *T. vivax*

Test ELISA (anticorps monoclonal spécifique)	Bovins infectés par <i>T. congolense</i>	Bovins infectés par <i>T. vivax</i>	Total
positif	6	9	15
négatif	4	31	35
total	10	40	50

La sensibilité d'un test (Se) se définit comme le rapport des vrais positifs sur la somme des vrais positifs et des faux négatifs.

On a donc ici :

pour *T. congolense*,  $Se = 6/10 = 0,6$

et pour *T. vivax*,  $Se = 9/40 = 0,22$ .

Les résultats des suivis parasitologique et sérologique sont exprimés en fonction du lieu et de la date des prélèvements (tableaux III et IV).

TABLEAU III

### Résultats du suivi parasitologique

	Nombre de bovins positifs à l'examen parasitologique			Total
	sept. 86	jan. 87	mai 87	
Moussobadougou	0	0	0	0
Nyarafo	0	0	1	1
Dingasso	0	12	3	15
Sidéradougou	0	0	1	1
Kassandé	0	1	9	10
Total	0	13	14	27

Rq : tous les trypanosomes isolés appartenait à l'espèce *T. vivax*.

TABLEAU IV  
Résultats du suivi sérologique

	Nombre de bovins positifs à l'examen sérologique			Total
	sept. 86	janv. 87	mai 87	
Moussobadougou	0	0	1	1 (1)
Nyarafo	1	3 (2)	2 (1)	6 (4)
Dingasso	12	32 (24)	22 (8)	66 (44)
Sidéradougou	11	14 (3)	6 (1)	31 (15)
Kassandé	9	18 (11)	17 (6)	44 (26)
Total	33	67 (40)	48 (17)	148 (90)

Les chiffres entre parenthèses représentent les nouveaux cas.

A partir de ces résultats, des taux d'incidence annuels de la TAA ont été calculés. Les taux d'incidence (TI) calculés avec les résultats du diagnostic parasitologique seront appelés par la suite taux d'incidence parasitologiques, ceux calculés avec le test ELISA seront appelés taux d'incidence sérologiques.

Un taux d'incidence est défini comme le rapport du nombre d'individus tombés malades au cours d'une période donnée, sur le nombre d'individus-temps exposés au risque pendant la même période. Pour simplifier les calculs, on a considéré que les bovins positifs s'étaient infectés au milieu de la période séparant deux prélèvements, soit deux mois avant le diagnostic de la TAA. Les bovins traités à l'acéturate de diminazène ont été considérés comme indemnes de trypanosomes et donc de nouveau exposés au risque d'infection. Les animaux positifs au test ELISA et non traités ont été considérés comme infectés et donc non exposés au risque d'infection.

Les taux d'incidence annuels de la TAA ont été calculés pour chaque zone retenue dans l'étude (tableau V).

TABLEAU V

Taux d'incidence parasitologiques et sérologiques en fonction de la zone géographique

Zone géographique	TI parasitologiques (%)	TI sérologiques (%)
Moussobadougou	0	5
Nyarafo	2,1	8,7
Dingasso	13,3	48
Sidéradougou	3	67,7
Kassandé	12,6	38,8

A titre d'exemple, le calcul des taux d'incidence à Dingasso est détaillé ci-après :

• Pour le TI parasitologique, le nombre de malades est de 15. Le nombre d'individus-temps (ici des bovins-mois) exposés au risque

est de  $(115 \times 4)$  bovins-mois du 1er juin 86 au 1er octobre 86, de  $[(12 \times 2) + (103 \times 4)]$  bovins-mois du 1er octobre 86 au 1er février 87, et de  $[(3 \times 2) + (112 \times 4)]$  bovins-mois du 1er février 87 au 1er juin 87. Ce qui fait en tout 1350 bovins-mois exposés au risque.

Le taux d'incidence parasitologique annuel est alors de :

$$TIp = (15/1350) \times 12 = 0,133 \text{ soit } 13,3 \text{ p. } 100.$$

• Pour le taux d'incidence sérologique, le calcul est le même mais les animaux positifs au test ELISA et non traités doivent être exclus du calcul du dénominateur car ils ne sont plus exposés au risque.

$$TIs = (44/[(12 \times 2) + (103 \times 4) + (79 \times 4) + (24 \times 2) + (71 \times 4) + (8 \times 2)]) \times 12 = 0,48 \text{ soit } 48 \text{ p. } 100.$$

La figure 1 permet de comparer les taux d'incidence annuels de la TAA en fonction du type de diagnostic utilisé et du lieu de prélèvement.

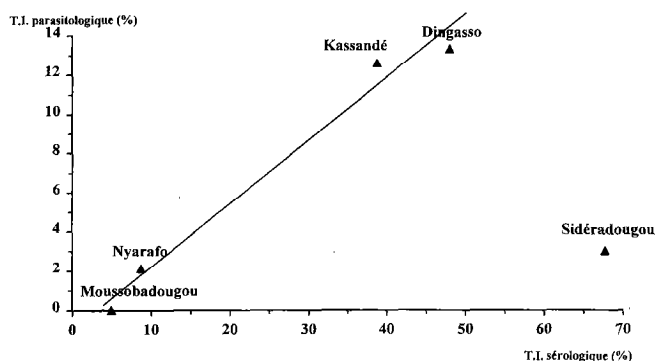


Figure 1 : résultats comparés des diagnostics parasitologique et sérologique.

Les taux d'incidence calculés avec le test ELISA diminuent lorsque la distance séparant le lieu de prélèvement et la limite de la zone traitée augmente (tableau VI, figure 2).

TABLEAU VI

TI calculés avec le test ELISA et distances séparant le lieu de prélèvement et la limite de la zone traitée

	Distance lieu de prélèvement/limite zone traitée (km)	TI sérologiques (%)
Moussobadougou	18	5
Nyarafo	14	8,7
Dingasso	4	48
Sidéradougou	0	67,7

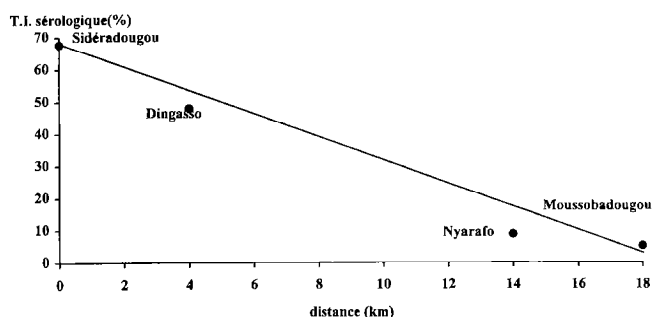


Figure 2 : répartition des TI calculés avec le test ELISA en fonction de la distance séparant le lieu de prélèvement et la limite de la zone traitée.

## DISCUSSION

Les sensibilités du test de détection des antigènes circulants calculées dans cette étude sont proches de celles trouvées au CIRDES (5) lors d'infections naturelles chez des bovins. Il semble donc que les sept années de stockage des plasmas n'aient pas altéré les antigènes circulants. En effet, si cela avait été le cas, le grand nombre de faux négatifs aurait fait baisser les sensibilités du test. Ce test de détection des antigènes circulants a parfois montré une spécificité et une sensibilité réduites (4). Un nouveau protocole est en cours d'évaluation dans un projet coordonné par l'Agence internationale pour l'Énergie atomique (AIEA, Vienne, Autriche).

On note une bonne concordance entre les résultats des deux techniques de diagnostic, à l'exception de ceux obtenus dans le village de Sidéradougou.

A Moussobadougou et à Nyarafa, villages les plus éloignés des zones infestées de glossines, les taux d'incidence parasitologiques et sérologiques sont faibles. Ainsi, à Moussobadougou, le TI parasitologique est nul alors que le TI sérologique est 8 fois plus faible que celui calculé dans la zone témoin. A Nyarafa, les TI parasitologique et sérologique sont respectivement 6 et 4,5 fois plus faibles que ceux obtenus à Kassandé (zone témoin). Les quelques cas observés pourraient être liés à la transmission mécanique de *T. vivax* par des diptères hématophages (tabanides, stomoxes) (11, 12).

A Dingasso, village situé en bordure de la zone traitée, des glossines avaient été capturées pendant le déroulement du suivi, marquant une tendance à la réinvasion de la zone (1, 7). Les TI parasitologique et sérologique calculés à Dingasso sont respectivement 1,05 et 1,25 fois plus élevés que ceux relevés à Kassandé.

A Sidéradougou par contre, les résultats sont divergents. Le TI parasitologique est 4 fois plus faible que celui de la zone témoin, alors que le TI sérologique est 1,75 fois plus élevé que celui calculé dans cette même zone. Ce phénomène pourrait s'expliquer par une sensibilité particulièrement faible du test parasitologique dans le village de Sidéradougou. En effet, le nombre de faux négatifs augmente si les bovins infectés contrôlent bien leur parasitémie, ce qui peut être le cas s'ils se trouvent dans de bonnes conditions d'entretien (12). Dès lors, le nombre de trypanosomes par ml de sang est trop faible pour pouvoir être détecté après une simple centrifugation en tube capillaire (les seuils de détection étant de 500 trypanosomes/ml pour *T. brucei*, de 1250 tryp./ml pour *T. vivax* et de 6250 tryp./ml pour *T. congolense*) (10).

Ces résultats divergents pourraient également s'expliquer par un nombre important de faux positifs avec le test ELISA. Cela suppo-

serait l'existence chez les bovins du village de Sidéradougou uniquement, d'un organisme entraînant des réactions croisées.

Une autre explication prend en compte les traitements trypanocides qui auraient été beaucoup plus nombreux autour de Sidéradougou. En effet, on y trouve de nombreux agents techniques et aussi le service provincial des ressources animales, ce qui faciliterait la réalisation de ces traitements en cas de maladies ou de suspicion par les éleveurs.

Par ailleurs, la corrélation observée entre le TI sérologique et la distance séparant le lieu de prélèvement de la limite de la zone infestée de glossines, laisse à penser que ce test permet de se faire une idée plus juste du contact entre les cheptels bovins et les vecteurs. Ainsi, le village de Sidéradougou étant situé en bordure de la zone infestée de glossines, il est probable que le cheptel suivi ait été exposé au risque d'infection, ce qui apparaît uniquement avec le diagnostic sérologique.

Différents facteurs limitent les interprétations à donner à ces résultats. La bonne conservation des antigènes circulants n'a pu être démontrée formellement. Pour ce faire, il aurait fallu réaliser une série de tests avant la période de stockage puis comparer les résultats obtenus avant et après.

Par ailleurs, les cohortes suivies dans les différents sites retenus sont de tailles inégales. De plus, étant donné la mauvaise sensibilité du diagnostic parasitologique, il aurait été préférable de disposer d'effectifs plus importants. Ceci est particulièrement vrai dans les zones où la TAA a fortement régressé du fait de la disparition des vecteurs.

L'absence de données sur les modes de conduite des cheptels est également un handicap pour l'interprétation des résultats. Ainsi, dans le village de Sidéradougou, il aurait été important de connaître la localisation des zones de pâturages (en zone infestée ou en zone indemne de glossines).

Enfin, la distinction entre les différentes espèces de trypanosomes au niveau du diagnostic sérologique n'a pas été prise en compte. En aucun cas, ce travail n'aborde le problème de la fiabilité du test de détection des antigènes circulants pour le diagnostic différentiel des infections à *T. vivax*, *T. congolense* ou *T. brucei*.

Ce travail présente deux originalités par rapport aux études épidémiologiques déjà effectuées sur le sujet.

Il s'agit tout d'abord d'une enquête sérologique effectuée *a posteriori*, sept années après la réalisation des prélèvements sur le terrain. Par ailleurs, la zone étudiée a été artificiellement libérée des glossines, les régions situées alentour restant infestées (2). A la suite du suivi parasitologique, la disparition de la trypanosomose avait été constatée, en dehors de réinfections localisées, liées à des réinvasions par les glossines (à Dingasso) (1, 7).

Les interprétations tirées de cette enquête sérologique permettent d'affiner ces résultats. On observe en effet des taux d'incidence croissants du centre de la zone pastorale (où ils sont faibles mais non nuls) vers sa périphérie où les TI sont équivalents à ceux calculés dans la zone témoin.

Le test ELISA de détection des antigènes circulants de trypanosomes pourrait être utilisé pour apprécier l'impact de la lutte antivectorielle sur l'incidence de la TAA.

Dans ce cadre, des cheptels sentinelles, situés dans les zones libérées des glossines, pourraient être régulièrement prélevés afin de surveiller l'évolution des taux d'incidence. En cas de remontées significatives de ceux-ci, des sondages entomologiques confirmeraient ou non la réinvasion de la zone, ce qui déboucherait sur une nouvelle campagne de lutte.



## Remerciements

Nous tenons à remercier pour leur assistance le Dr Saydil M. Touré, Directeur Général du CIRDES, le Dr Bauer et l'équipe du laboratoire du CIRDES.

## BIBLIOGRAPHIE

1. BAUER B., PETRICH-BAUER J., KABORE I., MATTAUSCH M., SOME J., TAMBOURA I., 1988. Epidemiological survey in the pastoral zone of Sidéradougou (Burkina Faso). Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, CRTA/GTZ, 7 p. (rapport d'activité)
2. CUISANCE D., POLITZAR H., MEROT P., TAMBOURA I., 1984. Les lâchers de mâles irradiés dans la campagne de lutte intégrée contre les glossines dans la zone pastorale de Sidéradougou (Burkina Faso). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.* **37**, (4) : 449-467.
3. DELAFOSSE A., BENGALY Z., DUVALLET G., 1995. Absence d'interaction des infections à *Trypanosoma theileri* avec le diagnostic des trypanosomoses animales par détection des antigènes circulants. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.* **48**, (1) : 18-20.
4. DESQUESNES M., de La ROQUE S., 1995. Comparaison de la sensibilité du test de Woo et d'un test de détection des antigènes de *Trypanosoma vivax* chez deux moutons expérimentalement infectés avec une souche guyanaise du parasite. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.* **48**, (3) : 247-253.
5. KANWE A.B., BENGALY Z., SAULNIER D., DUVALLET G., 1992. Evaluation du test de détection des antigènes circulants de trypanosomes à l'aide d'anticorps monoclonaux. Infections expérimentales et naturelles. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.* **45**, (3-4) : 265-271.
6. MASAKE R.A., NANTULYA V.M., 1991. Sensitivity of an antigen detection enzyme immunoassay for diagnosis of *Trypanosoma congolense* infections in goats and cattle. *J. Parasitol.* **7**, (2) : 231-236.
7. MATTAUSCH M., 1990. Epidemiologische Untersuchungen des Trypanosomosis von Rind und Schaf im Anschluß an eine Tsetsefliegen-Tilgung in des Weidegebieten von Sidéradougou, Burkina Faso. Hannover, Allemagne, Tierärz. Hochsch. Dis., 134 p.
8. MURRAY M., MURRAY P.K., Mc INTYRE W.I.M., 1977. An improved parasitological technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.* **71** : 325-326.
9. NANTULYA V.M., LINQVIST K.J., 1989. Antigen-detection enzyme immunoassays for the diagnosis of *T. vivax*, *T. congolense* and *T. brucei* infections in cattle. *Trop. Med. Parasitol.* **40**: 267-272.
10. PARIS J., MURRAY M., McODIMBA F., 1982. A comparative evaluation of the parasitological techniques currently available for the diagnosis of African trypanosomiasis in cattle. *Acta Tropica*, **39**: 309-316.
11. SOLANO P., AMSLER-DELAFOSSSE S., 1995. *Trypanosoma congolense* chez différentes espèces de taons (*Diptera : Tabanidae*) au Burkina Faso. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48** (2) : 145-146.
12. TRONCY P.M., ITARD J., MOREL P.C., 1981. Précis de parasitologie vétérinaire tropicale. Maisons-Alfort, France, IEMVT, 717 p.

Reçu le 16.1.96, accepté le 10.6.96

## Summary

**Delafosse A., Bengaly Z., Duvallet G.** Use of *Trypanosoma* antigen detection ELISA during an epidemiological survey in the Sideradougou area, Burkina Faso

Plasmas taken during a parasitological survey on bovine trypanosomosis were tested *a posteriori* with an antigen detection ELISA test. The objective was to evaluate the value of this test for epidemiological monitoring. The results were compared to those obtained using the usual parasitological technique (buffy coat examination). Of the 297 zebu cattle heads studied, 216 came from four villages in the pastoral zone of Sideradougou. A large eradication programme had led to the disappearance of tsetse in the area. Blood samples were taken during the rainy saison (September 1986), at the beginning (January 1987) and at the end (May 1987) of the dry season. The parasitological diagnosis was carried out in the field and plasmas were stored at -20°C. The serological test was performed in August 1993. The incidence rates of bovine trypanosomosis obtained with antigen detection ELISA were low in the center of the zone. These rates decreased proportionally to the distance between the blood sampling area and the limit of the infested area. The results of the parasitological diagnosis were similar except for a village located on the border of the treated zone. The use of antigen detection ELISA confirmed the low incidence of trypanosomosis in the center of the area of Sideradougou following the eradication campaign. It also enables to obtain finer parasitological results pointing out the trypanosome persistence in peripheric zones, more exposed to reinfestations.

**Key words:** Cattle - Trypanosomosis - ELISA - Antigen - *Trypanosoma* - Blood sampling - Diagnosis - Infestation - Epidemiology - Burkina Faso.

## Resumen

**Delafosse A., Bengaly Z., Duvallet G.** Uso del ELISA para la detección de antígenos circulantes de tripanosomas durante una encuesta epidemiológica en la zona de Sideradougou, Burkina Faso

En el transcurso de un seguimiento parasitológico de la tripanosomosis bovina, se obtuvieron plasmas, los cuales fueron examinados *a posteriori*, gracias al test de detección de antígenos circulantes. El objetivo era el de evaluar el interés de este test en la encuesta epidemiológica, comparando los resultados con los de un diagnóstico parasitológico común (examen del *buffy coat*). El estudio se realizó sobre una cohorte de 297 bovinos, de los cuales 216 provenían de cuatro pueblos de la zona pastoril de Sideradougou, región indemne de glosinas, después de un amplio programa de erradicación. Las muestras de estos animales se obtuvieron durante la estación de las lluvias (septiembre 1986), así como al inicio (enero 1987) y al final de la estación seca (mayo 1987). El diagnóstico parasitológico se llevó a cabo en el campo y los plasmas se conservaron a -20°C. El diagnóstico serológico se realizó en agosto de 1993. Las tasas de incidencia de la tripanosomosis bovina, obtenidas mediante el test de detección de los antígenos circulantes, son bajas en los hatos localizados en el centro de la zona. Estas disminuyen proporcionalmente con la distancia entre el sitio de obtención de la muestra y el límite de la zona infestada. Los resultados del diagnóstico parasitológico concuerdan, excepto en el caso de un pueblo situado en la frontera de la zona estudiada. De esta manera, el uso del test de detección de antígenos circulantes, confirma la baja incidencia de la tripanosomosis en el centro de la zona de Sideradougou, después de la campaña de erradicación. Esto permite igualmente de definir los resultados de la encuesta parasitológica, mostrando la persistencia de los tripanosomas en las zonas periféricas, más expuestas a las reinfestaciones.

**Palabras clave :** Ganado bovino - Tripanosomosis - ELISA - Antígeno - *Trypanosoma* - Muestra sanguínea - Diagnóstico - Infestación - Epidemiología - Burkina Faso.

# Prévalence de *Rhinoestrus usbekistanicus* (Gan 1947) chez l'âne (*Equus asinus*) au Sénégal

P. Deconinck<sup>1</sup> L.J. Pangui<sup>1</sup> A. Githego<sup>1</sup>

Ph. Dorchies<sup>2</sup>

## Mots-clés

Ane - *Rhinoestrus usbekistanicus* - Larve - Diapause - Abattoir - Sénégal.

## Résumé

Une enquête réalisée à Dakar (Sénégal) a révélé la présence de *Rhinoestrus usbekistanicus* pour la première fois chez l'âne au sud du Sahara. De novembre à juin, 138 têtes ont été examinées ; 84 p. 100 hébergeaient une moyenne de 15,9 larves (9,7 L1, 1,8 L2 et 4,1 L3). Une diapause larvaire a lieu à partir de mars pendant la saison sèche.

## ■ INTRODUCTION

Parmi les insectes brachycères, la famille des Oestridés regroupe des agents de myiases des voies respiratoires supérieures. Les équidés en hébergent trois espèces appartenant au genre *Rhinoestrus*. Il s'agit de *R. purpureus* et de *R. latifrons* du cheval et de l'âne en région paléarctique, de *R. usbekistanicus* du cheval et de l'âne en région paléarctique et du zèbre de Burchell (*Equus burchelli*) en Afrique, au sud du Sahara.

Au cours d'autopsies d'ânes provenant de l'abattoir du zoo de Dakar, *R. usbekistanicus*, qui n'avait jamais, jusqu'alors, été trouvé chez l'âne au sud du Sahara, a pu être identifié. L'objectif de ce travail était de souligner la prévalence de ce parasite, dont l'étude morphologique en microscopie électronique de balayage a été publiée (1), car les larves L2 n'avaient jamais encore été décrites. Le rôle pathogène de ce parasite semble limité : sur le plan clinique aucune manifestation particulière n'a été observée sur les 138 animaux qui ont fait l'objet de ce travail. Des lésions de pneumonie interstitielle chronique, qui ressemblaient à celles décrites par Hmidouch et Ames au Maroc (2), ont été observées. Si les sujets examinés par ces auteurs hébergeaient *Dictyocaulus armfieldi*, ce n'était pas le cas au Sénégal où aucun animal de l'effectif suivi n'était parasité par cet helminthe.

## ■ MATERIEL ET METHODES

### Période d'étude et animaux examinés

L'enquête s'est déroulée de novembre 1994 à juin 1995 à Dakar (Sénégal). Cent trente huit têtes d'ânes de race locale âgés de 2 à 15 ans (moyenne 6,3 ans) ont été récoltées à l'abattoir du zoo où

les carcasses de ces animaux sont utilisées pour alimenter les fauves. Elles étaient fournies de façon irrégulière par le négociant et c'est ainsi que 12 à 27 têtes étaient examinées chaque mois (tableau I).

### Technique de récolte

Les têtes étaient fendues à la scie longitudinalement afin de pouvoir examiner soigneusement les cavités nasales, les sinus et les volutes de l'éthmoïde. A la fin de cet examen, elles étaient immergées pendant une heure environ dans un récipient rempli d'eau pour permettre aux larves qui avaient échappé à l'examen visuel de remonter à la surface.

Les larves récoltées étaient classées par âge (L1, L2, et L3), identifiées selon les critères de Zumpt (10), comptées et conservées dans de l'alcool à 70°C.

Au laboratoire, 134 larves L3 ont été déposées sur de la terre sèche, dans une enceinte fermée, pour mesurer la durée de la pupaison à une température ambiante moyenne de 20,5 à 26,4°C et avec une humidité relative de 54 à 76 p. 100.

## ■ RESULTATS ET DISCUSSION

Parmi les 138 têtes, 113, soit 84 p. 100, hébergeaient entre 1 et 118 larves (moyenne 15,9 larves de *Rhinoestrus usbekistanicus* dont 9,7 L1, 1,8 L2 et 4,1 L3). Les pourcentages de L1, L2 et L3 ont varié selon la saison (figure 1).

De novembre à janvier, début de la saison sèche, il semble que les infestations sont permanentes et que l'évolution des larves se fait rapidement dans l'organisme puisque le pourcentage de L1 est faible par rapport aux larves 2 et 3. La pupaison semble encore possible à l'extérieur où il reste encore quelques mares et des bas-fonds humides, et la température n'est pas trop élevée (20 à 25°C).

A partir de février le nombre de larves diminue considérablement. Cela avait été observé en Egypte pour *R. purpureus* où les parasites sont absents durant deux mois d'hiver (9). Au Sénégal,

1. Ecole inter-Etats des Sciences et Médecine vétérinaire de Dakar, BP 5077, Dakar, Sénégal.

2. Laboratoire de Parasitologie UAR/INRA, Ecole nationale vétérinaire, 23 chemin des Capelles, 31076 Toulouse Cedex, France.

TABLEAU I  
Récapitulation des résultats

	nb. d'ânes	infestés	nb. de larves/porteur	L1	L2	L3
Novembre	12	83%	16,3	1,1	6,9	8,2
Décembre	19	95%	16,1	0,5	4,1	11,4
Janvier	14	93%	14,3	1,0	2,9	10,4
Février	12	75%	4,7	0,0	0,7	2,3
Mars	27	56%	14,9	14,3	0,1	0,6
Avril	24	79%	19,5	19,2	0	0
Mai	16	94%	19,7	19,7	0	0
Juin	14	79%	21,8	21,8	0	0
<b>Total ou moyennes</b>	<b>138</b>	<b>84%</b>	<b>15,9</b>	<b>9,7</b>	<b>1,8</b>	<b>4,1</b>

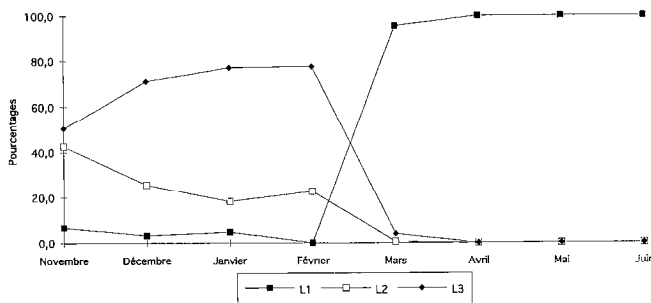


Figure 1 : évolution comparative des pourcentages des stades larvaires de *Rhinoestrus usbekistanicus*

de mars jusqu'en juin, en plein cœur de la saison sèche, il est particulièrement frappant que les seules larves rencontrées soient du premier âge : il n'y a aucune L2 ni L3. Cette inhibition totale du développement larvaire est vraisemblablement liée à la température extérieure élevée et à l'extrême sécheresse, toutes deux défavorables à la pupaison. Cette diapause n'a pas été observée pour *R. purpureus* en Egypte (9) mais a été signalée au Sénégal pour *Oestrus ovis* (3).

Il aurait été souhaitable de poursuivre les travaux durant la saison des pluies pour déterminer la date de reprise du développement larvaire, mais cela a été impossible pour des raisons pratiques.

La durée moyenne de la pupaison des 79 adultes qui ont éclos était de 23 à 24 jours, durée similaire à celle de trois semaines observée pour *R. usbekistanicus* en Afrique du Sud (10).

L'aire de dispersion de *R. usbekistanicus* semble étendue. Cet insecte est habituellement observé chez le cheval (7) et chez le cheval Kulan en Turkménie et au Kazakhstan (8) près de la mer Caspienne et au Turkmenistan (4, 5), chez l'âne et l'âne sauvage (*Equus hemionus*) au Turkmenistan (6). Ce parasite existe de la région paléarctique jusqu'aux frontières nord de la région éthiopienne. Zumpt (10) le signale en Algérie. Dakkak A., Khallaayoune K. et Dorchie Ph. (observations non publiées) l'ont observé à Rabat au Maroc sur sept sujets parmi neuf ânes et mulets abattus. Kilani M., Dargouth M. et Dorchie Ph. (observations non publiées) l'ont aussi retrouvé à Tunis chez un âne parmi trois sujets examinés. La présence de ce parasite chez

l'âne au sud du Sahara n'est pas surprenante puisqu'il a été observé plus au sud, au Buchanaland, chez le zèbre (10). Pour l'instant, on ne sait pas s'il est passé chez l'âne à partir des équidés sauvages ou s'il a été véhiculé par les caravanes traversant le Sahara. La diapause, qui débute en cours de saison sèche, a pu faciliter le transfert d'une région à l'autre.

#### BIBLIOGRAPHIE

- GUITTON C., DORCHIES Ph., MORAND S., 1996. Scanning electron microscopy of larval instars and imago of *R. usbekistanicus* (Gan 1947) (Oestridae). *Parasite*, 3 (2) : 155-159.
- HMIDOUCH A., AMES T., 1994. Pneumonies interstitielles chroniques chez les chevaux de trait au Maroc. In : Bakkoury M. et Prentis R.A. eds, Working equines. Rabat, Maroc, Actes Sud, p. 127-136.
- PANGUI L.J., DORCHIES Ph., BELOT J., 1988. Contribution à l'étude épidémiologique de l'Oestrose ovine au Sénégal. *Revue Méd. vét.*, 139 : 701-704.
- RASTEGAEV Y.M., 1984. Ecological characteristics of horse botflies (Diptera, Oestridae, Gastrophilidae) in the desert zone of the Caspian Lowland. *Entomologicheskoe Obozrenie*, 63 : 455-459.
- RASTEGAEV Y.M., 1984. Distribution and species composition of botflies (Diptera, Oestridae, Gastrophilidae) of horses in the Turkmenian SSR. *Izvestiya Akademii Nauk Turmenskoï SSR, Biologicheskikh Nauk*, 3 : 65-67.
- RASTEGAEV Y.M., 1984. The fauna of nose flies and stomach botflies (Diptera, Oestridae, Gastrophilidae) of jackasses, Asiatic wild asses and mules in the Turkmen SSR. *Izvestiya Akademii Nauk Turmenskoï SSR, Biologicheskikh Nauk*, 4 : 67-69.
- RASTEGAEV Y.M., 1985. Warble-flies of whole-hoofed animals of Kazakhstan and measures for their control. In: Balakhnov Y.S. ed., Khimioprofilaktika, patogenez i epizootologiya parazitov sel'skokhozyaïstvennykh zhivotnykh. Alma-Ata, USSR, Vostochnoe Otdelenie Vashnii, p. 117-119.
- RASTEGAEV Y.M., 1985. Botflies (Oestridae, Gasterophilidae) of relict forms of odd-toed ungulates in the USSR. *Parazitologiya*, 19 : 491-492.

Prevalence of *Rhinoestrus usbekistanicus* in Senegal

9. ZAYED A.A., HILALI M., EL METENAWY T.M., 1993. Studies on *Rhinoestrus purpureus* (Diptera : Oestridae larvae infesting donkeys (*Equus asinus*) in Egypt. Incidence and Seasonal Variations. *J. Eq. vet. Sc.*, **13** : 46-49.

10. ZUMPT F., 1965. Myiasis in man and animals in the old world. London, United Kingdom, Butterworths, 267 p.

Reçu le 28.11.95, accepté le 16.4.96

**Summary**

**Deconinck P., Pangui L.J., Githego A., Dorchies Ph.**  
Prevalence of *Rhinoestrus usbekistanicus* (Gan 1947) in donkeys (*Equus asinus*) in Senegal

A survey performed in Dakar (Senegal) showed, for the first time, the presence of *Rhinoestrus usbekistanicus* in donkeys in the South of the Sahara desert. Out of the 138 heads examined between November and June; 84 % were infected by a mean burden of 15,9 larvae (9,7 L1, 1,8 L2 and 4,1 L3). There is a hypobiotic period starting in March during the dry season.

**Key words** : Donkey - *Rhinoestrus usbekistanicus* - Larvae - Diapause - Abattoir - Sénégal.

**Resumen**

**Deconinck P., Pangui L.J., Githego A., Dorchies Ph.**  
Prevalencia de *Rhinoestrus usbekistanicus* (Gan 1947) en el asno (*Equus asinus*) en Senegal

Una encuesta realizada en Dakar (Senegal), reveló, por primera vez, la presencia de *Rhinoestrus usbekistanicus* en el asno del Sahara del Sur. Ochenta y cuatro por ciento (84 %) de las 138 cabezas examinadas de noviembre a junio presentaron una carga larval media de 15,9 (9,7 L1, 1,8 L2 y 4,1 L3). El período hipobiótico comienza en marzo, al final de la estación seca.

**Palabras clave** : Asno - *Rhinoestrus usbekistanicus* - Larva - Diapausa - Matadero - Senegal.

# *Theileria parva* (Kasoba): isolation and challenge of cattle recovered from infection with other *Theileria parva* stocks

F.L. Musisi<sup>1</sup> J.C. Quiroga<sup>1</sup> G.K. Kanhai<sup>1</sup>

S.P. Kamwendo<sup>1</sup> F.J. Mzoma<sup>1</sup> L.M. Njuguna<sup>1</sup>

## Key words

Zebu - Cattle - East Coast Fever - *Theileria parva* - Tick - Experimental infection - Immunization - Statistical analysis - Malawi.

## Summary

A pathogenic *Theileria* stock was isolated from control cattle during an East Coast Fever (ECF) field immunization trial at Kasoba near Karonga town in northern Malawi. A stabilate of this stock caused severe fevers and prolonged parasitosis in *Theileria parva* naive cattle, resulting in the death of 5 out of 12 cattle despite treatment. In contrast, this parasite stock caused mild to moderate reactions in 17 cattle immunized with the trivalent *T. parva* stabilate except in 3 animals which developed severe reactions, and one of them died. Another time, cattle immunized with buffalo-derived *Theileria parva* (Serengeti transformed) resisted a potentially fatal challenge, with only mild to moderate reactions being recorded. The parasite stock was morphologically and serologically indistinguishable from *Theileria parva* (Muguga); it was virulent and could cause mortality, particularly in *T. parva* naive cattle. The parasite stock was designated *Theileria parva* (Kasoba).

## ■ INTRODUCTION

East Coast Fever (*Theileria parva* infection in cattle) is endemic in central and northern Malawi. In one study, East Coast Fever (ECF) caused approximately 10 % and 1 % mortalities in bovine calves and adults, respectively (13), and was considered a major constraint on the improvement of dairy cattle industry. Recently, Chinombo *et al.*, (5) showed that ECF continues to be a major constraint and concluded that smallholder dairy farmers would benefit from immunization of their cross-bred cattle against ECF. A pool of cattle-derived *Theileria parva* (Muguga), cattle-derived *Theileria parva* (Kiambu 5) and buffalo-derived *Theileria parva* (Serengeti transformed) stabilates (8) protected cattle against various *T. parva* stocks from Uganda, Kenya and Tanzania (12). D.E. Radley (unpublished data) noted similar protection during cross-immunity studies between the above combination and Malawi *T. parva* stocks. Consequently, the Malawi Government authorized immunization against ECF in the field where it is now routinely done in improved cattle. This paper describes the isolation of *Theileria* (Kasoba) from control cattle at Kasoba near Karonga town, northern Malawi, during an ECF immunization field trial and discusses protection of cattle recovered from infection with other *T. parva* stocks against a challenge with the Kasoba stock.

## ■ MATERIAL AND METHODS

### Cattle and ticks

The cattle used were Friesian-Malawian zebu crosses about two years of age from farms practising strict tick control in southern

Malawi where ECF has not been reported. All cattle were serologically negative to *T. parva* antigen in the immunofluorescent antibody test (IFAT) described by Burridge and Kimber (4). A *Rhipicephalus appendiculatus* (Muguga) tick colony was maintained as described by Bailey (1) and used for picking up the parasite from the control cattle at Kasoba and subsequent stabilate production.

### *Theileria parva* stocks, drugs and immunization

Stabilates of *T. parva* (Muguga) (3), *T. parva* (Kiambu) (7), and buffalo-derived *T. parva* (Serengeti transformed) (14) were pooled to form a trivalent *T. parva* stabilate used to immunize cattle for the first and second *Theileria* (Kasoba) challenge experiments. Immunization was done by administering intramuscularly long-acting oxytetracycline (20 mg/kg body weight) followed by a subcutaneous injection of 0.5 ml of either the trivalent *T. parva* stabilate or buffalo-derived *T. parva* (Serengeti transformed) stabilate into each animal. The tetracycline blocked potentially severe reactions while parvaquone and halofuginone lactate treated overt clinical theileriosis cases.

### Isolation and production of *Theileria* (Kasoba), stabilate No. 66

During an ECF field immunization trial at Karonga (11), laboratory-reared non-infected *R. appendiculatus* nymphae were fed on control cattle reacting to a *Theileria* field infection to pick up parasites. Nine hundred and fifteen adult *R. appendiculatus* moulted from the nymphae and 370 ticks were fed on ears of rabbits for four days to allow parasite maturation. Ten male and 10 female ticks were dissected to estimate infection rates using the Feulgen stain (2). Using the method described by Cunningham *et al.* (6), the remaining fed ticks were prepared into a stabilate to a final concentration of 10 ticks per ml of media.

1. East Coast Fever vaccine production, Quality Control and Immunization Projects, c/o FAO Representative, PO Box 30750, Lilongwe 3, Malawi

**Viability of *Theileria* (Kasoba), stabilate No. 66**

Two animals, seronegative to *T. parva* in IFAT, were each inoculated subcutaneously in the front of the right ear with 1.0 ml of the prepared stabilate to assess its infectivity. Development and progress of the infection were monitored daily by recording rectal temperatures, taking lymph node biopsy smears daily when parotid and prescapular lymph nodes became enlarged, and blood smears after detection of *Theileria* schizonts. Lymph node biopsy and blood smears were fixed with methanol on microscope slides, air-dried, Giemsa stained, and examined using normal light microscopy. Schizont parasitosis scoring was as described by Musisi *et al.* (10), namely: Ma(+) - 1 macroschizont per smear; Ma+ - 1 macroschizont per 10 fields; Ma2+ - 1 macroschizont per field; and Ma3+ - more than 1 macroschizont per field at x 1000 magnification. Cattle were bled and sera extracted for IFAT to monitor development of *T. parva* antibody titres on days 0, 14, 21, 28, 35, 42, 49 and 56 post-infection.

**Challenge of trivalent *T. parva* and *T. parva* (Serengeti transformed) immunized cattle**

Each animal from a group of 7 and another of 10 cattle immunized with the trivalent *T. parva* stabilate received subcutaneously a potentially lethal dose of 1 ml *Theileria* (Kasoba); each group had 4 cattle as controls. Parasite and clinical reactions were monitored as before. Another time, 2 control cattle in a group of cattle immunized with buffalo-derived *T. parva* (Serengeti transformed) were challenged with 1 ml of *Theileria* (Kasoba).

**Statistical analysis**

Significance of differences between the mean prepatent periods to detection of schizonts and to fever for the three groups of cattle (table I) was analysed. Similar analysis was done on differences between the mean duration of detection of the schizonts and of fever (table I), and for differences between the degree of parasitosis and of fever (figure 1). Using the t-test, means of 2 samples were compared assuming equal variance. Differences were significant at a value of P<0.05.

**RESULTS**

A 50 % infection rate was recorded in the 10 male and 10 female ticks dissected; the infections were as follows: males 2, 5, 6, 26 acini, and females 3, 7, 21, 32, 53 acini. Thus, the mean number of acini infected was 7.8.

A temperature  $\geq 39.5^{\circ}\text{C}$  denoted fever in cattle. Control group (CG) results (table I) are derived from combining results of the cattle used in infectivity of stabilate No. 66, and of the control

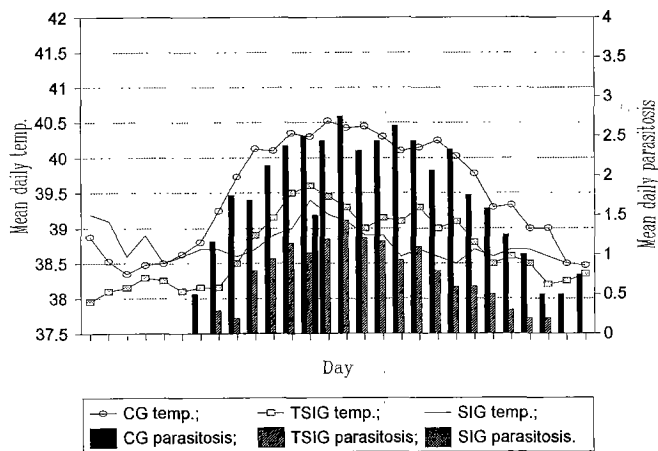


Figure 1: temperatures and parasitosis of *Theileria* (Kasoba) challenged cattle.

groups in the three challenge experiments. *Theileria* schizonts were detected in all 12 animals of the control group. On average, cattle in this group developed schizonts within  $7.9 \pm 1.2$  days for a mean duration of  $15.5 \pm 2.3$  days. The mean period for developing a fever was  $9.0 \pm 1.9$  days spanning a mean period of  $13.5 \pm 3.9$  days. Eleven of the 12 cattle reacted severely and 5 died of ECF; the remaining cattle reacted moderately. All cattle that were alive by day 28 had developed significant serological titres ( $\geq 1:640$ ) to *T. parva* (Muguga) schizont antigen.

Results of the first and second challenge experiments were pooled to form the trivalent stabilate immunized group (TSIG) shown in table I and schizonts were detected in 15 of the 17. The mean prepatent period was  $10.0 \pm 1.2$  days for a mean duration of  $9.0 \pm 4.1$  days. Thirteen of the 17 cattle had a mean period to fever detection of  $12.1 \pm 3.9$  days and on average the fever lasted  $6.5 \pm 4.8$  days. Three of the 17 cattle reacted severely and 1 died while the remainder did not react or reacted mildly to moderately. Although detection of schizonts in some immunized cattle was prolonged (table I and figure 1), parasitosis was generally low compared to that of control cattle. In the third challenge experiment, schizonts were detected in only two of the *T. parva* (Serengeti transformed) immunized group (SIG) shown in table I; the prepatent period was  $12.5 \pm 0.7$  days with a mean duration of schizont detection of  $3.0 \pm 2.8$  days. Six of the 11 cattle developed a fever whose mean prepatent period was  $9.0 \pm 2.0$  days lasting on the average for  $6.0 \pm 2.0$  days.

TABLE I

**Responses of immunized and non-immunized groups of cattle to challenge with *Theileria parva* (Kasoba)**

Group (No. in group)	Mean prepatent period to		Duration of detecting		Severity of reaction
	schizont	fever	schizont	fever	
	(days)	(days)	(days)	(days)	
CG (12)	$7.9 \pm 1.2$	$9.0 \pm 1.9$	$15.5 \pm 2.3$	$13.5 \pm 3.9$	5F, 6S, 1NM
TSIG (17)	$10.0 \pm 1.2$	$12.1 \pm 3.9$	$9.4 \pm 4.1$	$6.5 \pm 4.8$	1F, 2S, 15NM
SIG (11)	$12.5 \pm 0.7$	$9.0 \pm 2.0$	$3.0 \pm 2.8$	$6.0 \pm 2.0$	11NM

CG: control group; TSIG: trivalent stabilate immune group; SIG: Serengeti stabilate immune group; F: fatal; S: severe; NM: no reaction/mild to moderate reaction.

The post-mortem examination of carcasses revealed a typical ECF post-mortem flagrant picture, namely haemorrhages throughout the tissues, oedematous and ulcerated abomasum, enlarged congested liver, enlarged and friable spleen, oedematous frothy and generally haemorrhagic pulmonary tissues, and congested, sometimes haemorrhagic, kidneys with artifact "infarcts" which are white spots under the capsule full of parasitised lymphocytes.

## ■ DISCUSSION

The mean infection rate was low (7.8 acini) for the batch of ticks used to prepare stabilate No. 66 in comparison to rates observed in *T. parva* (Muguga) infected ticks at the Lilongwe Laboratory (F.L. Musisi, unpublished data). However, despite this apparent low infection rate, the stabilate was infective and caused severe reactions as shown in table I and figure 1. The infectivity and severity of reactions observed in the control group in this study are similar to those for the control cattle in a study by Musisi *et al.* (9) on cross-protection between Kasoba stock and Tanzanian stocks: *Theileria parva* (SAO Hill) and *Theileria parva* (West Kilimanjaro).

The mean prepatent period to schizonts was significantly shorter for CG than for either TSIG or SIG ( $P < 0.001$  in each case). The differences between TSIG and SIG were also significant ( $P < 0.017$ ). The mean duration of parasitosis for CG was significantly longer than for either TSIG or SIG ( $P < 0.001$ ), but was not significant between TSIG and SIG ( $P > 0.05$ ). The mean prepatent periods to detection of fever for CG was significantly shorter than for TSIG ( $P < 0.021$ ), but was not significantly different between either CG and SIG ( $P = 1$ ), or TSIG and SIG ( $P > 0.90$ ). The mean duration of fever for CG was significantly longer than for either TSIG or SIG ( $P < 0.001$ ), but the differences between the immunized groups were not significant ( $P > 0.90$ ). The level of fever (figure 1) was significantly higher in CG than in any of the immunized groups ( $P < 0.0001$ ), but the differences between the immunized groups were not significant ( $P > 0.3918$ ). The degree of parasitosis was significantly higher in CG than in TSIG ( $P < 0.0001$ ); no statistical comparisons were done between the CG, TSIG and SIG because there was only one day with a result for the SIG (figure 1). In conclusion, *Theileria* (Kasoba) generally caused shorter prepatent periods to detection of schizonts, prolonged schizont parasitosis and fever, a greater parasitosis and higher fever in the control group than in the immunized groups. In contrast, mild fevers and very low level transient schizont parasitosis occurred in immunized cattle (figure 1).

TSIG and SIG showed a degree of resistance to challenge with *Theileria* (Kasoba) as seen from their significantly longer prepatent periods to schizonts when compared to those of CG. The shorter durations of fevers and parasitosis, and the low level fevers and parasitosis in TSIG and SIG confirm this resistance. These results suggest a close antigenic relationship between the *Theileria* (Kasoba) stock and the *T. parva* stocks used to immunize the cattle. The serological identity, in IFAT, of all *T. parva* stocks used in this study further confirms this relationship. The observations from the three challenges show that the buffalo-derived *T. parva* (Serengeti transformed) alone protected at least as well, if not better, than the cocktail of the trivalent stabilates. This leads to the question whether the trivalent combination is really necessary.

The *Theileria* parasite isolated from Kasoba, northern Malawi, produces schizonts and piroplasms that are morphologically indistinguishable from *T. parva* (Muguga). It is serologically indistinguishable from the *T. parva* (Muguga) stock. It causes high

and prolonged fever and parasitosis that tend to result in death of cattle not previously exposed to *T. parva* parasite stocks; the Kasoba stock is therefore virulent. It is a pathogenic *T. parva* stock and is thus designated *Theileria parva* (Kasoba).

## Acknowledgements

We gratefully acknowledge the assistance in this project of many colleagues, particularly K. E. Chamambala, M. V. Kamtotole and R. G. Mwangonde. This study is part of a research work funded by the FAO and the Netherlands Government in collaboration with the Malawi Government in the FAO Programme for Tick and Tick-borne Disease Control in East and Central Africa.

## REFERENCES

1. BAILEY K.P., 1960. Notes on the rearing of *Rhipicephalus appendiculatus* and their infection with *Theileria parva* for experimental transmission. *Bull. Epizoot. Dis. Afr.*, **8**: 33-43.
2. BLEWETT D.A., BRANAGAN D., 1973. The demonstration of *Theileria parva* infection in intact *Rhipicephalus appendiculatus* salivary glands. *Trop. Anim. Health Prod.*, **5**: 22-25.
3. BROCKLESBY D.W., BARNETT S.F., SCOTT G.R., 1961. Morbidity and mortality rates in East Coast Fever (*Theileria parva* infection) and their application in drug screening. *Br. vet. J.*, **117**: 101-103.
4. BURRIDGE M.J., KIMBER C.D., 1972. The indirect fluorescent antibody test for experimental East Coast Fever (*Theileria parva* infection of cattle). Evaluation of a cell culture schizont antigen. *Res. vet. Sci.*, **13**: 451-455.
5. CHINOMBO D.O., MZOMA F.J., MUSISI F.L., 1989. East Coast Fever in Malawi (1983-1987). In: Dolan T.T. ed., Theileriosis in Eastern, Central and Southern Africa. Proceedings of a Workshop on East Coast Fever Immunization, Lilongwe, Malawi, 20-22 Septembre 1988. Nairobi, Kenya, ILRAD, p. 12-16.
6. CUNNINGHAM M.P., BROWN C.G.D., BURRIDGE M.J., JOYNER L.P., PURNELL R.E., 1973. Cryopreservation of infective particles of *Theileria parva*. *Int. J. Parasit.*, **3**: 89-95.
7. IRVIN A.D., PURNELL R.E., BROWN C.G., CUNNINGHAM M.P., LEDGER M.A., PAYNE R.C., 1974. The application of an indirect method of infecting ticks with piroplasms for use in the isolation of field infections. *Br. vet. J.*, **130**: 280-288.
8. LUMSDEN W.H.R., HARDY G.J.C., 1965. Nomenclature of living parasite material. *Nature London*, **205**: 1032.
9. MUSISI F.L., JACOBSEN P., QUIROGA J.C., NJUGUNA L.M., 1994. Isolation of *Theileria parva* (SAO Hill) and *Theileria parva* (West Kilimanjaro) and their cross-immunity with *Theileria parva* (Kasoba). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **47** (3): 297-300.
10. MUSISI F.L., MORGAN D.W., SCHELS H.F., 1985. Treatment of theileriosis with parvaquone in Zambia. *Vet. Rev.*, **116**: 338-339.
11. MUSISI F.L., QUIROGA J.C., NGULUBE B., KANHAI G.K., 1989. An East Coast Fever immunization field trial at Kasoba in Malawi. In: Dolan T.T. ed., Theileriosis in Eastern, Central and Southern Africa. Proceedings of a Workshop on East Coast Fever Immunization. Lilongwe, Malawi, 20-22 September, 1988. Nairobi, Kenya, ILRAD, p. 187-188.
12. RADLEY D.E., 1981. Infection and treatment method of immunization against theileriosis. In: Irvin A.D., Cunningham M.P., Young A.S. eds., Advances in the Control of Theileriosis. The Hague, the Netherlands, Martinus Nijhoff, p. 227-237.
13. World Bank, 1988. Livestock Development in Malawi. Washington D.C., USA, World Bank.
14. YOUNG A.S., PURNELL R.E., 1973. Transmission of *Theileria lawrencei* (Serengeti) by ixodid tick *Rhipicephalus appendiculatus*. *Trop. Anim. Health Prod.*, **5**: 146-152.

Reçu le 2.5.95, accepté le 14. 5. 96



**Résumé**

**Musisi F.L., Quiroga J.C., Kanhai G.K., Kamwendo S.P., Mzoma F.J., Njuguna L.M.** *Theileria parva* (Kasoba) isolée et testée sur du bétail guéri après infection par d'autres stocks de *Theileria parva*

Un stock pathogène de *Theileria* a été isolé à partir de bovins témoins, lors d'un test d'immunisation sur le terrain contre la theilériose bovine à Kasoba, près de la ville de Karonga au Nord du Malawi. Un stabilat issu de ce stock a causé des fièvres graves et une parasitose prolongée chez du bétail n'ayant jamais été infecté par *Theileria parva*, provoquant la mort de 5 animaux sur 12 en dépit du traitement. D'un autre côté, ce stock de parasites a seulement causé des réactions légères à modérées chez 17 bovins préalablement immunisés avec un stabilat trivalent de *T. parva*, excepté chez trois animaux qui ont développé des réactions sévères et l'un d'eux en est mort. Une autre fois, le bétail immunisé avec *Theileria parva* (Serengeti transformé) provenant de buffle a résisté à une inoculation potentiellement fatale en ne montrant que des réactions légères et modérées. Ce stock de parasites s'est avéré morphologiquement et sérologiquement semblable à *Theileria parva* (Muguga) ; il était virulent et pouvait provoquer la mort, en particulier chez du bétail n'ayant jamais été infecté par *T. parva*. Ce stock de parasites a été ainsi appelé *Theileria parva* (Kasoba).

**Mots-clés** : Zébu - Bovin - Theilériose - *Theileria parva* - Tique - Infection expérimentale - Immunisation - Analyse statistique - Malawi.

**Resumen**

**Musisi F.L., Quiroga J.C., Kanhai G.K., Kamwendo S.P., Mzoma F.J., Njuguna L.M.** *Theileria parva* (Kasoba): aislamiento y examen de ganado recuperado de la infección por otros tipos de *Theileria parva*

Se aisló un tipo patogénico de *Theileria* en ganado control, durante un trabajo de campo de inmunización contra la Fiebre de la Costa Este (ECF) en Kasoba, cerca de la ciudad de Taronga en el norte de Malawi. Un inóculo de este patógeno provocó fiebres severas y parasitosis prolongadas en ganado indemne de *Theileria parva*, conduciendo a la muerte de 5 de los 12 animales, a pesar del tratamiento. Por otro lado, este parásito causó reacciones de moderadas a leves en 17 animales inmunizados con el inóculo trivalente de *T. parva*, excepto en 3 animales, que desarrollaron reacciones severas, y 1 sobre 3 murió. Anteriormente, ganado inmunizado con *T. parva* (transformación Serengeti), derivada de búfalo, resistió a una prueba potencialmente fatal, presentando únicamente reacciones moderadas o leves en el ganado inmunizado. Morfológica y serológicamente, este parásito fue imposible de diferenciar de *T. parva* (Muguga). Es virulento y puede causar mortalidad, principalmente en ganado libre de *T. parva*. El parásito fue designado *Theileria parva* (Kasoba).

**Palabras clave** : Cebú - Ganado bovino - Fiebre de la Costa oriental - *Theileria parva* - Garrapata - Infección experimental - Inmunización - Análisis estadístico - Malawi.

# Nouvelle approche pour l'estimation de l'âge des glossines par analyse d'image de l'aile

S. de La Rocque<sup>1</sup> B. Geoffroy<sup>2</sup> D. Cuisance<sup>1</sup>

## Mots-clés

*Glossina tachinoides* - *Glossina* - Age - Aile - Analyse d'image.

## Résumé

Une première étude sur l'évaluation de l'âge de *Glossina tachinoides* Westwood, 1850, par analyse des niveaux de gris de l'aile est réalisée. Sur des lots de femelles provenant du laboratoire, cinq groupes apparaissent significativement différents. A condition d'être validée sur des glossines naturelles, cette méthode pourrait constituer une nouvelle approche de ce facteur important dans l'épidémiologie des trypanosomoses animales.

## ■ INTRODUCTION

La connaissance de l'âge des glossines est un élément important pour étudier l'épidémiologie des trypanosomoses, évaluer l'efficacité des campagnes de lutte antivectorielle et analyser les dynamiques de population de ces insectes. Différentes techniques de détermination ont été décrites, certaines fondées sur l'examen de structures morphologiques externes : usure des ailes (4), couleur de l'abdomen, capacité de dévagination du ptilinum par pression, élasticité du tégument thoracique, d'autres sur l'examen de structures morphologiques internes : stade de maturation des ovaires (2, 3, 8), présence du sac intestinal résiduel et longueur de la membrane péritrophique pour les glossines ténérales (6), ou d'autres encore sur le dosage de substances physiologiques (taux de ptéridine) (5, 7). Cependant ces méthodes sont peu précises ou longues et fastidieuses pour une utilisation sur le terrain.

Dès 1950, Squire avait imaginé d'utiliser la couleur des ailes comme critère d'évaluation de l'âge (9). Il regroupait les glossines en trois groupes selon la teinte de leurs ailes, allant du fumé pour les jeunes mouches au fauve pour les plus âgées (1). Les techniques actuelles d'analyse d'images ont incité les auteurs à approfondir cette idée, pour tenter de mettre au point un outil rapide et simple de détermination de l'âge des glossines.

## ■ MATERIEL ET METHODES

Des glossines femelles (*Glossina tachinoides* Westwood, 1850) d'âge connu, provenant de l'élevage du CIRAD/ORSTOM de Montpellier ont été utilisées. Leurs ailes sont montées à sec entre lame et lamelle, puis examinées sous une loupe binoculaire (grossissement 50). Une caméra, reliée à un ordinateur (logiciel

Optimas®) permet de fixer l'image sur l'écran, puis d'analyser le niveau de gris obtenu par transparence.

La surface étudiée doit être suffisamment grande pour éviter une trop importante variabilité induite par les différentes microstructures alaires (notamment les microtriches). Dans cette étude, un disque de 0,5 mm de diamètre situé sous la base de la cellule en "hachette", devant l'intersection de la nervure longitudinale V et de la nervure transverse postérieure (figure 1) a été retenu comme surface d'analyse.

Huit séries d'ailes ont été examinées, correspondant à des glossines âgées de 0, 5, 10, 14, 19, 26, 40 et 55 jours et comprenant respectivement 31, 24, 23, 24, 22, 24, 24 et 27 échantillons. Pour chaque aile, a été relevé d'une part la valeur moyenne du niveau de gris, et d'autre part l'amplitude des variations de gris dans l'aire de mesure (différence entre les valeurs des pixels les plus sombres et les plus clairs). Les moyennes sont comparées par analyse de variance, puis deux à deux (test de t). Les variances sont comparées par le test de F. Le risque choisi est de 5 p. 100 pour tous les tests.

Les valeurs de gris obtenues sont étroitement dépendantes des caractéristiques de la lumière incidente. Pour pallier à cet inconvénient, les valeurs retenues correspondent en fait à la différence entre un niveau "zéro" obtenu en l'absence d'aile et la valeur affichée.

## ■ RESULTATS

Lorsque la glossine est au repos, l'aile gauche recouvre la droite dans les deux tiers des cas, quel que soit l'âge de l'insecte (S. de La Rocque, non publié). Cette observation est à prendre en considération car l'aile supérieure est exposée aux souillures exogènes, souvent importantes dans des conditions d'élevage. Les analyses ont donc été réalisées sur les ailes inférieures.

Jusqu'à 12 paires d'ailes peuvent être montées sur une même lame. Il a été vérifié que la technique et le matériel de montage

1. CIRAD-EMVT, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

2. ORSTOM, Département Santé, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1, France

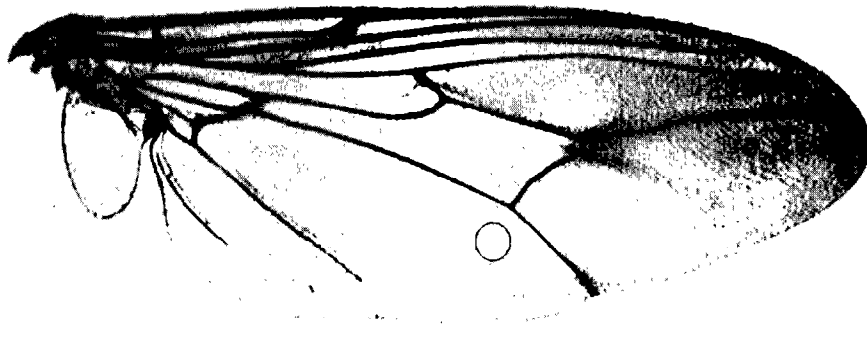


Figure 1: position de l'aire circulaire de mesure (petit cercle) sur l'aile de *Glossina tachinoides*.

n'induisait pas de variation entre les lames au sein de la même classe d'âge.

### Variation du niveau de gris moyen avec l'âge

Lors de cette étude, cinq classes d'âge significativement différentes ont pu être séparées :  $J_0$ ,  $J_{10}$ - $J_{14}$ ,  $J_{19}$ ,  $J_{26}$ - $J_{40}$  et  $J_{55}$ . La classe  $J_5$  est intermédiaire entre les classes  $J_0$  et  $J_{10}$ - $J_{14}$ , dont elle ne diffère pas au risque choisi.

Le niveau de gris moyen évolue avec l'âge selon trois phases distinctes (figure 2) : il diminue durant les deux semaines qui suivent l'éclosion (différences significatives entre  $J_0$  et  $J_{10}$ - $J_{14}$ ), puis augmente fortement et régulièrement entre la deuxième et la quatrième semaine (différences significatives entre  $J_{10}$ - $J_{14}$ ,  $J_{19}$  et  $J_{26}$ - $J_{40}$ ), pour se stabiliser en plateau légèrement ascendant par la suite (différences significatives entre  $J_{26}$ - $J_{40}$  et  $J_{55}$ ).

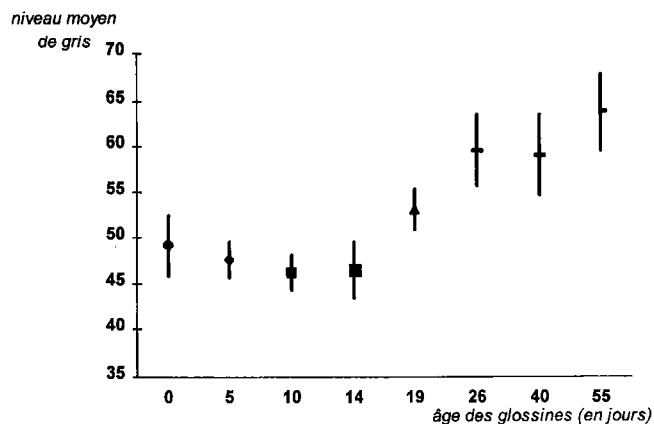


Figure 2 : évolution du niveau de gris moyen avec l'âge (les valeurs indiquées correspondent à la différence entre un "niveau 0" valant 255 et la valeur obtenue).

### Amplitude des variations de gris à l'intérieur des disques

Les moyennes de l'amplitude des variations de gris dans l'aire circulaire choisie ne diffèrent pas significativement selon les classes d'âge : le contraste entre les microstructures alaires les plus sombres et les plus claires reste donc constant. La classe  $J_0$  fait exception, avec une amplitude plus faible que celle de toutes les autres classes d'âge.

### DISCUSSION

Juste après l'éclosion de l'adulte, les ailes sont gris-foncé, et teintées de manière homogène. Dans les jours qui suivent, le niveau de gris moyen diminue, les ailes s'éclaircissent globalement. En même temps les microtriches s'assombrissent, ce qui augmente le contraste entre les microstructures de l'aile et donc l'amplitude des variations de gris. Ensuite ce contraste reste constant, mais l'aile devient globalement plus grise, rapidement dans un premier temps, plus lentement ensuite.

Les écarts-types autour des moyennes de niveau de gris sont élevés. Ils pourraient certainement être réduits par une meilleure maîtrise dans la constance de la lumière incidente. Les résultats seront certainement plus probants lorsque le niveau d'autres couleurs pourra être analysé. Le jaune semble, à vue d'œil, évoluer nettement avec l'âge.

Cette approche est cependant prometteuse pour le développement d'une méthode simple et rapide qui permettrait de distinguer cinq classes d'âge chez les glossines à partir de la couleur des ailes. Ces classes sont particulièrement intéressantes car il est admis que ce sont essentiellement les mouches ténérales qui s'infectent, et que le cycle des parasites dans l'insecte dure justement le temps de passer d'une phase à l'autre (environ 10 jours pour *Trypanosoma vivax*, 14 jours pour *T. congolense* et 30 jours pour *T. brucei*).

Cette première étude a été réalisée avec des glossines d'élevage sur une seule espèce (*G. tachinoides*). Elle demande à être confirmée sur des mouches *in natura* dont l'âge est connu, soit par des lâchers de lots marqués et recapturés, soit par référence à l'âge physiologique chez des femelles disséquées. La méthode mérite également d'être appliquée à d'autres espèces ou sous espèces de glossines.

### BIBLIOGRAPHIE

1. BUXTON P.A., 1955. The natural history of tsetse flies. London, United Kingdom, London School of Hygiene and tropical Medicine, H.K. Lewis, 816 p. (Collection Memoirs No. 10)
2. CHALI IFR A., 1965. Amélioration de la méthode de détermination de l'âge physiologique des glossines. Etudes faites sur *Glossina palpalis gambienseis* Vanderplank, 1949. *Bull. Soc. Path. exot.*, **58** : 250-259.
3. ITARD J., 1966. Cycle de l'oogénèse chez les femelles de *Glossina tachinoides* West. et détermination de l'âge physiologique. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **19** : 331-350.
4. JACKSON C.H.N., 1946. An artificially isolated generation of tsetse flies. *Bull. ent. Res.*, **37** : 291-299.

## Tsetse fly age estimate by image analyzing of the wings

5. LANGLEY P.A., HALL M.J.R., FELTON T., 1988. Determining the age of tsetse flies, *Glossina* spp. (Diptera: Glossinidae): an appraisal of the pteridine fluorescence technique. *Bull. ent. Res.*, **78**: 387-395.
6. LAVEISSIERE C., 1975. Détermination de l'âge des glossines ténérales (*Glossina tachinoïdes* Westwood). *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **13** : 3-11.

7. LEHANE M.J., MAIL T.S., 1985. Determining the age of adult male and female *Glossina morsitans morsitans* using a new technique. *Ecol. Entomol.*, **10**: 219-224.
8. SAUNDERS D.S., 1960. Determination of physiological age for female *Glossina morsitans*. *Nature*, **186**: 651.
9. SQUIRE F.A., 1950. Age-grouping of tsetse flies as an aid in the study of their bionomics. *Nature*, **165**: 307-308.

Reçu le 8.1.96, accepté le 18.6.96

### Summary

**De La Rocque S., Geoffroy B., Cuisance D.** A new approach to estimate tsetse fly ages by image analyzing of the wings

A first study has been performed to determine the age of *Glossina tachinoïdes* Westwood, 1850 by analyzing the various levels of grey in the wing. Among the laboratory female tsetse flies studied, five groups stood out as significantly different. This method could constitute a new approach of this important factor in the study of animal trypanosomosis epidemiology, provided it is confirmed with non-laboratory tsetse flies.

**Key words:** *Glossina tachinoïdes* - *Glossina* - Age - Wing - Image analysis.

### Resumen

**De La Rocque S., Geoffroy B., Cuisance D.** Nuevo enfoque para la estimación de la edad de las glosinas mediante el análisis de la imagen del ala

Se realizó un primer estudio sobre la evaluación de la edad de la *Glossina tachinoïdes* Westwood, 1850 mediante el análisis de los niveles de gris en el ala. Entre grupos de hembras provenientes de laboratorio, se distinguen cinco grupos significativamente diferentes. Con la condición de una previa verificación sobre glosinas naturales, este método podría representar un nuevo enfoque para el estudio de este importante factor en la epidemiología de los tripanosomas animales.

**Palabras clave:** *Glossina tachinoïdes* - *Glossina* - Edad - Ala - Análisis de la imagen.

# Evaluation de l'attractivité de *Glossina palpalis palpalis* vis-à-vis de l'homme et du porc dans la région de Daloa en Côte d'Ivoire

M. Dagnogo<sup>1</sup> G. Traoré<sup>1</sup> M. Koné<sup>1</sup>

## Mots-clés

Homme - Porcin - *Glossina palpalis palpalis* - Attractif - Piège - Variation saisonnière - Côte d'Ivoire.

## Résumé

Des expériences de captures de *G. p. palpalis* ont été faites en utilisant le porc et l'homme dans le village de Noumousséria II (zone forestière de Daloa) en Côte d'Ivoire. L'analyse des résultats montre que : 1) les récoltes faites avec le porc sont 2,4 fois plus abondantes que celles réalisées avec l'homme ; 2) le pourcentage de femelles capturées sur le porc est plus élevé (76,16 p. 100) que celui des mâles alors que chez l'homme aucune différence n'apparaît entre les sexes ; 3) l'amplitude des variations saisonnières est plus marquée chez le porc que chez l'homme. Du point de vue qualitatif, une similitude a été observée entre les échantillons de glossines prises avec le porc et ceux du piège biconique. Malgré le faible nombre de glossines marquées recapturées, il semblerait que les mouches tsé-tsé reviennent plus au porc (12 mouches tsé-tsé) qu'à l'homme (aucune).

## ■ INTRODUCTION

Les glossines modifient leur comportement alimentaire selon la disponibilité des habitats en hôtes nourriciers. C'est ainsi que divers travaux ont montré le parallèle entre une forte présence de glossines et les villages où l'on trouve le porc domestique (1, 13, 7, 15). Une diminution brutale de cet animal pourrait donc amener, pendant un certain temps, les glossines à se rabattre sur l'homme. Ce risque devrait être pris en considération car certains auteurs affirment que le porc est un réservoir du trypanosome humain (9, 19).

La présente étude a donc pour but d'analyser le comportement des mouches tsé-tsé marquées vis-à-vis de l'homme et du porc domestique.

### Lieu d'étude

Il est situé dans la sous-préfecture de Daloa qui se trouve dans la région Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Les essais ont eu lieu à Noumousséria II, village essentiellement peuplé par les ethnies Bétés et Niabouas. On y trouve, comme animaux domestiques, des porcs, des moutons et des chiens.

La zone forestière de Daloa a été touchée en 1940 par une importante épidémie de trypanosomose humaine qui y sévit depuis (8, 18).

## ■ MATÉRIEL ET MÉTHODES

Deux types de moyens de capture ont été utilisés pour la récolte des glossines : une enceinte en tulle moustiquaire avec une personne et le même système avec un porc comme appâts.

1. Centre universitaire de Formation en Entomologie médicale et vétérinaire (CEMV), 01 BP 2597 Bouaké 01, Côte d'Ivoire.

### Enceinte en tulle moustiquaire avec l'homme

Le tulle blanc utilisé dans la confection de la moustiquaire est le même que celui du piège biconique. Les dimensions de la moustiquaire sont : 200 cm de longueur, 80 cm de largeur et 150 cm de hauteur.

Les bords inférieurs et le plafond sont en percale blanche. La moustiquaire, tenue sur quatre piquets en fer à béton, a les bords relevés de 10 cm au-dessus du sol pour permettre l'entrée des glossines.

Les mouches tsé-tsé qui entrent dans ce dispositif sont attirées tout d'abord vers la lumière du plafond où elles se réfugient ; l'homme sous la moustiquaire les récolte donc au fur et à mesure de leur entrée à l'aide d'un tube à essai (figure 1).

### Enceinte en tulle moustiquaire avec le porc

Les cages tombantes sont des dispositifs constitués d'un cadre métallique recouvert de tulle moustiquaire et suspendu à un arbre à 2 m au-dessus d'un appât animal. On abaisse la cage tombante à intervalles réguliers sur celui-ci. Les mouches tsé-tsé attirées par l'appât et enfermées dans ce dispositif sont alors capturées (10, 20).

La technique des cages tombantes a été modifiée et adaptée pour la première fois à la capture des mouches tsé-tsé en utilisant un dispositif fixe dans lequel se trouve une personne (6).

Par la suite, la capture sous moustiquaire avec une personne a été adaptée à différents animaux domestiques, dont le porc.

La cage pour animaux utilisée comprend une partie inférieure cubique de 1 m de côté et une partie supérieure conique qui supporte une cage apicale servant à recueillir les glossines. Le fer à béton de 8 mm de diamètre a été utilisé pour la confection des cages. La partie supérieure des cages est supportée par 11 barres soudées à la

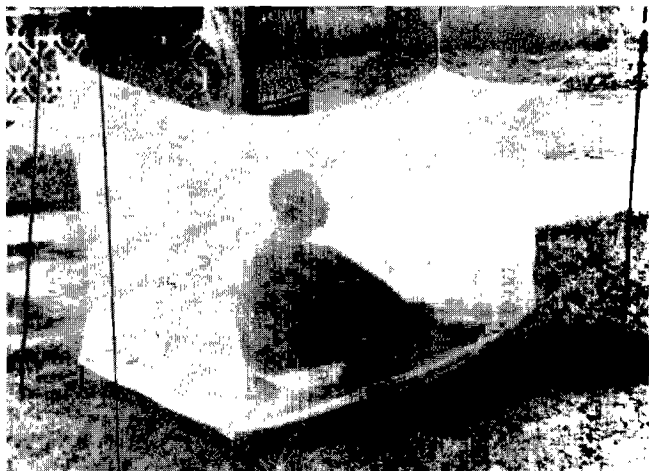


Figure 1 : échantillonnage de *G. p. palpalis* attirée par l'homme.

base et au sommet. Ce dispositif est entouré par le tulle moustiquaire blanc relevé de 10 cm au-dessus du sol pour permettre l'entrée des glossines (figure 2).

Dans cette étude, les cages pour animaux étaient visitées toutes les 30 min afin de récupérer toutes les glossines attirées par le porc. Ce temps relativement court permettait à l'observateur de récolter les mouches tsé-tsé, entrées dans ce dispositif, qui n'étaient pas encore montées jusqu'à la cage apicale. Les glossines étaient ainsi récoltées avant de se nourrir sur le porc.

Le porc dans le piège était arrosé trois fois par jour avec de l'eau pour éviter une très forte déshydratation.

### Marquage des glossines

Les captures des glossines avec l'homme et avec le porc ont été faites en 1988 dans deux endroits différents, huit jours par mois, avec permutation chaque jour de la cage et de l'homme. Les glossines ainsi prises ont été marquées avec différentes couleurs de peinture gouache sur le scutum et relâchées aussitôt.

L'expérience a été faite à la périphérie du village de Noumousséria II chaque jour de 10 à 16 h. Les glossines marquées recapturées ont été disséquées pour la recherche de trypanosomes.

## ■ RÉSULTATS

### Aspects quantitatifs

Les différents moyens de capture ont permis de récolter 1229 glossines *G. p. palpalis* en 10 mois avec le porc comme appât et 519 avec l'homme.

La récolte des mouches tsé-tsé avec le porc (12,29 mouches/jour, tableau I) a donc été 2,4 fois plus importante que celle avec l'homme (5,19 mouches/jour ;  $\text{Chi}^2 = 288,387$  ; significatif à 0,001 pour ddl = 1).

Ces résultats sur la capture de *G. p. palpalis* avec le porc et avec l'homme sont comparables à ceux obtenus sur les préférences trophiques par analyse de l'origine du sang contenu dans le tube digestif des glossines. En effet, à Daloa les populations péridomestiques de *G. p. palpalis* agressent 4 fois plus le porc (80 p. 100 des repas) que l'homme (5).

Le degré d'agressivité des glossines vis-à-vis du porc ou de l'homme est toutefois variable. Selon les auteurs, les résultats sur



Figure 2 : échantillonnage de *G. p. palpalis* attirée par le porc.

les préférences trophiques des glossines pour le porc varient de 20 à 98 p. 100 (1, 15, 13, 7).

### Aspects qualitatifs

Le rapport mâles/femelles (tableau I) de *G. p. palpalis* pris avec l'homme (246 mâles, 273 femelles) est proche de 50 p. 100 ( $\text{Chi}^2 = 1,405$  ; non significatif à 0,05 pour ddl = 1). Par contre le nombre de femelles de *G. p. palpalis* pris avec le porc (933) est 3,2 fois plus élevé que celui des mâles (296 ;  $\text{Chi} = 330,162$  ; significatif à 0,001 pour ddl = 1).

Ainsi les captures avec les pièges (biconiques, Vavoua) et avec le porc donnent-elles un pourcentage de femelles élevé (3, 16). Ces résultats rendent donc comparables ces deux méthodes de capture.

Selon plusieurs auteurs, le pourcentage élevé de capture des femelles dans une population correspond à la composition de la population naturelle car les femelles vivent en général plus longtemps que les mâles (4, 3). Les captures de *G. p. palpalis* avec l'homme ne correspondraient donc pas à la réalité.

Les résultats obtenus dans cette étude s'expliqueraient soit parce que les mâles sont plus anthropophiles que les femelles soit parce

TABLEAU I

Variations de la recapture de *G. p. palpalis* marquées  
en utilisant le porc et l'homme comme appâts olfactifs (1988)

Techniques de captures	Glossines	Secteur mésophile de Daloa																			Capture Moyenne (mouches/jour)			
		janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	septembre	octobre	novembre													
Porc	Glossines capturées	mâles	9	8	2	3	0	1	0	5	10	11	30	39	50	55	20	27	6	10	4	6	2,96±0,87	
		femelles	20	21	8	7	2	1	7	4	20	33	64	100	204	240	70	60	22	20	16	14	9,33±2,99	
		total	29	29	10	10	2	2	7	9	30	44	94	139	254	295	90	87	28	30	20	20	12,29±3,86	
	Glossines recapturées	mâles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0,06±0,01
		femelles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0,06±0,01
		total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	4	0	3	0	0	0	0	0	0,12±0,02
		pourcentage recapturés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,29	0,73	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	
	Homme	Glossines capturées	mâles	11	20	6	7	6	6	15	20	15	16	10	19	16	20	11	9	13	10	7	9	2,46±0,49
			femelles	13	10	5	3	6	6	15	10	10	19	18	15	32	30	28	20	12	9	6	6	2,73±0,87
total			24	30	11	10	12	12	30	30	25	35	28	34	48	50	39	29	25	19	13	15	5,19±1,36	
Glossines recapturées		mâles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
		femelles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
	pourcentage recapturés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	

que ces dernières préfèrent se nourrir sur le porc. En effet, selon Gouteux *et al.* (12) les femelles acquerraient progressivement un comportement trophique qui les pousseraient à s'alimenter sur le porc.

### Variations saisonnières des captures avec le porc et avec l'homme

La courbe des captures mensuelles avec le porc est bimodale avec un pic très prononcé en saison des pluies (juillet). A cette saison, le nombre de mouches tsé-tsé capturées avec le porc est en moyenne 10 à 13 fois plus élevé que celui de la saison sèche.

La courbe de la capture avec l'homme comme appât (figure 3) a une allure identique à celle faite avec le porc avec cependant de faibles amplitudes de variations saisonnières (pic étalé sur 5 mois). Cela explique les faibles coefficients d'asymétrie (0,12) et d'aplatissement (2,59) de la courbe de l'homme par rapport à ceux du porc (coefficients d'asymétrie 3,42 ; d'aplatissement 5,33).

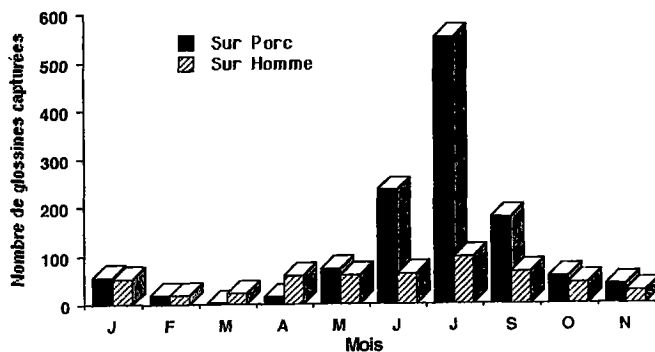


Figure 3 : variation du nombre de *G. p. palpalis* attirées soit par l'homme soit par le porc à la périphérie de villages de la région de Daloa (1988).

Selon plusieurs auteurs, la densité des mouches tsé-tsé croît de la saison sèche à celle des pluies. Cette augmentation du nombre de glossines est liée à une amélioration des conditions climatiques qui induisent alors une plus grande longévité des glossines (14, 11, 17).

L'utilisation du porc comme appât pour attirer les glossines rend mieux compte de cette augmentation.

### Taux de recapture des glossines marquées

Sur 1229 mouches tsé-tsé capturées avec le porc en 10 mois marquées et relâchées, seulement 0,98 p. 100 sont revenues sur cet animal.

Par contre aucune mouche tsé-tsé des 519 prises avec l'homme n'a été recapturée. Aucune glossine prise sur le porc n'a été recapturée sur l'homme et vice versa (tableau I).

Ces résultats bien que préliminaires semblent indiquer que *G. p. palpalis* est plus attirée par le porc que l'homme.

Parmi les mouches tsé-tsé marquées recapturées avec le porc aucune différence liée au sexe (6 mâles, 6 femelles) n'a été observée.

Il ressort de l'analyse de ces résultats que les mouches tsé-tsé qui ont piqué le porc continuent toujours de s'alimenter sur le même animal. Dans ces conditions, on peut supposer que l'importance

épidémiologique du porc comme réservoir de trypanosomes humains (9, 19) est alors amoindrie.

### CONCLUSION

La capture de *G. palpalis* en utilisant le porc comme appât, à la différence de celle faite avec l'homme, donne des résultats comparables à ceux obtenus par le piège avec :

- une récolte abondante d'insectes ;
- un pourcentage de femelles très élevé ;
- des variations saisonnières nettes.

De plus, l'utilisation du porc permet l'étude simultanée de plusieurs espèces coexistant dans les mêmes lieux, soit anthropophiles, soit zoophiles.

Le faible niveau de recapture des glossines marquées n'a pas permis d'apprécier l'amplitude des échanges entre les mouches tsé-tsé récoltées selon l'appât utilisé.

### Remerciements

Les auteurs remercient très vivement Messieurs J. Mouchet (ORSTOM, Paris) et D. Cuisance (CIRAD-EMVT, Montpellier) ainsi que les deux lecteurs anonymes dont l'aide et les conseils ont fortement contribué à l'élaboration de cet article. Ce travail a bénéficié d'un appui financier du Programme spécial PNUD/Banque mondiale/OMS de recherches et de formation concernant les maladies tropicales.

### BIBLIOGRAPHIE

1. BALDRY D.A.T., 1964. Observations on a close association between *Glossina tachinoides* and domestic pigs near Nsukka, Eastern Nigeria. II. Ecology and trypanosome infection rates in *G. tachinoides*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, **58**: 32-34.
2. CHALLIER A., 1973. Ecologie de *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank, 1949 (Diptera : Muscidae) en savane d'Afrique Occidentale. Bondy, France, ORSTOM, 274 p. (Mém. ORSTOM N°64)
3. CHALLIER A., EYRAUD M., LAFAYE A., LAVEISSIERE C., 1977. Amélioration du rendement du piège biconique pour glossines (Diptera : Glossinidae) par l'emploi d'un cône inférieur bleu. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **15**: 283-286.
4. CHALLIER A., LAVEISSIERE C., 1973. Un nouveau piège pour la capture des glossines (*Glossina*, Diptera : Muscidae) description et essais sur le terrain. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **11**: 251-262.
5. DAGNOGO M., 1994. Comportement dispersif et alimentaire de *Glossina palpalis palpalis* (Robineau - Desvoidy, 1830) (Diptera : Glossinidae) en relation avec la transmission de la trypanosomiase humaine africaine en Côte d'Ivoire. Thèse doct. d'Etat, université d'Abidjan, Abidjan, Côte d'Ivoire, 280 p. (N°204/94)
6. DAGNOGO M., LOHUIRIGNON K., EOUZAN J.P., 1987. Capture de *Glossina palpalis palpalis* (Robineau - Desvoidy, 1830) faite au piège biconique et sur capteur dans différents biotopes de la région de Daloa (Côte d'Ivoire). *Insect Sci. appl.*, **3**: 323-326.
7. DAGNOGO M., LOHUIRIGNON L., GOUTEUX J.P., 1985. Comportement alimentaire des populations péridomestiques de *Glossina palpalis* (Robineau - Desvoidy, 1830) et de *Glossina tachinoides* Westwood du domaine guinéen de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **23**: 3-8.
8. DOMERGUE-CLOAREC D., 1981. La lutte contre la trypanosomiase en Côte d'Ivoire, 1900-1945. *J. Afr. History*, **22**: 63-72.
9. GIBSON W., MEHLITZ D., LANHAM S.M., GODFREY D.G., 1978. The identification of *Trypanosoma brucei gambiense* in Liberian pigs and dogs by isoenzymes and by resistance to human plasma. *Tropenmed. Parasit.*, **29**: 335-345.



## Glossina palpalis palpalis attractiveness testing

10. GOINY H.H., 1967. Man activated mobile bait trap for tsetse control and standardized density assessments of vector populations. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **61**: 455-456.
11. GOUTEUX J.P., 1984. Ecologie des glossines en secteur préforestier de Côte d'Ivoire. Relation avec la trypanosomiase humaine et possibilité de lutte. Thèse doc. d'Etat, université Paris XI, Orsay, France, 450 p.
12. GOUTEUX J.P., CHALLIER A., LAVEISSIERE C., 1981. Modifications et essais du piège à glossines (Diptera : Glossinidae) Challier - Laveissière. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **21** : 87-99.
13. GOUTEUX J.P., LAVEISSIERE C., BOREHAM J.F.L., 1982. Ecologie des glossines en secteur préforestier de Côte d'Ivoire. 2. Les préférences trophiques de *Glossina palpalis s.l.* *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **20** : 3-18.
14. GRUVEL J., 1974. Contribution à l'étude écologique de *Glossina tachinoides* (Westwood 1850) (Diptera : Muscidae) dans la réserve de Kalamaloué, vallée du Bas-Chari. Thèse doct. d'Etat ès-Sci. nat., université de Paris VI, Paris, France, 302 p.
15. LAVEISSIERE C., COURET D., STAAK C., HERVOUET J.P., 1985. *Glossina palpalis* et ses hôtes en secteur forestier de Côte d'Ivoire. Relations avec l'épidémiologie et la trypanosomiase humaine. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **23** : 297-303.
16. LAVEISSIERE C., GREBAUT P., 1990. Recherches sur les pièges à glossines (Diptera : Glossinidae). Mise au point d'un modèle économique : le piège "Vavoua". *Trop. Med. Parasitol.*, **41** : 185-192.
17. LAVEISSIERE C., HERVOUET J.P., 1991. La trypanosomiase humaine en Afrique de l'Ouest : épidémiologie et contrôle. Bondy, France, ORSTOM, 157 p.
18. MEDA A.H., LAVEISSIERE C., DE MUYNCK A., DOUA F., DIALLO P.P., 1993. Les facteurs de risque de la trypanosomiase humaine dans les foyers endémiques de Côte d'Ivoire. *Méd. trop.*, **1** : 83-92.
19. MEHLITZ D., 1986. Le réservoir animal de la maladie du sommeil à *Trypanosoma brucei gambiense*. Maisons-Alfort, France, IEMVT, 156 p. (Etudes et Synthèses de l'IEMVT, N°18)
20. PHELPS R.J., 1968. A falling cage for sampling tsetse flies (*Glossina* : Diptera). *Rhod. J. agric. Res.*, **6**: 47-53.

Reçu le 18.12.95, accepté le 14.6.96

### Summary

**Dagnogo M., Traoré G., M. Koné.** *Glossina palpalis palpalis* attractiveness testing towards humans and pigs in the area of Daloa in Côte d'Ivoire

Trapping experiments on *Glossina palpalis palpalis* were performed using humans and pigs as baits in the village of Noumousséria II (Daloa forest area, Côte d'Ivoire). The results show that: 1) the insect population collected with pig-baited traps was 2.4-fold larger than that with human-baited traps; 2) the percentage of females captured with pig-baited traps was higher (76.16 %) than that of males, while no significant difference between the two sexes appeared with human-baited traps; 3) seasonal variations affected pig-baited traps more than human-baited traps. Qualitative analyses revealed that *Glossina* sampled from pigs were similar to those obtained with biconic traps. Despite the low number of dye-marked *Glossina* recaptured, it seems that tsetse flies are more attracted to pigs (12 tsetse flies) than to humans (none).

**Key Words** : Man - Swine - *Glossina palpalis palpalis* - Attractant - Trap - Seasonal variation - Côte d'Ivoire.

### Resumen

**Dagnogo M., Traoré G., M. Koné.** Evaluación de la atracción de la *Glossina palpalis palpalis* con respecto al hombre y el cerdo en la región de Daloa, Côte d'Ivoire

Se realizaron estudios sobre las capturas de *G. p. palpalis*, en el cerdo y el hombre, en el pueblo de Noumousséria II (zona forestal de Daloa), en Côte d'Ivoire. Los resultados obtenidos fueron los siguientes : 1) las colectas en el cerdo son 2,4 veces más abundantes que las obtenidas con el hombre ; 2) el porcentaje de hembras capturadas sobre el cerdo es más elevado (76,16 p. 100) que el de machos, mientras que en el hombre no se observó ninguna diferencia entre los sexos ; 3) las amplitudes en las variaciones estacionales son más marcadas en el cerdo que en el hombre. Desde el punto de vista cualitativo, se observó una similitud entre las muestras de glosinas capturadas con el cerdo y con la trampa bicónica. A pesar del bajo número de glosinas marcadas que se captuaron nuevamente, nuestras observaciones parecen indicar que las moscas tse-tse vuelven más al cerdo (12 moscas tse-tse) que al hombre (0).

**Palabras clave** : Hombre - Cerdo - *Glossina palpalis palpalis* - Atrayente - Trampa - Variación estacional - Côte d'Ivoire.

# The prevalence of trypanosomosis in small ruminants and pigs in a sleeping sickness endemic area of Buikwe County, Mukono district, Uganda

E. Katunguka-Rwakishaya<sup>1</sup>

## Key words

Sheep - Goat - Pig - Trypanosomosis - *Trypanosoma brucei* - *Trypanosoma congolense* - *Trypanosoma vivax* - *Trypanosoma brucei rhodesiense* - Endemics - Parasitemia - Uganda.

## Summary

A survey of trypanosomosis in goats, sheep and pigs was carried out in Buikwe County, Mukono District of South Eastern Uganda between April and August 1994. Infection rates of 8.8 % in 204 goats, 26.7 % in 60 sheep and 32.4 % in 68 pigs of all ages and both sexes were recorded. *Trypanosoma brucei* parasites were found in goats and pigs, *T. congolense* in sheep and pigs and *T. vivax* in goats and sheep. Infection rates were similar in both sexes of animal species and it was observed that *T. vivax* caused high levels of parasitaemia while *T. brucei* infections were associated with very low levels of parasitaemia. *Trypanosoma brucei* infections accounted for 66.7 % and 30 % of all infections in goats and pigs, respectively. It is postulated that some of these *T. brucei* parasites could be *T. b. rhodesiense*, the causing agent of sleeping sickness in this area.

## ■ INTRODUCTION

Most studies on the prevalence of trypanosomosis in sleeping sickness foci have been carried out in cattle with less emphasis placed on small ruminants and pigs. Sheep and goats have often been used in studies on experimental trypanosomosis as models for the disease in cattle because they are considered as convenient hosts rather than possibly important hosts of the parasite (1). However, recent epidemiological studies from Ethiopia (2), Tanzania (7) and Zaire (3) have reported high infection rates in sheep and goats. In sleeping sickness foci, it is becoming increasingly recognised that small ruminants and pigs are capable of acting as reservoir hosts of infections which can later be passed onto other animals and humans (2). The significance of this possibility is emphasized by the fact that small ruminants and pigs are not normally involved in trypanosomosis control programmes, which are largely reserved for cattle. Buikwe County, in Mukono district of Uganda, lies on the northern shores of Lake Victoria, an area known to be endemic for sleeping sickness. There is no previous report of trypanosomosis in small ruminants and pigs in this area. This study therefore aims at providing information on the prevalence of trypanosomosis in these animals in a tsetse-challenged area.

## ■ MATERIALS AND METHODS

### Study area

The survey was carried out over a period of six months (April-September 1994) in Buikwe County. This area is near Jinja and

Iganga, South East Busoga, the sites of recent human trypanosomosis epidemics (1980 and 1989). Mabira forest covers a large portion of this area.

### Animals

A total of 332 animals comprising 204 goats, 60 sheep and 68 pigs were sampled over a period of six months. Animals of all ages and sexes were involved in the survey. Goats in this area are kept peridomestically by either tethering or free grazing. Sheep, on the other hand, tend to go along with cattle, and pigs are usually tethered near the homestead.

### Sample collection and examination

Blood samples (5 ml) were obtained from the jugular vein into tubes containing ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA) as an anticoagulant for estimation of packed cell volume and parasitaemia by the buffy coat/darkground method (6, 11). Thick smears were made on the spot by a puncture of the ear vein and thin smears were made in the laboratory for identification of trypanosome species. Packed red cell volume and estimation of parasitaemia were performed within six hours of sample collection. Examination of stained smears was carried out within one week.

## ■ RESULTS

### Infection rates

It was observed that 56 (16.8 %) out of 332 animals sampled were positive for one or more trypanosome species.

In goats, 18 (8.8 %) were positive. Two thirds (12) of these infections were due to *Trypanosoma brucei*, 4 to *T. vivax* and 2 to

1. Department of veterinary Medicine, Faculty of veterinary Medicine, Makerere University, PO Box 7062, Kampala, Uganda

mixed *T. brucei* and *T. vivax*. No *T. congolense* parasites were detected in goats.

In sheep, 16 (26.7 %) were positive for one or more trypanosome species; A quarter (4) of the infections were due to *T. vivax*, half (8) to *T. congolense* and 4 to mixed *T. congolense* and *T. vivax*. No *T. brucei* parasites were found in sheep.

In pigs, 22 (32.4 %) were positive for trypanosomes. Ten of them were due to *T. congolense*, 6 to *T. brucei* alone and 4 to mixed *T. brucei* and *T. congolense* infections. Trypanosomes found in two pigs could not be categorised into a species type.

*T. brucei* accounted for 37.5 %, *T. congolense* for 40.6 % and *T. vivax* for 21.9 % of all identified trypanosomes.

### Management and sex influences

It was observed that goats which were tethered had lower infection rates than animals let free to graze on the fringes of the forest. The sex of the animal did not influence infection rates.

### Parasitaemia patterns

By the buffy coat/darkground method, it was observed that *T. vivax* induced highest intensity of parasitaemia in sheep and goats. In more than 50 % of *T. vivax* infections, parasitaemia was greater than 4+ (i.e. 4-10 trypanosomes per field).

*T. congolense* infections had low parasitaemia in sheep and goats but was high in pigs. More than 50 % of *T. congolense* infected pigs had parasitaemia scores of 3+ (i.e. 1-3 trypanosomes per field of observation).

*T. brucei* infections had very low parasitaemia intensities in goats and pigs and no *T. brucei* parasites were detected in sheep. All infections had parasitaemia scores of 1-2+ (i.e. 1-10 trypanosomes in the whole slide).

### Clinical picture and packed red cell volume (PCV)

All animals sampled were apparently healthy. However, the PCV values of all trypanosome infected animals were lower than those of non-infected animals, irrespective of the infecting trypanosome species. Packed red cell values in infected animals ranged from 20-24 % while uninfected animals had PCV values ranging from 29-40 %, not considering small breed variations in PCV values. Unfortunately, the positive animals have not been monitored beyond the study period.

## ■ DISCUSSION

The present survey revealed that infection rates in small ruminants and pigs are high in Buikwe County in Mukono district. It was observed that 16.8 % of the animals sampled were positive for trypanosome parasites and that *T. brucei* accounted for 14 out of 18 infections in goats and 10 out of 22 infections in pigs. On the other hand, *T. congolense* was responsible for 50 % of trypanosome infections in sheep and 14 out of 22 infections in pigs while *T. vivax* was detected in 6 out of 18 positive goats and 6 out of 16 positive sheep. Overall, 8.8 % of the goats, 26.7 % of the sheep and 32.4 % of the pigs were positive for parasites. These infection rates are higher than those recorded by Okuna and Mayende (9) in the neighbouring district of Iganga, the scene of the previous sleeping sickness epidemic of 1989. They reported infection rates of 1 % in goats and 6 % in sheep. There are no other comparable studies reported from Uganda. However,

Mwambu *et al.* (7) in a survey in Kigoma region of Tanzania reported 4.1 % infection rates in sheep and 3.4 % in goats. Their observations agree with those of Robson and Ashkar (12) on trypanosomosis studies in sheep and goats in the Lambwe Valley of Kenya.

The high infection rates found in this study suggest that the disease is more important in sheep and goats than was previously believed. Twelve of the 18 positive goats had *T. brucei*, 4 had *T. vivax* and 2 had mixed *T. brucei* and *T. vivax* parasites. No *T. congolense* parasites were detected in goats. At the same time, *T. brucei* infections (single and mixed) accounted for 42.9 % of all positive cases. These observations contradict those of Mwambu *et al.* (7) who found that more than half of the trypanosomes in goats belonged to the *T. congolense* group, 35.7 % to that of *T. vivax* and 12.3 % to that of *T. brucei*.

*Trypanosoma brucei* parasites show very low parasitaemia and unless more sensitive methods are used, e.g. concentration techniques, many of them may be missed. Management of goats appeared to influence their infection rates in that tethered animals had lower rates than animals let free to graze. This may be associated with the fact that tsetse are attracted by moving objects and grazing animals get deeper in the forest hence increasing their chances of being bitten by tsetse.

In pigs, 10 of the 20 positive cases had *T. brucei* parasites and the rest of them *T. congolense*. No *T. vivax* was detected in pigs. These observations agree with those of Makumyaviri *et al.* (5) who recorded *T. congolense* infection rates of 76.2 % and *T. brucei* rates of 16.0 % in pigs in a sleeping sickness area of Bas Zaire. No studies on the prevalence of trypanosomosis in pigs have been carried out in Uganda, apart from that of Okuna *et al.* (10). The present study has shown that trypanosomosis is prevalent in pigs on tsetse-infested northern shores of Lake Victoria. In this area where *Glossina fuscipes fuscipes* has been shown to be peridomestic (8), pigs, like small ruminants, are kept in close contact with people.

Infection rates in pigs recorded in this study are higher than those reported by Okuna *et al.* (9). In the area under investigation here, pigs are kept by households where there is no cattle. In the absence of cattle, for which it has been suggested that they were the main source of blood meal for tsetse in the area (4), tsetse would feed on pigs as alternative sources of blood meal, thus explaining the high infection rates.

No isolates of *T. brucei* infections were subjected to the blood incubation infectivity test (BIIT) to determine their ability to infect humans. However, in Kiguru and Bugweri counties of the Iganga district, not far from Buikwe County, Okuna and Mayende (10) sampled from cattle *T. brucei* which, via BIIT, was proved to be *T. b. rhodesiense*. Similarly, Mwambu *et al.* (7) observed that 16.7 % of *T. brucei* isolates obtained in the Kigoma region of Tanzania gave reactions indicative of *T. b. rhodesiense*. It is therefore likely that some of the *T. brucei* infections found in goats and pigs are *T. b. rhodesiense*, the cause of sleeping sickness in the area. What has clearly emerged, however, is that goats, sheep and pigs are infected with trypanosomes and they can act as reservoirs of these trypanosomes which could later be passed onto other susceptible animals and possibly humans. Goats, sheep and pigs are never treated either chemotherapeutically or chemoprophylactically against trypanosomosis as they are normally presumed to be free of the disease. The fact that they are able to harbour the parasites for a long time and yet maintain fairly good body condition makes these animals suitable reservoirs of infection. Further investigations are necessary to clarify the role of these animals in the transmission dynamics of human sleeping sickness in the area.

## ■ CONCLUSION

The survey has revealed that trypanosome infection rates in goats, sheep and pigs are high in a sleeping sickness endemic area of Mukono district, South-East Uganda. All three trypanosome species namely, *T. brucei*, *T. congolense* and *T. vivax*, were found in animals and *T. vivax* infections were associated with high intensity parasitaemia while *T. brucei* caused very low levels of parasitaemia. Animals of both sexes were equally infected with trypanosomes. It is possible that some of the *T. brucei* parasites identified are *T. b. rhodesiense*, the cause of human sleeping sickness in the area.

## Acknowledgements

I wish to acknowledge the assistance of Dr. Mwaka, the veterinary officer in charge of Buikwe County, and the local government administrators for their help. I also want to thank the central Laboratory at the Faculty of Veterinary Medicine staff for their technical assistance.

## REFERENCES

1. BOUTEILLE B., DARBE M.L., DUMAS M., GATANZANO G., PESTRE-ALEXANDRE M., BRENTON J.C., NICOLAS A., N'DO D.C., 1988. The sheep (*Ovis aries*) as an experimental model for African trypanosomiasis. 1. Clinical study. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, **82**: 141-148.
2. DIRIE M.F., WARHHERE M.A., FARAH M.A., 1988. Sheep trypanosomiasis in Somalia. *Trop. Anim. Health Prod.*, **20**: 45-46.
3. KAGERUKA P., COLAERT J., NIGIMBI-NKUKU-PELA, 1977. Strain of *Trypanosoma (Trypanozoon) brucei* isolated from pigs in Bas Zaire. *Ann. Soc. Belge. Méd. trop.*, **57**: 85-88.

## Résumé

**Katunguka-Rwakishaya E.** Prévalence de la trypanosomose chez les petits ruminants et le porc dans une zone endémique de la maladie du sommeil dans le comté de Buikwe, district de Mukono, Ouganda

Une enquête sur la trypanosomose chez les chèvres, les moutons et les porcs a été réalisée dans le comté de Buikwe, district de Mukono en Ouganda du Sud-Est d'avril à août 1994. Des taux d'infection de 8,8 p. 100 chez 204 chèvres, 26,7 p. 100 chez 60 moutons, et 32,4 p. 100 chez 68 porcs de tous âges et des deux sexes ont été enregistrés. *Trypanosoma brucei* a été détecté chez les chèvres et les porcs, *T. congolense* chez les moutons et les porcs, et *T. vivax* chez les chèvres et les moutons. Les taux d'infection étaient semblables pour les deux sexes des espèces animales. Il a été observé que *T. vivax* causait de hauts niveaux de parasitémie, tandis que les infections à *T. brucei* étaient associées à de très bas niveaux de parasitémie. Les infections dues à *T. brucei* étaient à l'origine de 66,7 p. 100 de toutes les infections chez les chèvres et 30 p. 100 chez les porcs. Il est émis l'hypothèse que certains de ces *T. brucei* pourraient être *T. b. rhodesiense*, l'agent responsable de la maladie du sommeil dans cette région.

**Mots-clés :** Ovin - Caprin - Porcin - Trypanosomose - *Trypanosoma brucei* - *Trypanosoma congolense* - *Trypanosoma vivax* - *Trypanosoma brucei rhodesiense* - Endémie - Parasitémie - Ouganda.

4. LANCIEN J., COOSEMANS M., 1991. Fight against sleeping sickness in South East Uganda by trapping tsetse. *Ann. Soc. Belge Méd. trop.*, **71**: 35-47.
5. MAKUMYAVIRI A., MEHLITZ D., KAGERUKA P., KAZYUMBA G.L., MOLISHO D., 1989. The animal reservoir host of *Trypanosoma brucei gambiense* in Zaire. Trypanosome infection rates in 2 foci in Bas Zaire. *Trop. Med. Parasitol.*, **40**: 258-262.
6. MURRAY M., MURRAY P.K., McINTYRE W.I.M., 1977. An improved parasitological technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **71**: 325-326.
7. MWAMBU P.M., OPIYO E.A., WAFULA R.Z.O., MBWAMBI D.L., OKORI E.E., KUTUZA S.B., MAYENDE J.L.S.P., KAVEMBA L., 1976. Trypanosomiasis survey in Kigoma, Tanzania. *E. Afric. J. med. Res.*, **3**: 7-28.
8. OKOTH J.O., 1982. Further observations on the composition of *Glossina* population at Lugala, South Busoga, Uganda. *E. Afr. med. J.*, **59**: 582-584.
9. OKUNA N.M., MAYENDE J.S.P., 1983. The incidence of trypanosomiasis in domestic animals and their role in the sleeping sickness epidemic in Busoga. In: Proceedings of the 17th Meeting of the international scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control, Arusha, Tanzania, 19-24 October 1981. Nairobi, Kenya, OAU/ISCTRC, p. 163-167.
10. OKUNA N.M., MAYENDE J.S.P., GULOBA A., 1986. *Trypanosoma brucei* infection in domestic pigs in a sleeping sickness epidemic area of Uganda. *Acta trop.*, **43**: 183-184.
11. PARIS J., MURRAY M., McODIMBA F., 1982. A comparative evaluation of the parasitological techniques currently available for the diagnosis of African trypanosomiasis in cattle. *Acta trop.*, **39**: 307-316.
12. ROBSON J., ASHKAR T.S., 1972. Trypanosomiasis in domestic livestock in the Lambwe Valley and a field evaluation of various diagnostic techniques. *Bull. World Health Organ. (WHO)*, **47**: 727-734.

Reçu le 18.1.96, accepté le 23.5.96

## Resumen

**Katunguka-Rwakishaya E.** Prevalencia de la tripanosomosis en pequeños rumiantes y cerdos en una zona endémica de la Enfermedad del Sueño en el condado de Buikwe, distrito Mukono, Uganda

Entre abril y agosto 1994, se llevó a cabo una encuesta sobre la tripanosomosis en cabras, ovejas y cerdos en el condado de Buikwe, distrito Mukono del sud este de Uganda. Se registraron tasas de infección de 8,8 p. 100 en 204 cabras, 26,7 p. 100 en 60 ovejas y 32,4 p. 100 en 68 cerdos de todas las edades y ambos sexos. *Trypanosoma brucei* se encontró en cabras y cerdos, *T. congolense* en ovejas y cerdos y *T. vivax* en ovejas y cabras. Las tasas de infección fueron similares para ambos sexos. Se observó que *T. vivax* provocó niveles elevados de parasitemia, mientras que *T. brucei* se asoció con niveles muy bajos de parasitemia. Las infecciones por *T. brucei* representaron 66,7 p. 100 y 30 p. 100 de todas las infecciones en cabras y cerdos respectivamente. Se postula que algunos de estos *T. brucei* podrían ser *T. b. rhodesiense*, agente causal de la Enfermedad del Sueño en esta área.

**Palabras clave :** Ovino - Caprino - Cerdo - tripanosomosis - *Trypanosoma brucei* - *Trypanosoma congolense* - *Trypanosoma vivax* - *Trypanosoma brucei rhodesiense* - Endemia - Parasitemia - Uganda.

# Composition chimique et dégradabilité enzymatique et *in vitro* d'espèces ligneuses arbustives utilisables par les ruminants dans les parcours extensifs de la Nouvelle Calédonie.

## I. Typologie

C. Corniaux<sup>1</sup> N. Durand<sup>1</sup> J.M. Sarrahl<sup>2</sup> H. Guerin<sup>3</sup>

### Mots-clés

Plante d'abrouissement - Valeur nutritive - Classification - Composition chimique - Digestibilité - Ruminant - Parcours - Nouvelle Calédonie.

### Résumé

Cette étude, réalisée sur 45 espèces arbustives récoltées en Nouvelle Calédonie, a permis de mettre en évidence six groupes de ligneux fourragers caractérisés par leurs teneurs en éléments bruts et leurs dégradabilités enzymatiques et *in vitro*. Les espèces présentant des teneurs en matières azotées dégradables et des dégradabilités de la matière organique élevées sont les plus intéressantes sur le plan nutritionnel. Il s'agit notamment de *Gliricidia sepium*, de *Leucaena leucocephala*, d'*Acalypha grandis*, de *Samanea saman*, d'*Albizia lebbbeck*, d'*Erythrina sp.*, d'*Acacia farnesiana* et de *Sesbania grandiflora*. En revanche, les données pour *Desmanthus virgatus* et, dans une moindre mesure, *Acacia ampliceps* sont décevantes.

### ■ INTRODUCTION

En Nouvelle Calédonie, comme dans la plupart des pays de la zone Pacifique (Australie, Indonésie), la production de viande bovine a été sensiblement réduite depuis 1986 en raison de la diminution des ressources fourragères (16, 25). La raison majeure de cette diminution résulte de la régression importante de *Leucaena leucocephala*, ou faux mimosa, parasité par le psylle (*Heteropsylla cubana*) (7). Les solutions envisagées associent l'utilisation d'insectes prédateurs (8) et le recours à des arbustes fourragers résistants au psylle (7). Parmi ceux-ci figurent certaines espèces locales ou exotiques dont la nature et le mode d'exploitation sont actuellement à l'étude.

Ce projet établit une première évaluation des espèces locales identifiées soit comme étant utilisées couramment ou accidentellement par le bétail domestique ou sauvage, soit appartenant aux familles de légumineuses fixatrices d'azote, afin de compléter la gamme des espèces à tester sur les plans agronomiques et zootechniques.

Quarante-cinq espèces ligneuses répondant à ces critères ont été identifiées (12) et, afin d'avoir une première approche de leur valeur alimentaire, des échantillons de chacune d'entre elles ont été prélevés.

Ce travail présente les résultats de leur analyse ainsi qu'une typologie basée sur la teneur en composés organiques et minéraux et

les mesures de dégradabilité enzymatique ou de digestibilité *in vitro*. Dans un second article seront proposées des équations de prédiction des digestibilités *in vitro* et enzymatiques établies à partir de ces données.

### ■ MATERIEL ET METHODES

#### Les ligneux fourragers

Quarante-cinq échantillons d'organes d'espèces ligneuses arbustives ont été récoltés en juillet et août 1993 (12). En fonction du stade phénologique des plantes, ils étaient constitués de feuilles ou de fleurs, voire de fruits (tableau I). La collecte a été effectuée dans le sud de la Nouvelle Calédonie (Païta), sur la côte Ouest et la côte Est ainsi que sur les îles Loyauté. Les échantillons ont été séchés à l'étuve pendant 48 h à 70°C.

Les 45 ligneux fourragers appartiennent à 14 familles différentes. Seulement quatre d'entre elles comportent plus de trois espèces : les Mimosacées (18 échantillons), les Fabacées (9), les Caesalpiniciacées (3) et les Euphorbiacées (4). On ne s'intéressera donc aux familles que dans ces quatre cas.

#### Les mesures

##### Les laboratoires d'analyse

Trois laboratoires ont analysés nos échantillons ; le premier en Nouvelle Calédonie (Laboratoire d'Analyse des Aliments du Bétail, noté LAAB), le second en France (laboratoire d'alimentation CIRAD-EMVT, Maisons-Alfort), le troisième en Allemagne (Institut für Tierernährung, Universität Hohenheim).

1. CIRAD-Elevage, Port Laguerre, BP 186, Nouméa, Nouvelle Calédonie  
2. CIRAD-Forêt, Montravel, BP 10 001, Nouméa, Nouvelle Calédonie  
3. CIRAD-EMVT, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier, France

TABLEAU I

## Espèces arbustives récoltées en Nouvelle Calédonie

Espèces Nom latin	Famille	Organes prélevés	Code ACP (2)	Groupe ACP (2)
<i>Acacia ampliceps</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	aamp	5
<i>Acacia farnesiana</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	afar	6
<i>Acacia mearnsii</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	amea	3
<i>Acacia nilotica</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	anil	5
<i>Acalypha grandis</i>	Euphorbiacées	Feuilles, tiges (1)	acag	6
<i>Acalypha pancheriana</i>	Euphorbiacées	Feuilles, tiges (1)	acap	5
<i>Adenothera pavonina</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	aden	5
<i>Aglaia elaeagnoidea</i>	Meliacées	Feuilles, tiges (1)	agla	1
<i>Albizia lebbek</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	albl	6
<i>Albizia serianthes falcataria</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	albs	3
<i>Archidendropsis granulosa</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	arcg	3
<i>Archidendropsis streptocarpa</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	arcs	3
<i>Breynia disticha</i>	Euphorbiacées	Feuilles, tiges, fleurs	brey	1
<i>Delarbea sp.</i>	Araliacées	Feuilles, tiges (1)	delá	2
<i>Desmanthus virgatus</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges, fleurs	desm	4
<i>Desmodium umbellatum</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	deum	3
<i>Entada Phaseoloïdes</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	enta	1
<i>Erythrina indica var. fastigata</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	eryi	3
<i>Erythrina sp.</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	erys	6
<i>Ficus prolixa</i>	Moracées	Feuilles, tiges (1)	ficp	1
<i>Ficus sp.</i>	Moracées	Feuilles, tiges, fruits mûrs	fics	5
<i>Gliricidia sepium</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	glir	6
<i>Glochidion billardieri</i>	Euphorbiacées	Feuilles, tiges (1)	gloc	3
<i>Leucaena leucocephala</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	leuc	6
<i>Melochia odorata</i>	Sterculiacées	Feuilles, tiges (1)	melo	2
<i>Mimosa invisá</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges, fruits verts	mimo	5
<i>Morinda citrifolia</i>	Rubiacées	Feuilles, tiges (1)	moni	2
<i>Mucana sp.</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	muca	1
<i>Parkinsonia aculeata</i>	Caesalpiniacées	Feuilles, tiges (1)	park	5
<i>Peltoforum ferrugineum</i>	Caesalpiniacées	Feuilles, tiges (1)	pelt	4
<i>Pipturus incanus</i>	Urticacées	Feuilles, tiges (1)	pipt	1
<i>Pithecellobium dulce</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	pith	6
<i>Podonophelium homei</i>	Sapindacées	Feuilles, tiges (1)	podo	3
<i>Premna integrifolia</i>	Verbenacées	Feuilles, tiges (1)	prem	2
<i>Prosopis pallida</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	pros	5
<i>Pterocarpus indicus</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	pter	3
<i>Pueraria lobata</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	puer	6
<i>Samanea saman</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	sama	3
<i>Schlenitzia insularum</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	schl	5
<i>Serianthes sachetae</i>	Mimosacées	Feuilles, tiges (1)	seri	1
<i>Sesbania grandiflora</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	sesb	HC
<i>Solanum mauritanum</i>	Solanacées	Feuilles, tiges (1)	sola	3
<i>Strobilopanax macrocarpae</i>	Araliacées	Feuilles, tiges (1)	stro	5
<i>Tamarindus indica</i>	Caesalpiniacées	Feuilles, tiges, fruits verts	tama	5
<i>Tipuana tipu</i>	Fabacées	Feuilles, tiges (1)	tipu	5

(1) feuilles vertes et tiges non chlorophylliennes

(2) cf. figure 5

**Les analyses**

Les principales méthodes d'analyses chimiques sont celles classiquement appliquées aux aliments du bétail et décrites par l'AFNOR (1) ou le BIPEA (6). Les références des autres méthodes sont indiquées ci-dessous.

## ■ Les critères chimiques déterminés sont :

- matière sèche, notée MS (p. 100 de la matière fraîche)
- matières minérales, notées MM (p. 100 MS)
- matières azotées totales, notées MAT (p. 100 MS)
- matières grasses, notées MG (p. 100 MS)
- cellulose brute, notée CB (p. 100 MS)

- neutral detergent fiber, notée NDF (p. 100 MS) (26)
- acid detergent fiber, notée ADF (p. 100 MS) (26)
- acid detergent lignin, notée ADL (p. 100 MS) (26)
- calcium, noté Ca (g/kg MS)
- phosphore, noté P (g/kg MS)
- MAadf : matières azotées liées à l'ADF (p. 100 MS) (20). Par différence, on obtient les matières azotées non liées à l'ADF (notées MAnadf).
- les teneurs en tanins précipitants et condensés (p. 100 MS) (13)

■ Les critères enzymatiques mesurés sont :

- la dégradabilité enzymatique de la matière organique par la pepsine cellulase, notée SMO (p. 100 MS) (3)
- la dégradabilité des matières azotées par la pronase après une heure d'incubation, notée DE1 (p. 100 MAT) (5). On obtient ainsi les teneurs en matières azotées dégradées par la pronase (notées MApro, p. 100 MS).

■ Les critères de dégradabilité *in vitro* mesurés sont :

- la production de gaz mesurée lors du gastest de Hohenheim à partir de laquelle est estimée la digestibilité de la matière organique, notée dMOgt (p. 100 MS) (21) ainsi que les matières azotées dégradées *in vitro* (notées MAGt).

## L'analyse statistique

### Statistiques élémentaires

La moyenne, l'écart-type et le coefficient de variation ont été calculés pour les 15 variables suivantes : MS, MM, MAT, MAadf, MG, CB, NDF, ADF, ADL, tanins précipitants, Ca, P, SMO, DE1 et dMOgt.

### Analyse de données

■ Choix de l'analyse de données

Nous disposons de données quantitatives qui peuvent être traitées par analyse en composantes principales (ACP). Elle nous permet de déterminer des groupes d'individus (espèces végétales) proches pour les variables prises en compte (teneur en éléments bruts et dégradabilités) et ainsi de présenter une typologie.

■ Choix des variables

Les variables à prendre en compte dans l'ACP ont été sélectionnées à partir de la matrice de corrélations totales (choix de variables peu corrélées). Elles devaient également donner les informations les plus précises sur la valeur nutritionnelle des espèces arbustives à partir des critères chimiques, enzymatiques et de dégradabilité *in vitro*.

En ce qui concerne les critères chimiques, l'ADL, qui est indigestible, a été préféré pour caractériser les parois au NDF dont la digestibilité est variable suivant les proportions d'hémicellulose, cellulose et lignine qui le composent. La teneur en NDF des fourrages est en effet souvent considérée comme un meilleur prédicteur de l'ingestibilité (ou de l'encombrement) que de la digestibilité. Par ailleurs, sachant *a priori* que les MAT ne sont pas de bons estimateurs de la valeur nutritive des arbustes fourragers, on leur a adjoint un critère rendant mieux compte de leur fraction bloquée au niveau des parois végétales : MAadf. Les variables MM et MG n'ont, quant à elles, pas été retenues à cause de la possibilité de contamination exogène pour MM et, pour MG, de son caractère non déterminant pour la valeur nutritive des ligneux fourragers. Enfin, la teneur en tanins précipitants, malgré son faible pouvoir prédicteur de la digestibilité, a été gardée dans l'analyse parce qu'elle est corrélée négativement avec les dégradabilités enzymatiques et *in vitro* et parce qu'elle joue un rôle sur

l'appétabilité (par leur effet d'astringence qui ne peut être directement étudié en laboratoire).

Les dégradabilités enzymatiques de la matière organique (SMO) et des matières azotées (DE1) ont été retenues dans l'analyse. Le deuxième critère est notamment un bon estimateur de l'apport de matières azotées dégradables dans le rumen.

La dégradabilité *in vitro* de la matière organique (dMOgt), bien qu'elle soit très liée à la SMO, a été introduite dans l'analyse.

Ainsi, l'analyse de données est réalisée sur les sept variables suivantes :

- trois variables liées à la valeur azotée (MAT, MAadf et DE1)
- trois variables liées à la valeur énergétique (ADL, SMO et dMOgt)
- une variable relative aux facteurs antinutritionnels (tanins précipitants).

■ Observations supplémentaires

Les familles de ligneux fourragers comportant plus de trois individus parmi les 45 récoltés et analysés ont été choisies comme observations supplémentaires. Il s'agit des trois familles de légumineuses (Mimosacées, Fabacées et Caesalpiniciacées) et des Euphorbiacées.

## ■ RESULTATS

### Composition chimique et dégradabilité enzymatique et *in vitro*

Les statistiques élémentaires (moyenne, coefficient de variation, minimum et maximum) figurent dans le tableau II.

TABLEAU II

Statistiques élémentaires sur les 45 échantillons

composition chimique	moyenne	coeff. de variation (%)	minim.	maxi.
matière sèche (% fraîche)	35,9	29	22,1	51,1
matières minérales (g/kg MS)	94	35	42	205
matières azotées (g/kg MS)	171	26	77	293
matières grasses (g/kg MS)	42	31	24	80
cellulose brute (g/kg MS)	268	27	145	411
NDF (g/kg MS)	493	20	270	751
ADF (g/kg MS)	384	28	205	671
ADL (g/kg MS)	186	46	64	391
tanins précipitants (g/kg MS)	8,6	228	0	103
calcium (g/kg MS)	22	57	9	40
phosphore (g/kg MS)	2,6	50	1,3	5,1
SMO (% mat. organique)	50,3	26	200	785
DE1 (% MAT)	24,3	44	7,2	59,7
MAadf (g/kg MS)	44	73	9	124
dMOgt (% MO)	49,6	18	32,4	68,2

En moyenne, on peut noter notamment :

- une richesse relative en MAT (17 p. 100 MS) comparable à celle des légumineuses et supérieure à celle des graminées tropicales au stade "jeune repousse" (11 p. 100 MS) (9, 19) ;
- une teneur en MAadf très variable (coefficient de variation de 77 p. 100) qui, comme pour les tanins (CV = 228 p. 100) est à mettre en parallèle avec la grande diversité botanique des ligneux (tableau I). Néanmoins, les espèces riches en MAT (> 20 p. 100 MS) ont généralement des teneurs faibles en MAadf, ce qui les rend d'autant plus intéressantes sur le plan nutritionnel. Parallèlement, les espèces riches en MAT le sont généralement en MAadf (figure 1) ;

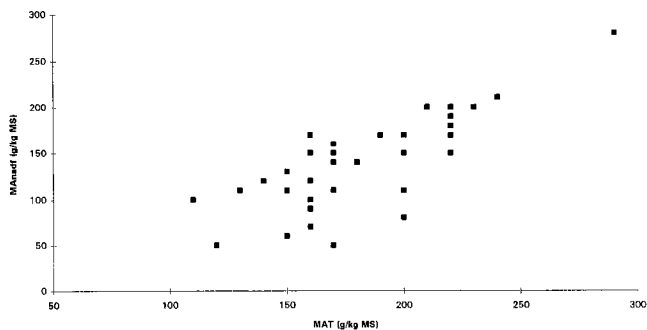


Figure 1 : MAadf fonction de MAT ( $r = 0,79$ ).

- une dégradabilité de la matière organique de l'ordre de 50 p. 100 comparable à celle des pailles (15). Comme pour les fourrages herbacés, elle est négativement corrélée à la teneur en NDF (figure 2) ;

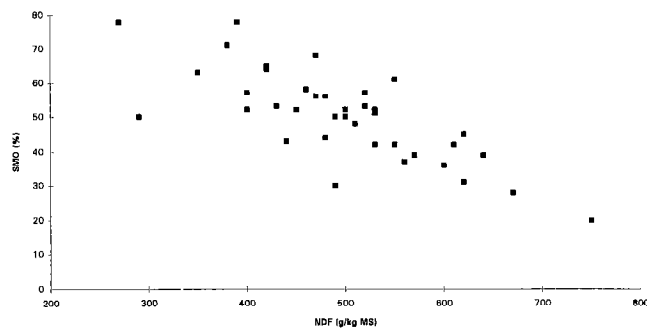


Figure 2 : SMO fonction de NDF ( $r = -0,72$ ).

- une dégradabilité enzymatique des matières azotées de l'ordre de 25 p. 100 ;
- une teneur en MAadf fonction de la teneur en ADL (figure 3) ;
- globalement, une grande variabilité de la composition chimique et de la dégradabilité enzymatique. En particulier, on peut noter des coefficients de variation de 228 p. 100, 73 p. 100, 57 p. 100 et 46 p. 100 respectivement pour les teneurs en tanins précipitants, MAadf, calcium et ADL. Ces résultats sont d'ailleurs conformes aux travaux de Guerin (14) et Ickowicz (18).

## Typologie

### Le plan principal

Les pourcentages de variation expliqués par les axes principaux de l'ACP sont les suivants :

- axe 1 : 43,3 p. 100
- axe 2 : 20,0 p. 100

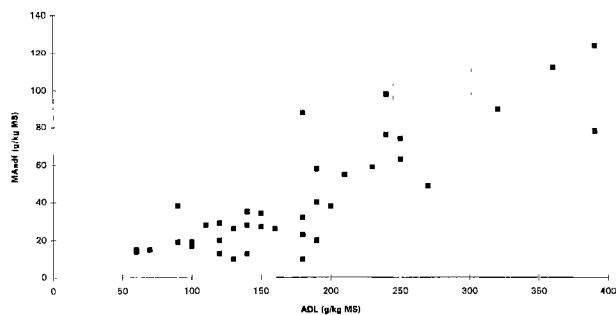


Figure 3 : MAadf fonction de ADL ( $r = 0,83$ ).

- axe 3 : 17,8 p. 100
- axe 4 : 9,3 p. 100
- axe 5 : 4,7 p. 100

La part d'information expliquée par les axes 1 et 2, qui forment le plan principal, est donc de 63,3 p. 100.

Compte tenu de cette représentativité et afin de ne pas compliquer la typologie, la projection des variables (teneurs en MAT, ADL, MAadf et tanins précipitants, SMO, dMOgt et DE1) et des observations (45 espèces ligneuses) ne sera étudiée que sur le plan principal.

### Les variables

L'information représentée sur le plan principal est de :

- 90 p. 100 pour MAadf "très bien représentée" (24)
- 85 p. 100 pour ADL "très bien représentée"
- 80 p. 100 pour dMOgt "très bien représentée"
- 75 p. 100 pour SMO "bien représentée"
- 61 p. 100 pour DE1 "bien représentée"
- 37 p. 100 pour tanins précipitants "mal représentée"
- 14 p. 100 pour MAT "mal représentée".

La discrimination des observations projetées sur le plan principal se fera donc par les teneurs en ADL et en MAadf ainsi que par la digestibilité *in vitro* de la matière organique. Les valeurs DE1 et SMO interviennent dans une moindre mesure. Les teneurs en tanins précipitants et en MAT n'ont par contre qu'une très faible incidence (figure 4).

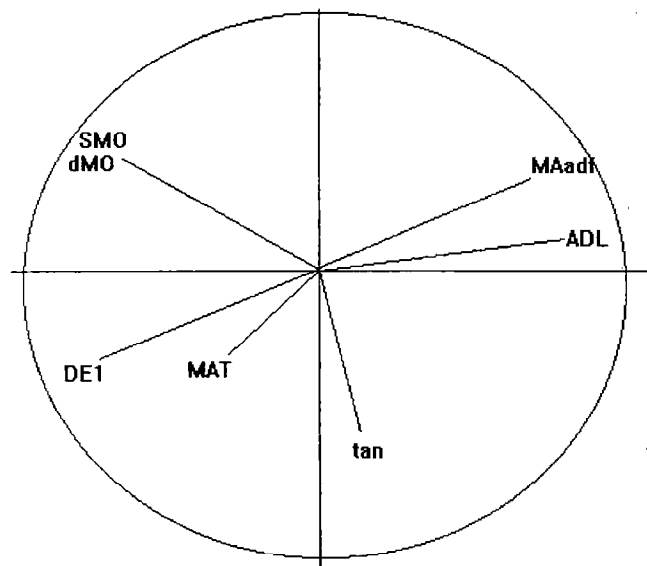


Figure 4 : cercle des corrélations.



**La typologie**

La figure 5 présente la projection des 45 arbustes fourragers de cette étude sur le plan principal de l'ACP.

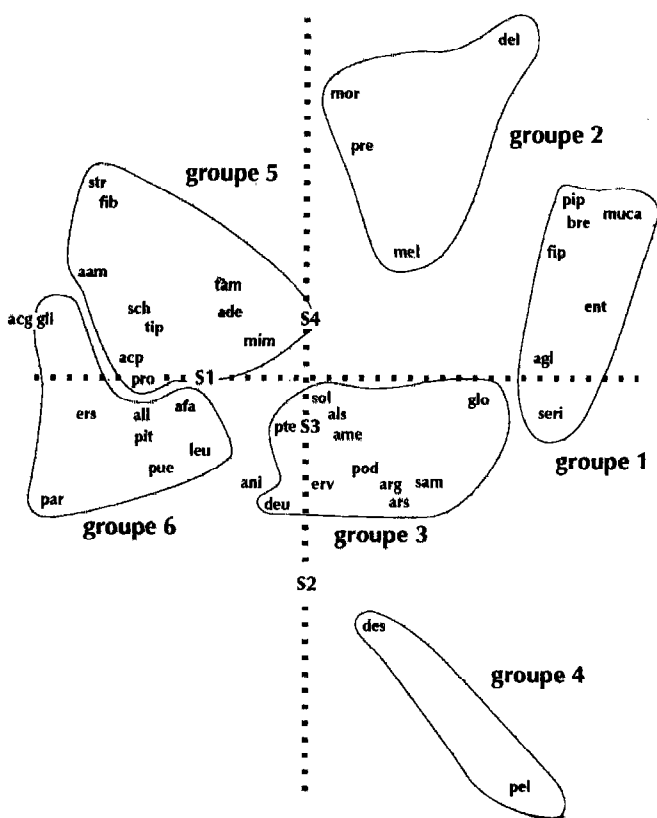


Figure 5 : projection des observations sur le plan principal.

L'échantillon de *Sesbania grandiflora*, de par la grande dégradabilité enzymatique *in vitro* de sa matière organique et de par sa forte teneur en azote très soluble chimiquement ou par voie enzymatique, est apparu très isolé sur le plan principal. En conséquence, afin de ne pas déséquilibrer la projection des observations, cette espèce a été exclue de l'analyse.

Six groupes ont été identifiés à partir du dendogramme de l'analyse. Leurs critères et les espèces concernées sont les suivants :

■ groupe 1 :

Espèces (7) : *Entada phaseoloïdes* (ent), *Mucuna platyphylla* (muc), *Serianthes sachetae* (ser), *Aglaiia elaeagnoïdea* (agl), *Ficus prolixa* (fip), *Pipturus incanus* (pip), *Breynia disticha* (bre).

Caractérisation du groupe 1 :

	SMO % MS	dMOgt % MS	DE1 % MAT	MAadf % MS
caractérisation	faible	faible	faible	élevée
moyenne	34,3	41,2	12,9	9,4
écart-type	9,3	4,7	5,1	2,5

Le groupe 1 se caractérise aussi par sa richesse en fibres (ADL > 30 p. 100 MS).

■ groupe 2 :

Espèces (4) : *Melochia odorata* (mel), *Premna integrifolia* (pre), *Morinda citrifolia* (mor), *Delarbrea paradoxa* (del).

Caractérisation du groupe 2 :

	SMO % MS	dMOgt % MS	DE1 % MAT	MAadf % MS
caractérisation	élevée	élevée	faible	élevée
moyenne	56,4	57,7	13,3	8,5
écart-type	6,1	5,7	3,6	1,1

■ groupe 3 :

Espèces (11) : *Samanea saman* (sam), *Archidendropsis granulosa* (arg) et *streptocarpa* (ars), *Pterocarpus indicus* (pte), *Erythrina variegata* (erv), *Desmodium umbellatum* (des), *Albizia serianthes* (als), *Solanum mauritianum* (sol), *Acacia mearsii* (mea), *Podonophelium homei* (pod), *Glochidion billardieri* (glo).

Caractérisation du groupe 3 :

	SMO % MS	dMOgt % MS	DE1 % MAT	MAadf % MS
caractérisation	faible	faible	variable	variable
moyenne	41,9	40,8	26,4	4,0
écart-type	5,0	2,7	7,5	1,6

■ groupe 4 :

Espèces (2) : *Desmanthus virgatus* (des), *Peltoforum ferrugineum* (pel).

Ce groupe se caractérise essentiellement par sa richesse en tanins précipitants (>) et dans une moindre mesure par sa pauvreté en MAT.

■ groupe 5 :

Espèces (11) : *Schlenitzia insularum* (sch), *Adenanthera pavonina* (ade), *Ficus sp.* (fis), *Tipuana tipu* (tit), *Prosopis pallida* (pro), *Strobilopanax macrocarpae* (str), *Acacia ampliceps* (amp), *Acacia nilotica* (ani), *Tamarindus indica* (tam), *Mimosa invisa* (mim), *Acalypha pancheriana* (acp)

Caractérisation du groupe 5 :

	SMO % MS	dMOgt % MS	DE1 % MAT	MAadf % MS
caractérisation	élevée	élevée	moyenne	variable
moyenne	60,4	55,8	25,0	1,9
écart-type	8,9	3,7	6,7	1,0

Le groupe 5 se caractérise de plus par des teneurs en ADL inférieures à 19 p. 100 MS).

■ groupe 6 :

Espèces (9) : *Acalypha grandis* (acg), *Pueraria lobata* (pue), *Albizia lebbek* (all), *Erythrina sp.* (ers), *Gliricidia sepium* (gli), *Acacia farnesiana* (far), *Leucaena leucocephala* (leu), *Pithecellobium dulce* (pit), *Parkinsonia aculeata* (par).

Caractérisation du groupe 6 :

	SMO	dMOgt	DE1	MAadf
	% MS	% MS	% MAT	% MS
caractérisation	élevée	élevée	variable	variable
moyenne	57,9	55,9	32,7	2,4
écart-type	7,7	4,9	11,1	0,5

Il faut également noter que les teneurs en MAT de ces espèces sont relativement élevées (MAT > 20 p. 100 MS). Les teneurs en ADL sont inférieures à 15 p. 100 MS.

#### Les observations supplémentaires

Les Fabacées (S1) et les Euphorbiacées (S4) sont à rapprocher du groupe 5. Par contre les Mimosacées (S3) et les Caesalpiniacées (S2) sont mal représentées sur le plan principal, ce qui reflète l'hétérogénéité de composition au sein d'une même famille.

#### ■ DISCUSSION

Cette étude a pour objet de mettre en évidence les espèces ligneuses potentiellement intéressantes sur le plan nutritionnel. Elle est basée uniquement sur leur composition chimique et leurs dégradabilités enzymatiques ou *in vitro*. Les facteurs pédo-climatiques (type de sol, pluviométrie, résistance à la sécheresse), agronomiques (possibilité de bouturage, présence d'épines, vitesse de croissance, production au cours de l'année, restitution d'azote dans le sol...) et d'utilisation par l'animal (appétabilité, ingestibilité...) ne sont pas abordés.

#### Critères de choix

Il n'y a pas actuellement de méthode fiable de prédiction de la valeur énergétique (UF) et de la valeur azotée (PDI) des ligneux fourragers. Leur valeur alimentaire ne sera donc approchée que par hiérarchie suivant leur composition chimique et leurs dégradabilités enzymatiques et *in vitro*.

Hormis leur intérêt agronomique, les arbustes fourragers peuvent représenter une ressource protéique conséquente, notamment en saison sèche. C'est donc d'abord sur leur valeur azotée que les espèces seront sélectionnées. Cependant, du fait probablement de la grande diversité botanique des ligneux fourragers, la fermentescibilité de l'azote est très variable (distribution différente des matières azotées partiellement bloquées au niveau des parois indigestibles) (2, 14, 22). La simple teneur en MAT est donc insuffisante pour apprécier la valeur azotée des ligneux fourragers. C'est pourquoi on s'attachera d'avantage à la dégradabilité de l'azote (DE1) et à sa disponibilité (MAadf) qui donnent une idée beaucoup plus fiable de l'utilisation réelle par l'animal.

Le second critère est la valeur énergétique. Tout comme pour la valeur protéique, la digestibilité *in vitro* de la matière organique (dMOgt) et la solubilité enzymatique (SMO), inversement proportionnelles à la teneur en fibres, seront des critères privilégiés par rapport aux teneurs en éléments bruts. Les teneurs en fibres (en particulier NDF et ADL), corrélées négativement avec la valeur énergétique d'un fourrage (22), interviendront comme éléments explicatifs. Il faut d'ailleurs noter que, si la teneur en NDF des ligneux fourragers est plus faible que chez les espèces herbacées, il n'en est pas de même pour leur teneur en lignines (14). Ceci explique, au moins en partie, la moindre solubilité de l'azote des fourragers ligneux comparativement à celle des herbacées (4).

Les facteurs antinutritionnels (tanins) constituent le troisième critère. Comme pour les lignines, leur teneur et leur répartition selon

l'origine botanique de l'arbuste (famille, espèce) sont très variables (23), d'où leur intérêt pour discriminer les ligneux fourragers. Toutefois, il faut noter que la présence de tanins dans les feuilles des arbustes fourragers peut être bénéfique pour leur valeur alimentaire, qu'ils soient ingérés seuls ou en complément d'autres fourrages. Ils peuvent en effet favoriser la formation de protéines *bypass* et, ainsi, permettre le passage direct dans l'intestin de protéines digestibles (22). Des études complémentaires sur la nature et le mode d'action des tanins sont néanmoins nécessaires pour mieux interpréter la valeur azotée des arbustes fourragers.

Les teneurs en matières minérales (MM, Ca et P) et en matières grasses (MG), qui jouent un faible rôle sur la valeur énergétique des fourrages, seront prises en compte en dernier.

■ En résumé, dans des conditions de pâturage de parcours extensifs (ration de base riche en fourrages lignocellulosiques), les meilleures espèces ligneuses sont celles riches en matières azotées fermentescibles (DE1 élevée, MAadf faible) et pauvres en fibres indigestibles (ADL faible, dMOgt et SMO élevées).

#### Espèces ligneuses "à retenir"

Les espèces du groupe 6 entrent dans le cadre défini ci-dessus : elles sont riches en matières azotées disponibles (MAT > 20 p. 100 MS, MAadf < 15 p. 100 MAT) avec des dégradabilités élevées (SMO > 50 p. 100; DE1 > 25 p. 100 MAT), pauvres en fibres et pauvres en tanins. Il n'est pas surprenant d'y trouver trois espèces largement exploitées en zones tropicales : *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* et *Albizia lebbbeck* (11, 17, 25). En Nouvelle Calédonie, *Acalypha grandis* avait d'autre part déjà été signalée comme un arbuste fourragère à multiplier sur les îles Loyauté (10). Par leur teneur en éléments bruts et leur SMO (78 p. 100 MS!), il faut également souligner la qualité des feuilles de *Sesbania grandiflora*, bien qu'elles ne semblent pas être consommées par les animaux (15).

Pour les mêmes raisons, les espèces du groupe 5 sont intéressantes sur le plan nutritionnel bien qu'elles soient moins riches en protéines disponibles. Elles sont notamment pauvres en NDF (NDF < 50 p. 100 MS) et, par conséquent, leur SMO est élevée (SMO > 55 p. 100 MS). Enfin, si *Acacia ampliceps* a une teneur très faible en MAT (10,8 p. 100 MS), en revanche la dégradabilité enzymatique de l'azote est élevée (DE1 = 35,7 p. 100 MAT).

Dans le groupe 3, les espèces sont riches en protéines (MAT > 17,5 p. 100 MS). Cependant, leur intérêt est limité compte tenu de leur richesse en parois (NDF > 55 p. 100 MS, ADL > 18 p. 100 MS) et de leurs faibles dégradabilités enzymatiques (SMO < 40 p. 100 MS). Par sa teneur en matières azotées, *Samanea saman* paraît néanmoins prometteuse bien que sa valeur DE1 ne soit que de 19,4 p. 100 MAT.

#### Espèces ligneuses "à écarter"

Sur le plan nutritionnel, les espèces des groupes 1 et 2 ont peu d'intérêt parce qu'elles sont pauvres en matières azotées disponibles (MAT < 15 p. 100 MS, teneur en MAadf élevée, DE1 ≤ 25 p. 100 MAT) et pauvres en énergie (NDF > 45 p. 100 MS, dMOgt < 40 p. 100) (groupe 1). Parmi les espèces des groupes 1 et 2, les moins intéressantes sur le plan de la valeur nutritive sont *Ficus prolixa* et *Pipturus incanus*.

Les deux espèces du groupe 4 sont particulièrement riches en tanins précipitants. On peut citer en exemple la variété locale de *Desmanthus virgatus* (tanpt = 7,35 p. 100 MS). Ces espèces sont peu intéressantes sur le plan nutritionnel.

## Limites et prolongements de l'étude

Les teneurs en éléments bruts résultent de l'analyse d'un seul échantillon par espèce. Leur valeur statistique est donc limitée. De la même façon, les récoltes ont été faites sur une courte période de l'année (deux mois). Non seulement les stades phénologiques des ligneux arbustifs étaient différents (tableau I), mais leur teneur en éléments bruts aurait sûrement varié pour une autre saison, dans des proportions qu'il conviendrait de déterminer. Des études menées en Afrique et en Australie (16, 18, 25) montrent d'ailleurs des variations de composition au cours de l'année ou selon les types de sols.

Aussi, bien que l'enquête de terrain et l'analyse des échantillons prélevés illustrent la démarche relativement rapide qui peut être adaptée pour une première identification des espèces fourragères ayant la meilleure valeur nutritionnelle dans une région donnée, convient-il de préciser et de consolider les résultats notamment en matière :

- de production et de disponibilité saisonnière des fourrages
- d'appétabilité
- d'utilisation digestive.

## CONCLUSION

Cette étude, réalisée sur 45 espèces arbustives, a permis de mettre en évidence six groupes de ligneux fourragers caractérisés par leurs teneurs en éléments bruts et leurs dégradabilités enzymatiques. Les espèces présentant des teneurs élevées en matières azotées dégradables et faibles en fibres et tanins sont les plus intéressantes sur le plan nutritionnel. Il s'agit notamment de *Gliricidia sepium*, de *Leucaena leucocephala*, d'*Acalypha grandis*, de *Samanea saman*, d'*Albizia lebbbeck*, d'*Erythrina sp.*, d'*Acacia farnesiana* et de *Sesbania grandiflora*. Les données pour *Desmanthus virgatus*, *Parkinsonia aculeata* et, dans une moindre mesure, *Acacia ampliceps* sont en revanche décevantes.

Mais cette étude n'est qu'une étape dans notre programme de recherches, l'objectif final étant l'implantation chez les éleveurs d'espèces adaptées à leurs conditions pédoclimatiques, valorisées par les ruminants et permettant le maintien de la fertilité des sols. Aussi des travaux complémentaires sont-ils actuellement menés en Nouvelle Calédonie pour déterminer la productivité, le pouvoir de fixation de l'azote et l'appétabilité de ligneux arbustifs. Des essais de gestion de cette ressource fourragère sont également à l'étude.

D'autre part, des études complémentaires sur la nature et le mode d'action des lignines et des tanins semblent nécessaires compte tenu de leur diversité et de leur importance dans la valeur nutritive des arbustes fourragers. Ce travail doit notamment s'intéresser à leur identification (méthodes chimiques ou enzymatiques) et à leur caractérisation. En outre, cette étape permettra d'établir plus précisément des équations de prédiction de la valeur alimentaire des ligneux fourragers.

## Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme de la CEE-DGXII/ST2-0215. Aussi tenons-nous à adresser nos sincères remerciements aux trois laboratoires (laboratoire d'analyse des aliments du bétail, Nouméa; laboratoire d'alimentation CIRAD-EMVT de Maisons-Alfort; Institut für Tierernährung, Universität Hohenheim) qui nous ont aidés dans cette étude.

## BIBLIOGRAPHIE

1. AFNOR, 1980. Recueil de normes françaises des méthodes générales d'analyse des produits agro-alimentaires. Chimie-microbiologie-analyse sensorielle. Paris, France AFNOR, 278 p.
2. ARBELOT B., 1993. Prédiction de la valeur nutritive des feuilles de fourrages ligneux tropicaux. Mémoire DEA, université d'Aix Marseille II et III/Paris-Grignon INA, France, 25 p.
3. AUFRERE J., DEMARQUILLY C., 1989. Predicting organic matter digestibility of forage by two pepsin-cellulase methods. In: Proceedings of the 16th International Grassland Congress, Nice, France, 4-11 octobre 1989, p. 877-878.
4. AUFRERE J., GUERIN H., 1996. Critical review of chemical and enzymatic methods for the estimation of nutritive value in roughages. *Ann. Zoot.*, **45**, suppl. : 11-28.
5. AUFRERE J., MICHALET-DOREAU B., 1990. Nouvelles méthodes d'estimation de la valeur alimentaires des fourrages. II. Méthodes enzymatiques. *Fourrages*, **122** : 203-217.
6. BIPEA, 1976-81. Recueil des méthodes d'analyse des Communautés européennes. Paris, France, ITCF.
7. BRAY R.A., 1994. The *Leucaena psyllid*. In : Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, United Kingdom, CAB International, 389 p.
8. CHAZEAU J., CAPART I., BONNET de LARBOGNE L., 1992. Amélioration de l'état phytosanitaire du faux-mimosa *Leucaena leucocephala* en Nouvelle Calédonie par le renforcement du complexe des ennemis naturels du psylle ravageur *Heteropsylla cubana*. Nouméa, Nouvelle Calédonie, ORSTOM, 24 p. (Sciences de la Vie, Zoologie appliquée, Conventions n°6)
9. CIRAD-EMVT, 1994. Caractéristiques et valeurs alimentaires des fourrages en Nouvelle Calédonie. Nouméa, Nouvelle Calédonie, CIRAD-EMVT, 150 p.
10. CORNIAUX C., 1991. Recherche sur Maré des espèces ayant un intérêt fourrager. Nouméa, Nouvelle Calédonie, CIRAD-Elevage, 11 p.
11. DEVENDRA C., 1992. Nutritional potential of fodder trees and shrubs as protein sources in ruminant nutrition. In : Speedy and Pugliese eds, Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Rome, Italy, FAO, p. 95-113.
12. DURAND N., 1993. Identification d'espèces ligneuses arbustives utilisables par les ruminants dans les parcours extensifs en Nouvelle Calédonie. Nouméa, Nouvelle Calédonie, CIRAD-EMVT, 8 p. + 45 fiches.
13. GRILLET C., VILLENEUVE F., 1994. Les tanins dans les fourrages ligneux. Ch. VI, 34 p. In : Guerin H. éd., Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest. Maisons-Alfort, France, CIRAD-EMVT, 393 p.
14. GUERIN H. éd., 1994. Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest. Commission des Communautés européennes, DGXII, programme ST2.A/89/215.F, Maisons-Alfort, France, CIRAD-EMVT, 393 p.
15. GUTTERIDGE R.C. 1994. Other species of multipurpose forage tree legumes. In : Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, United Kingdom, CAB International, 389 p.
16. GUTTERIDGE R.C., SHELTON H.M., 1994. The role of forage tree legumes in cropping and grazing systems. In : Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, United Kingdom, CAB International, 389 p.
17. HUMPHREYS L.R., 1980. A guide to better pastures for the tropics and sub-tropics, 4th ed. Australia, Wright Stephenson & Co, 95 p.
18. ICKOWICZ A., 1995. Approche dynamique du bilan fourrager appliqué à des formations pastorales du Sahel tchadien. Thèse doc., université Paris XII, Créteil, France, 471 p.
19. INRA, 1989. Ruminant Nutrition. Jarrige R. ed. London, United Kingdom, John Libbey Eurotext, 389 p.
20. MASON V.L., 1969. Some observations on the distribution and origin of nitrogen in sheep faeces. *J. agric. Sci. Camb.*, **73**: 99-111.
21. MENKE H., STEINGASS H., 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Devel.*, **28**: 7-55.

22. NORTON B.W., 1994. The nutritive value of tree legumes. In : Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, United Kingdom, CAB International, 389 p.

23. NORTON B.W., 1994. Tree legumes as dietary supplements for ruminants. In : Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, United Kingdom, CAB International, 389 p.

24. PHILIPPEAU G., 1986. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. Paris, France, ITCF, 63 p.

25. SHELTON H.M., BREWBAKER J.L., 1994. *Leucaena leucocephala* - the most widely used forage tree legume. In : Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, United Kingdom, CAB International, 389 p.

26. VAN SOEST P.J., WINE R.H., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. *J. Ass. Off. Anal.*, **50**: 50-55.

Reçu le 23.5.95, accepté le 24.6.96

## Summary

**Corniaux C., Durand N., Sarraihl J.M., Guerin H.** Chemical components and enzyme and *in vitro* digestibility of woody shrubs used by ruminants in New Caledonian rangelands. I. Typology

This study, performed on 45 shrubs from New Caledonia, helped define six fodder shrub groups characterized by their chemical components and their enzyme and *in vitro* digestibility. Species with highly digestible crude protein contents and organic matter digestibility are the most interesting from a nutritional point of view. The best results are obtained with *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Acalypha grandis*, *Samanea saman*, *Albizia lebbeck*, *Erythrina sp.*, *Acacia farnesiana* and *Sesbania grandiflora*. On the other hand, data on *Desmanthus virgatus* and, to a lesser degree, *Acacia ampliceps* are disappointing.

**Key words:** Browse plant - Protein value - Classification - Chemical composition - Digestibility - Ruminant - Rangeland - New Caledonia.

## Resumen

**Corniaux C., Durand N., Sarraihl J.M., Guerin H.** Composición química y degradación enzimática e *in vitro* de las especies de arbustos leñosos utilizados por los rumiantes en los trayectos extensivos de Nueva Caledonia

Este estudio, realizado en 45 especies de arbustos recolectados en Nueva Caledonia, permitió demostrar seis grupos de forrajes leñosos caracterizados por su contenido en elementos brutos y por su degradación enzimática e *in vitro*. En estas especies, el contenido de materias nitrogenadas degradables y un alto grado de degradación de materia orgánica son los puntos de mayor interés nutricional. Se trata de *Gliricidia sepium*, de *Leucaena leucocephala*, de *Acalypha grandis*, de *Samanea saman*, de *Albizia lebbeck*, de *Erythrina sp.*, de *Acacia farnesiana* y de *Sesbania grandiflora*. Por otro lado, los datos correspondientes a *Desmanthus virgatus* y, en menor grado, *Acacia ampliceps* no son satisfactorios.

**Palabras clave :** Planta de ramoneo - Valor proteínico - Clasificación - Composición química - Digestibilidad - Rumiante - Tierra de pastos - Nueva Caledonia.

## *Quatre notes en métrologie pastorale*

*Dès les années 1960, Le Dr Jean Pagot, alors directeur de l'IEMVT, lançait les études des pâturages tropicaux. Il voulait répondre ainsi à l'observation faite par les éleveurs africains : "vous soignez nos animaux, mais vous ne nous aidez pas à les nourrir". Gabriel Boudet, chargé de créer le service d'agrostologie, retenait l'analyse phytosociologique pour l'étude des végétations africaines et fit siennes certaines des méthodes de l'époque qu'il adapta aux objectifs de caractérisation des parcours sahéliens et soudaniens et au contexte de la "brousse". Parallèlement, le service de nutrition du Dr René Rivière étudiait la valeur nutritive des fourrages et les besoins alimentaires du bétail tropical.*

*Tandis que les progrès des recherches françaises de l'INRA dans le domaine de l'alimentation des ruminants et de la valeur alimentaire des fourrages étaient progressivement adaptées aux conditions tropicales par l'IEMVT, les méthodes d'étude phytosociologique, utilisées selon l'état de l'art de l'époque, avaient du mal à suivre les progrès et les innovations ; les contraintes d'un travail sur le terrain presque continu et de l'expatriation prolongée l'expliquent facilement. L'emploi de méthodes nouvelles pour répondre à des questions particulières, ainsi que les traitements analytiques des données ont été adoptés avec retard et parfois sans précautions suffisantes, notamment sur le plan statistique.*

*Le CIRAD-EMVT a demandé à Philippe Daget, docteur ès sciences au CNRS, connu pour ses travaux de métrologie\* pastorale et détaché au sein du département depuis quelque temps, de faire des mises au point méthodologiques dans ce domaine. Ces quatre notes sont ses premières contributions ; d'autres devraient suivre. Intentionnellement, elles resteront courtes et descriptives ; les développements théoriques, les justifications pratiques, les validations concrètes seront limitées : il ne s'agit pas, le plus souvent, de méthodes nouvelles, mais du rappel de méthodes déjà existantes et dont la justification ou l'étude critique ont déjà été faites dans d'autres contextes.*

*Bernard Toutain*

---

\* La métrologie est l'étude des méthodes et des techniques de mesure ; la métrologie pastorale est donc l'étude des techniques utilisées pour la caractérisation des pâturages.

# La mesure des biomasses au pâturage

Ph. Daget <sup>1</sup>

## Mot-clés

Biomasse - Mesure - Pâturage - Méthode.

## Résumé

La végétation des pâturages étant par nature hétérogène, l'analyse de la biomasse par les méthodes classiques est inadéquate parce qu'elle est basée sur l'hypothèse de la distribution gaussienne des mesures faites sur des échantillons extraits d'une population homogène. Il est préférable de caractériser les biomasses par la médiane des observations et d'utiliser des tests non paramétriques pour les comparaisons.

Un principe fondamental de la métrologie physique est que lorsque la même grandeur est mesurée plusieurs fois, les valeurs trouvées sont légèrement différentes mais distribuées de manière "normale", c'est-à-dire "gaussienne". La moyenne arithmétique des mesures donne une appréciation sans biais de la valeur centrale de la distribution (13). Certaines grandeurs physiques ne peuvent être mesurées que par des procédés destructifs ; les observations sont alors faites sur un ensemble d'éprouvettes supposé homogène (homogénéité qui doit être testée) puis les mesures effectuées sont traitées comme les précédentes.

Suivant les recommandations des biométriciens (15), les pasteurs, souvent emportés par leur fougue, ont cru pouvoir transposer à la mesure des biomasses *in situ* les principes de la métrologie physique. Mesurant la biomasse d'un certain nombre de placeaux fixé par Levang et Grouzis (10), ils calculent une **valeur moyenne**, s'étonnent de sa variabilité ; ils calculent ensuite le nombre d'échantillons à prélever pour obtenir des chiffres avec une précision donnée et le trouvent très élevé (1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 14, etc.).

Ces difficultés tiennent à ce que la principale condition d'application de la méthode utilisée n'est pas remplie !

Les prélèvements effectués ne peuvent être considérés comme homogènes parce que la station écologique d'où ils sont prélevés est par **nature** hétérogène (5).

Il est normal, c'est-à-dire conforme à la norme, que certains des carrés prélevés soient nettement plus lourds (ou légers) que les autres ; certains peuvent même être vides. La distribution des valeurs enregistrées n'est ni symétrique, ni gaussienne, mais bornée et d'autant plus dissymétrique à gauche qu'il y a plus de quadrats vides. La moyenne n'est pas une valeur centrale significative et les formules utilisées pour calculer le nombre d'échantillons à prélever, basées le plus souvent sur une exploitation de la loi binomiale, sont inadéquates.

On obtiendra de bien meilleurs résultats en substituant le calcul de la médiane à celui de la moyenne arithmétique parce qu'il n'est pas influencé par la valeur exacte prise par le quadrat le plus lourd (ou le plus léger). Il existe des moyens de calculer un intervalle de confiance autour de la médiane (17, 18).

L'intervalle de confiance de la médiane est calculé de la manière suivante. Les  $n$  valeurs sont d'abord classées dans l'ordre croissant ; la médiane est la valeur de rang :

$$\frac{(n+1)}{2}$$

Le rang des bornes de l'intervalle de confiance est donné par :

$$\frac{(n+1)}{2} \pm z \frac{\sqrt{n}}{2}$$

où  $z$  est la valeur de la variable normale correspondant au seuil désiré (pour le seuil 0,95,  $z = 1,96$  ; pour le seuil 0,99,  $z = 2,6$ ). Ainsi, pour la série de 30 mesures de biomasse, les rangs des bornes de l'intervalle sont :

$$\frac{31}{2} \pm 2 \frac{\sqrt{30}}{2} = 15,5 \pm 5,5$$

Il s'agit donc des dixièmes et vingt-et-unièmes valeurs de la série des mesures rangées par ordre croissant.

La comparaison des biomasses entre types de milieu ou traitements agronomiques est faite le plus souvent par des analyses de variance à un critère (8), ou factorielles à deux critères (17). Elles donnent souvent, en raison de l'hétérogénéité structurelle de la végétation, des différences non significatives. On leur substituera avec avantage des méthodes non paramétriques utilisant les rangs (3, 16, 17, etc.) bien connues mais peu utilisées (18).

## BIBLIOGRAPHIE

- BOUDET G., 1977. Contribution au contrôle continu des pâturages tropicaux en Afrique occidentale. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **30** (4) : 387-406.
- BOUDET G., 1991. Pâturages tropicaux et cultures fourragères. Paris, France, La Documentation française, 266 p.
- CONOVER W., 1980. Practical nonparametric statistics. New York, USA, J. Wiley, 492 p.
- CORNET A., 1981. Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sahéliennes au Sénégal. Thèse doc., Université Sciences Techniques Languedoc, Montpellier, France, 353 p.

1. CNRS/CIRAD-EMVT, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

5. DAGET Ph., 1978. Ecologie générale et prairie permanente, Thèse d'Etat, Université Sciences Techniques Languedoc, Montpellier, France, 212 p.
6. DAGET Ph., GODRON M., 1995. Pastoralisme : espaces, troupeaux et sociétés. Paris, France, Hatier, 510 p.
7. DAGET Ph., POISSONET J., 1991. Prairies permanentes et pâturages. Méthodes d'étude. Montpellier, France, Institut de Botanique, 375 p.
8. FISHER R., 1938 ( Réed. 1963). The design of experiments. London, United Kingdom, Oliver and Boyd, 248 p.
9. FOURNIER A., 1991. Phénologie, croissance et production végétale dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest - Variation selon un gradient climatique. Paris, France, ORSTOM Edition, 312 p. (coll. Etudes et Thèses)
10. LEVANG P., GROUZIS M., 1980. Méthodes d'étude de la biomasse herbacée des formations sahéennes : application à la mare d'Oursi, Haute-Volta. *Acta Oecol., Oecol. Plant.*, **3** : 231-244.
11. MILNER C., ELFYN HUGUES R., 1968. Methods for the measurement of the primary production of grassland. Oxford, United Kingdom, Blackwell, 70 p. (IBP Handbook)
12. PENNING DE VRIES F., VAN HEEMST H., 1975. Production primaire potentielle des terres non irriguées au Sahel : une première approximation. Actes Colloq. de Bamako sur l'inventaire et la cartographie des pâturages tropicaux africains. Addis Abeba, Ethiopie, CIPEA, p. 323-338.
13. PERARD A., TERRIEN J., 1968. Les mesures physiques. Paris, France, PUF, 128 p.
14. ROBERGE G., DENIS J.P., 1985. Pâturage direct d'une parcelle de culture fourragère irriguée au Sénégal : méthode de suivi et résultats. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **38** (4) : 313-319.
15. SCHREIDER E., 1960. La biométrie. Paris, France, PUF, 128 p.
16. SIEGEL S., 1956. Non parametric statistics for the behavioral sciences. New York, USA, McGraw Hill, 312 p.
17. SNEDECOR G., COCHRAN W., 1968. Statistical methods. Ames, Iowa, USA, Iowa State Univ. Press, 593 p., ou SNEDECOR G., COCHRAN W., 1980. Méthodes statistiques. Paris, France, ACTA, 600 p.
18. SPRENT P., 1992. Pratique des statistiques non paramétriques. Paris, France, INRA, 294 p.

Reçu le 6.10.95, accepté le 5.4.96

## Summary

### Daget Ph. Biomass measurement in rangelands

Rangeland vegetation is heterogenous by nature, so biomass analysis using classical methods is inadequate because it is based on the assumption of a normal distribution of sample measurements extracted from a homogenous population. It is better to characterize biomasses with the median and to use non-parametrical tests for comparisons.

**Key words:** Biomass - Measurement - Grazing - Method.

## Resumen

### Daget Ph. Medida de las biomásas en pastizales

La vegetación de los pastizales es naturalmente heterogénea. El análisis de la biomasa por medio de los métodos clásicos es inadecuado, debido a que se basa en la hipótesis de la distribución de Gauss de las medidas realizadas sobre muestras extraídas en una población homogénea. Es preferible caracterizar las biomásas por la mediana de las observaciones y utilizar los tests no paramétricos para las comparaciones.

**Palabras clave :** Biomasa - Medición - Pastoreo - Método.

# Pondérer les espèces dans les formations herbacées très hautes

Ph. Daget<sup>1</sup> T. S. Konaté<sup>2</sup>

## Mots-clés

Savane - Pâturage - Méthode

## Résumé

Les méthodes d'inventaire classiques ne sont pas utilisables dans les formations herbacées très hautes (supérieures à 2 m). Les auteurs proposent de faire 33 observations par parcelle avec un quadrat en U de 1 m de côté. Dans chacune, on fait la liste des espèces pondérée par une note d'abondance-dominance simplifiée de 0 à 3. Les 33 notes sont additionnées pour obtenir la pondération définitive des espèces de la parcelle par des notes qui varient de 0 à 99.

## Difficultés rencontrées dans ces formations

Une formation herbacée, ou une formation graminéenne, est considérée comme très haute lorsque sa hauteur moyenne est supérieure à 2 m (1). C'est le cas, en région tempérée, des roselières (*Phragmites arundinacea*) et aussi des cultures de maïs (*Zea mays*) et parfois de tournesol (*Helianthus annuus*), en région méditerranéenne des cannes de Provence (*Arundo donax*) et en régions tropicales humides de nombreuses savanes à andropogonées.

Les méthodes de points-quadrat (1, 2) même modifiées par l'emploi des baïonnettes (1, 2, 5) ou de grandes aiguilles (1, 2, 6) ne sont pas adéquates car elles supposent toutes que l'oeil de l'observateur se trouve au-dessus, ou, à la limite, au niveau de l'appareil, ce qui ne peut être le cas dans ces formations qui le surplombent nettement.

Les méthodes d'analyse de la voûte par photographies hémisphériques ne permettent pas les distinctions spécifiques. Elles ne répondent donc pas non plus au problème posé. Quant aux méthodes phytosociologiques, elles ne sont pas suffisamment précises pour suivre des évolutions ou des phénomènes.

Aussi la mise au point d'un procédé d'approche nouveau était-il nécessaire.

## Le quadrat en U

L'emploi du quadrat en U (figure 1) est donc proposé (3, 4). Il correspond à un carré de 1 m de côté, trois de ces côtés étant matérialisés par des éléments constitués de profilé de fer en T dont le jambage est placé à l'extérieur. Ces éléments sont soudés solidement (à l'arc électrique) et leur extrémité libre est coupée en biseau de manière à permettre une introduction aisée dans les végétations denses.

La végétation en place est coupée sur une bande de 50 m de long et d'environ 1,5 m de large. L'observateur se place dans cette "allée" et a donc devant lui un "mur" de végétation. Il enfonce le

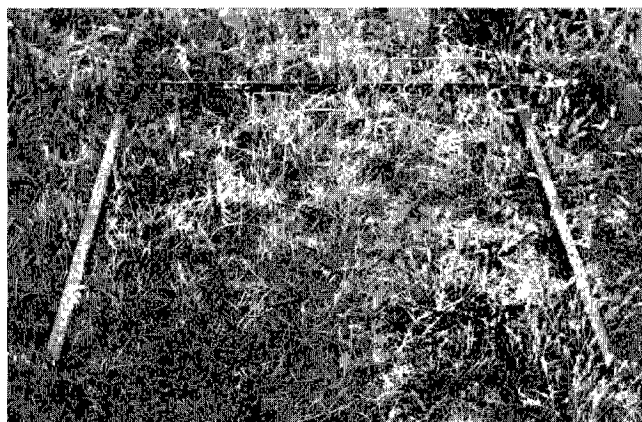


Figure 1 : le quadrat en U dans une végétation herbacée basse.

quadrat en U dans la végétation jusqu'à ce que sa base arrive au ras du "mur" de végétation (figure 2). Il peut alors procéder aux observations proprement dites. La même manœuvre est effectuée 33 fois, en déplaçant le quadrat de manière à laisser un espace de 50 cm entre deux positionnements successifs.

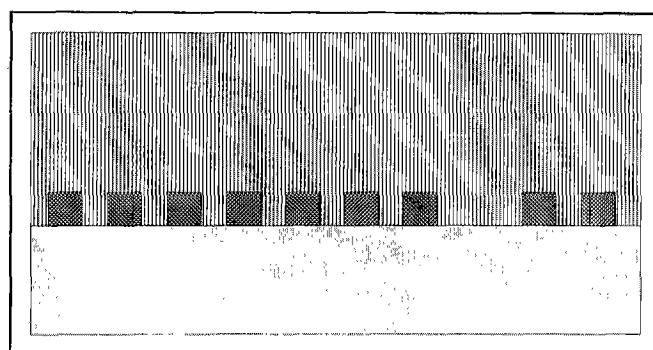


Figure 2 : disposition des quadrats en U dans la végétation. Rayures : la végétation de la savane intacte ; grisé : partie coupée de cette végétation ; croisillons : position des 7 premiers quadrats et des 2 derniers.

1. CNRS/CIRAD-EMVT, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

2. Direction de l'hydraulique pastorale, BP 500, Bamako, Mali



Dans chaque quadrat, les observations sont faites de la manière suivante :

- la liste des espèces dont la souche ou le collet est dans le quadrat, ou dont le houppier se trouve au dessus, est établie ;
- chaque espèce de la liste est ensuite pondérée par une note qui est :
  - note 0 : si l'espèce y est très rare, avec un seul pied ou un recouvrement au plus égal à  $1/4 \text{ m}^2$  ;
  - note 1 : si l'espèce est peu abondante, ou son recouvrement est de l'ordre de  $1/2 \text{ m}^2$  ;
  - note 2 : si l'espèce est abondante, ou son recouvrement est de l'ordre de  $3/4 \text{ m}^2$  ;
  - note 3 : si l'espèce est très abondante, ou présente un recouvrement supérieur à  $3/4 \text{ m}^2$ .

La liste complète des espèces présentes correspond à la fusion des 33 listes élémentaires ; chaque espèce est pondérée par la somme des notes qui lui ont été données dans les quadrats élémentaires. La liste des espèces de la station est ainsi établie et assortie d'une note variant entre 0 et 99, note qui peut être assimilée à la mesure d'un recouvrement et utilisée comme telle. S'il est jugé souhaitable de distinguer les espèces très rares de celles qui sont totalement absentes, on pourra remplacer la note zéro par une faible valeur décimale : 0,1.

Ainsi la "complexion" : 10 fois peu abondante - 10 fois rare - 13 fois absente sera distinguée de 10 fois peu abondante et 23 fois absente par :  $11 = (10 \times 1) + (10 \times 0,1) + (13 \times 0)$  contre  $10 = (10 \times 1) + (23 \times 0)$ .

## Summary

**Daget Ph., Konaté T. S.** Weighing species in tall grass vegetation

Usual methods of survey cannot be used in tall grass vegetation (over 2 m high). The authors recommend that 33 quadrats be analysed with a 1 m x 1 m U-frame. For each one of them a list of the species is written up, whose abundance-dominance weight is given by using a simplified grade ranging from 0 to 3. For each species, the 33 grades are added in order to obtain the final weight grade ranging from 0 to 99.

**Key words:** Savanna - Grazing - Method.

## BIBLIOGRAPHIE

1. DAGET Ph., POISSONET J., 1991. Prairies permanentes et pâturages. Méthodes d'étude. Montpellier, France, Institut de Botanique, 375 p.
2. DAGET Ph., POISSONET J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application, *Ann. Agron.*, **22** (1) : 5-41.
3. DAGET Ph., GASTON A., 1994. SUIVI : Un logiciel pour l'analyse diachronique de la production primaire des pâturages au Mali. Montpellier, France, CIRAD-EMVT, 13 p.
4. KONATE T., 1994. Agrométéorologie appliquée à la surveillance des ressources pastorales au Mali. Montpellier, France, CIRAD-EMVT, 59 p. et annexes.
5. POISSONET P., DAGET Ph., POISSONET J., LONG G., 1971. Rapid point survey by bayonet blade. *J. Range Manage.*, **25** (4) : 313.
6. POISSONET J., CESAR J., 1972. Structure spécifique de la strate herbacée dans la savane à Palmier Rônier de Lamto, Côte d'Ivoire. *Ann. Univ. Abidjan*, **F 5** : 577-601.

Reçu le 6.10.95, accepté le 5.4.96

## Resumen

**Daget Ph., Konaté T. S.** Ponderar las especies en las formaciones herbáceas muy elevadas

Los métodos de inventario clásicos no son indispensables en las formaciones herbáceas muy elevadas (de más de 2 m). Los autores proponen realizar 33 observaciones por parcela, con un cuadrulado en U, de un metro de cada lado. En cada una, se hace una lista de especies, ponderada por una nota de abundancia-dominancia simplificada de 0 a 3. Las 33 notas se adicionan para obtener la ponderación definitiva de las especies de la parcela por medio de notas que varían de 0 a 99.

**Palabras clave :** Sabana - Pastoreo - Método.

# Une utilisation des dénombrements dans l'analyse des ligneux des pâturages

M. Cora<sup>1</sup> Ph. Daget<sup>2</sup>

## Mot-clés

Plante ligneuse - Pâturage - Méthode

## Résumé

Dans des stations de référence, le diamètre de tous les brins de ligneux est mesuré au centimètre près à chaque observation, espèce par espèce. Le mode d'enregistrement et de présentation des données permet de suivre avec précision l'évolution du peuplement ligneux et d'en calculer aisément les caractéristiques.

L'importance des ligneux dans la végétation des savanes pâturées est connue (4, 6, 7) et son évolution traduit l'état du peuplement dans son ensemble plus nettement et plus rapidement que l'examen du peuplement herbacé (1). Si l'analyse du recouvrement permet souvent de traduire l'état évolutif du peuplement (9), elle n'est pas toujours suffisante, surtout dans les premiers stades évolutifs au cours desquels une variation importante du nombre de rejets peut ne correspondre qu'à une très faible modification des recouvrements. Dans ce cas le dénombrement exact des individus présents peut apporter une solution.

Certaines des premières études précises d'agropastoralisme ont été appuyées sur des dénombrements exhaustifs ; elles portaient sur des formations herbacées denses sous climat tempéré froid (Daget, comm. pers.) ; le poids et la pénibilité de la méthode ont vite conduit à son abandon. Elle a été reprise pour la caractérisation de savanes plus ou moins ouvertes par Gaston (5) et de "steppes", aussi appelées Badiah marginaux par les écologues arabes, par Monod (8). Cependant, là encore, la limite est rapidement atteinte, sauf si les dénombrements sont limités aux végétaux ligneux (7).

Le mode d'observation proposé (3) est destiné à suivre le devenir du peuplement ligneux de parcelles de référence. Dans ces placettes, il faut mesurer au centimètre près le diamètre moyen de chaque tige ligneuse au dessus de l'emplacement basal, même si elles ne sont pas encore aoûtées. Il est commode d'utiliser un ruban dont les graduations entières sont espacées de 3,14 cm (la distance exacte est  $\pi$ ) ; il est placé de manière à encercler étroitement la tige et permet la lecture directe du diamètre moyen en centimètres. Un tel ruban peut être de fabrication artisanale si on trouve un support à la fois souple et inextensible ; il en existe de tout prêts à l'usage dans le commerce. Le tableau I montre les résultats obtenus dans une placette d'Éthiopie.

Des paramètres statistiques classiques peuvent être calculés :

Diamètre maximal :	30,0
Diamètre minimal :	2,0
Amplitude :	28,0
Diamètre moyen :	10,9
Variance :	77,1
Ecart-type :	8,8
Diamètre médian :	8,0
Surface terrière :	2 722,98

1. BP 500, Addis-Abeba, Éthiopie

2. CNRS/CIRAD-EMVT, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

TABLEAU I

## Résultat de l'enregistrement des observations dans une station d'Éthiopie

ORBATTI											
	2	3	4	6	8	12	13	14	25	30	TOT
<i>Acacia paoli</i>				1	1			1		2	5
<i>Acacia mellifera</i>					3	1					4
<i>Acacia horrida</i>		1					1		1		3
<i>Commiphora sp.</i>			1	1							2
<i>Cadaba glandulosa</i>	1										1
<i>Cordia sinensis</i>						1					1
<i>Salvadora persica</i>			2								2
Total	1	1	3	2	4	2	1	1	1	2	18

Parmi les 18 tiges de ligneux de la station, il y a cinq *Acacia paoli* dont un seul a un diamètre de 6 cm

et la distribution des tiges comparée à une distribution géométrique (1).

Les résultats d'autres observations faites dans la même placette à une date ultérieure peuvent être comparées (tableau II) :

Les observations suivantes peuvent ainsi être faites en comparant les deux premières lignes du tableau II : la tige d'*Acacia horrida* qui avait un diamètre de 3 cm en 1987 a gagné 2 cm en 1991 ; la tige de 13 cm a gagné 1 cm dans le même temps, tandis que le gros *Acacia* de 30 cm a disparu. De même, la tige de *Cadaba glandulosa* de 2 cm observée en 1987 a disparu en 1991, mais cinq jeunes individus sont apparus dans ce laps de temps ; ainsi de suite.

Il apparaît ainsi que tout ce qui s'est passé dans l'intervalle entre deux observations se traduit sur ce type de tableau et que le devenir du peuplement ligneux peut ainsi être suivi avec une grande précision\*.

\* Nous avons écrit un logiciel autonome, TIGE, qui effectue les principaux calculs et construit les divers tableaux ci-inclus ; il peut être obtenu auprès du CIRAD-EMVT à Montpellier.

TABLEAU II

## Comparaison des enregistrements effectués dans la même station en 1987 et en 1991

Diamètres	RESULTATS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	13	14	15	25	30	31
<i>Acacia horrida</i> 87			1								1					1
<i>Acacia horrida</i> 91					1							1				
<i>Acacia horrida</i> 87			1								1					1
<i>Acacia mellifera</i> 87								3		1						
<i>Acacia mellifera</i> 91								2	1							
<i>Acacia paoli</i> 87						1		1				1				2
<i>Acacia paoli</i> 91							1		1				1			1
<i>Cadaba glandulosa</i> 87		1														
<i>Cadaba glandulosa</i> 91	5															
<i>Cordia sinensis</i> 87										1						
<i>Cordia sinensis</i> 91											1					
<i>Commiphora sp.</i> 87				1		1										
<i>Commiphora sp.</i> 91					1	1										
<i>Salvadora persica</i> 87				2												
<i>Salvadora persica</i> 91					2											

2 tiges de *Salvadora persica* ont été vues chaque fois ; en 1987 leur diamètre était de 4 cm, en 1991 il était passé à 5 cm

## BIBLIOGRAPHIE

- BILLE J.C., 1977. Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Thèse, Université Paris Orsay et ORSTOM, Paris, France, 116 p.
- BILLE J.C., 1994. Réparateur de pâturages. Paris, France, L'impromptu, 344 p.
- DAGET Ph., BILLE J.C., CORA M., GASTON A., KONATE T., 1995. Organisation du suivi de la production végétale dans les pâturages : exemples du Mali et de l'Éthiopie. In : C.R. Sémin. int. Réseau Parcours, Tabarka, Tunisie, septembre 1994, *Parcours demain*, N° spécial : p. 67-78.
- DUPRIEZ H., DE LEENER Ph., 1993. Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique - Terre et Vie. Wageningen, Pays-Bas, CTA, 280 p.
- GASTON A., 1981. La végétation du Tchad, évolutions récentes sous des influences climatiques et humaines. Thèse d'Etat, Université Paris XII, France, 333 p.
- HIERNAUX P., CISSE M., DIARRA L., LEEUW P., 1994. Fluctuations saisonnières de la feuillaison des arbres et des buissons sahéliens. Conséquence pour la quantification des ressources fourragères. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 47 (1) : 117-125.
- MENAUT J.C., 1971. Etude de quelques peuplements ligneux d'une savane guinéenne de Côte d'Ivoire. Thèse, Paris, France, 153 p.
- MONOD Th., 1972. Spectres de modes de dissémination dans l'Adrar mauritanien (Sahara occidental). *Candollea*, 29 : 401-425.
- OVALLE C., 1986. Etude du système écologique sylvo-pastoral à *Acacia caven* (Mol.) Hook. & Arn. Thèse, Université Sciences Techniques Languedoc, Montpellier, 224 p.

Reçu le 6.10.95, accepté le 5.4.96

## Summary

**Cora M., Daget Ph.** Use of census in the analysis of woody plants in rangelands

In reference stations, the diameter of all woody stems is measured each time, give or take one centimeter, species by species. The recording format and data presentation allow to accurately follow up on the evolution of woody vegetation and the easy calculation of its characteristics.

**Key words:** Woody plant - Grazing - Method.

## Resumen

**Cora M., Daget Ph.** Uso del conteo en el análisis de plantas leñosas de los pastizales

En las estaciones de referencia, se midió en cada observación y con una precisión de un centímetro, el diámetro de todos los tallos de las plantas leñosas, especie por especie. El tipo de registro y de presentación de los datos permitió seguir con precisión la evolución de la población de plantas leñosas, así como de calcular fácilmente las características.

**Palabras clave:** Planta leñosa - Pastoreo - Método.

# Mesurer le recouvrement des ligneux dans les végétations ouvertes des pâturages

Ph. Daget <sup>1</sup>

## Mots-clés

Plante ligneuse - Mesure - Pâturage - Méthode.

## Résumé

La mesure précise des recouvrements des espèces ligneuses dans les végétations ouvertes est indispensable, en particulier dans les études de dynamique. Elle est grandement facilitée par l'emploi de la jauge de Cooper, basée sur les principes du relascope de Bitterlich.

## Difficultés rencontrées dans ces formations

L'approche dynamique des pâturages par l'évolution des paysages a toujours constitué un des objectifs principaux des études de pastoralisme (3, 10). Mais, qu'il s'agisse de caractériser la dégradation des pâturages par la disparition progressive des ligneux ou à l'inverse par l'augmentation progressive de leur importance, le problème est toujours celui de la quantification.

Certes, les observateurs notent souvent l'abondance dominante des espèces dans leurs relevés, mais si ces mesures sont pertinentes pour l'établissement des associations et de leurs faciès (5, 13), elles sont tout à fait insuffisantes pour suivre des phénomènes le plus souvent progressifs.

Le dénombrement des tiges par unité de surface, surtout s'il est accompagné de mesures du diamètre, peut apporter une solution à ce problème de quantification. Du fait de sa lourdeur, il est réservé aux cas particuliers de parcelles d'essais (7, et ci-après).

Les végétations concernées sont des formations mixtes composées de végétaux herbacés et ligneux ; elle comporte des ligneux bas (moins de 2 m) et des ligneux hauts, dont certains sont des arbres (plus de 8 m). Ces différentes strates ont des grains différents en particulier par leur échelle. Cela rend l'appréciation des recouvrements par les méthodes classiques (8, 14) peu efficace parce qu'elles ne peuvent appréhender les trois strates dans une même observation.

Il en résulte que la quantification des ligneux est souvent négligée bien qu'elle soit la meilleure traduction du stade évolutif du pâturage (1) et que beaucoup de relevés n'ont de sens que pour la personne qui les a faits, pendant qu'elle a encore la mémoire visuelle de l'état des strates supérieures.

## La jauge de Cooper

Il y a pourtant un procédé très simple, très rustique et très économique de procéder, c'est l'emploi de la jauge de Cooper (6). Cet appareil (figure 1), que chacun peut construire soi-même sur le

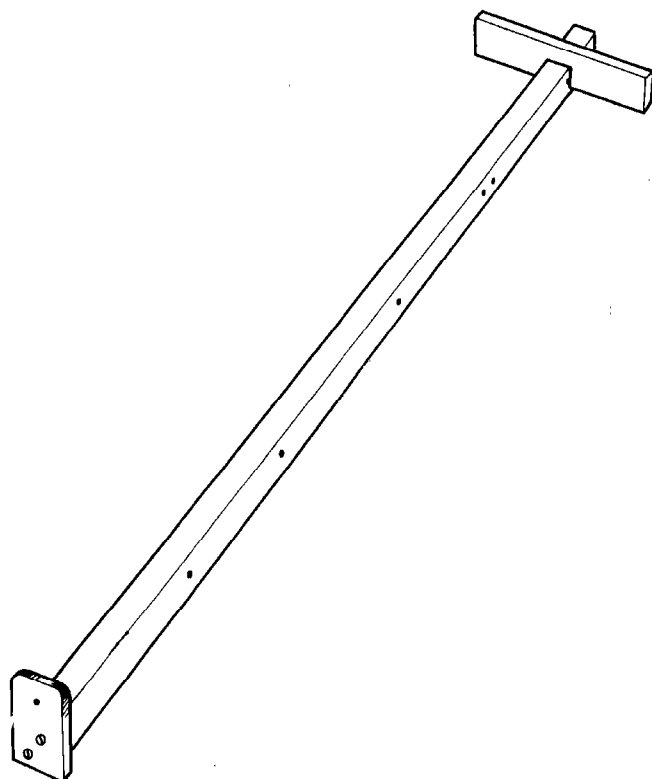


Figure 1 : la jauge de Cooper (extrait de Daget et Poissonet, 1991).

terrain, est léger et efficace ; il peut être mis entre toutes les mains après un apprentissage de... 5 minutes. Il reste pourtant ignoré de nombreux pastoralistes et d'écologues de formation française, qui sont ainsi privés d'une méthode rigoureuse et de chiffres précis.

La jauge de Cooper a la forme d'un T dont le bras du haut a une longueur de 10 cm et la jambe une longueur de 70,7 cm ; à l'extrémité de la jambe opposée au bras se trouve un œilleton. En fait, cela signifie que la distance qui sépare le bras de l'œilleton a exactement 70,7 cm. L'œilleton peut être une plaque métallique percée d'un trou et fixée à l'extrémité de la jambe comme sur la figure 1, ou un piton rond planté dans la jambe (qui est alors plus longue).

1. CNRS/CIRAD-EMVT, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

L'important est le respect **scrupuleux** de ces dimensions qui donnent un angle de visée de  $8^{\circ}5'$ .

La jauge s'utilise de la manière suivante : l'observateur détermine un point d'observation ; il se place en ce point et, avec la jauge, en faisant un tour sur lui-même, vise tous les arbres ou les touffes qui l'entourent et dénombre les arbres dont la couronne a une dimension apparente supérieure à celle du bras, et néglige les autres (figure 2). Il avance alors en ligne droite de 30 pas, donc de 20 m (ou de 75 pas, donc de 50 m) et recommence, ceci dix fois de suite. Il obtient alors pour chaque espèce d'arbre dix effectifs, dont il fait le total. L'emploi de cette technique de pondération des espèces ne nécessite pas la délimitation concrète, matérielle ou non, de l'aire du relevé, comme c'est le cas dans les analyses phytosociologiques ou écologiques classiques (4, 5, 11, 13) ; c'est la raison pour laquelle les anglophones la regroupent avec les approches de même nature sous la dénomination de *Variable Plot Method*.

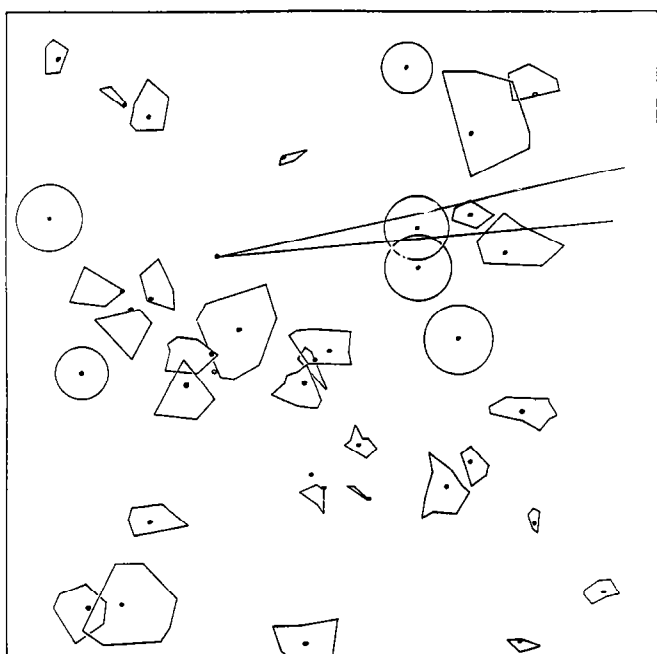


Figure 2 : mode d'observation appliqué à une végétation de savane à Lamto, dont le plan est extrait de César, 1992. Les points noirs représentent les emplacements de l'enracinement des ligneux ; cercles et polygones correspondent à la projection de leurs couronnes ; l'angle matérialise l'angle de visée de la jauge de Cooper : dans cette visée, seule la couronne circulaire qui dépasse de l'angle sera retenue.

Les recouvrements moyens des espèces observées sont obtenus en divisant par 20 chacun des totaux ; dans la pratique, il suffit de placer une virgule et de prendre la moitié, c'est instantané. Ainsi, si sur 10 points d'observation dans une savane, 170 *Acacia ehrenbergiana* ont été retenus, le recouvrement de cette espèce est  $17,0/2 = 8,5$  p. 100.

La limite inférieure des mesures qui peuvent être faites correspond au cas où une certaine espèce n'est retenue qu'une seule fois sur les 10 observations ; son recouvrement est alors  $1/20$  soit 0,05 p. 100. Aux forts recouvrements, certains des houppiers qui auraient pu être retenus ne peuvent être observés parce qu'ils sont cachés par ceux qui sont au premier plan ; Cooper (6) fixe empiriquement le recouvrement limite supérieur à 35 p. 100.

La méthode, dont on voit la simplicité, est appuyée sur une analyse théorique approfondie due au forestier autrichien Bitterlich (2), et a été présentée aux écologues français par Gounot (12). La théorie de Bitterlich est à la base du relascope, appareil plus élaboré que la jauge, que les forestiers utilisent pour mesurer les surfaces terrières des arbres. La jauge présentée ici en est une transposition au pastoralisme due à Cooper (6) et reprise par la suite par Fisser (9) ; son promoteur l'a utilisée pour mesurer le recouvrement de ligneux bas dont les couronnes variaient entre  $6''$  à  $30''$  (15 cm à 9 m).

## BIBLIOGRAPHIE

1. BILLE J.C., 1994. Réparateur de pâturages. Paris, France, L'imromptu, 350 p.
2. BITTERLICH W., 1948. Die Winkelzählprobe. *Allgemeine Forst und Holzwirtschaftliche Zeitung*, **59** (1-2) : 4-5.
3. BOUDET G., 1977. Contribution ou contrôle continu des pâturages tropicaux. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **30** (4) : 387-406.
4. BOUDET G., 1991. Pâturages tropicaux et cultures fourragères. Paris, France, La Documentation Française, 266 p.
5. BRAUN-BLANQUET J., 1964. Pflanzensociologie, 3<sup>e</sup> édition. Vienne, Autriche, Springer, 876 p.
6. COOPER Ch., 1957. The variable plot method for estimating shrub density. *J. Range Manage.*, **10** (2) : 110-115.
7. DAGET Ph., BILLE J.C., CORA M., GASTON A., KONATE T., 1995. Organisation du suivi de la production végétale dans les pâturages : exemples du Mali et de l'Éthiopie. In : C.R. Séminaire Int. Réseau Parcours, Tabarka, Tunisie, septembre 1994, Parcours demain, N° spécial, p. 67-78.
8. DAGET Ph., POISSONET J., 1991. Prairies permanentes et pâturages. Méthodes d'étude. Montpellier, France, Institut de Botanique, 375 p.
9. FISSER H., 1961. Variable plot, square foot plot and visual estimate for shrub crown cover measurement. *J. Range Manage.*, **14** (1) : 202-207.
10. BOUDET G., GASTON A., MERIGOUT P., ROY F., 1991. Les relevés par point quadrats alignés et l'analyse multivariée pour le suivi de la valeur pastorale des parcours sahéliens. In : Actes Congrès Int. Herbages, Nice, France, 4-11 octobre 1989. Versailles, France, AFPP, p. 1431-1432.
11. GODRON M., DAGET Ph., EMBERGER L., LE FLOCH E., POISSONET J., SAUVAGE Ch., WACQUANT J.P., 1968. Code pour le relevé méthodique de la végétation et des milieux. Paris, France, Editions du CNRS, 292 p.
12. GOUNOT M., 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Paris, France, Masson, 314 p.
13. GUINOCHET M., 1973. Phytosociologie. Paris, France, Masson, 227 p.
14. POISSONET J., CESAR J., 1972. Structure spécifique de la strate herbacée dans la savane à Palmier Rônier de Lamto Côte-d'Ivoire. *Ann. Univ. Abidjan, F*, **5**, 577-601.

Reçu le 6.10.95, accepté le 5.4.96

### **Summary**

**Daget Ph.** Measuring the cover of woody plants in open rangeland vegetation

A precise and rapid measurement of the cover of woody plants in open rangeland vegetation is essential in particular for dynamics studies. This measurement is easily performed using the Cooper gauge, based on Bitterlich's relascope principle.

**Key words:** Woody plant - Measurement - Grazing - Method.

### **Resumen**

**Daget Ph.** Medida de la cobertura de plantas leñosas en las vegetaciones abiertas de los pastizales

La medida precisa de la cobertura de las especies leñosas en las vegetaciones abiertas es indispensable, principalmente en los estudios de dinámica. Esta se facilita enormemente con el uso del calibrador de Cooper, basado en los principios del "relascopio" de Bitterlich.

**Palabras clave :** Planta leñosa - medición - Pastoreo - Método.

# Le peuplement de l'Afrique par la chèvre domestique

D. Bouchel<sup>1</sup> J.J. Lauvergne<sup>2</sup>

## Mots-clés

Caprin - *Brevipes* - *Longipes* - Domestication - Provenance - Population - Indice de gracilité - Oreille - Ressource génétique - Recensement - Cartographie - Afrique.

## Résumé

Après les textes de l'Antiquité mentionnant la chèvre africaine, les premières explorations de l'Afrique par les Européens ont apporté des connaissances encore très ponctuelles. En fait c'est au début du XX<sup>e</sup> siècle, lors de la colonisation du continent par les Européens, que l'étude des ressources génétiques caprines africaines a réellement commencé. Après les indépendances, les états nationaux ont poursuivi cet effort de recherche. L'origine de la chèvre en Afrique semble se situer au Moyen-Orient, où l'on trouve encore l'espèce sauvage ancêtre de l'espèce domestique ainsi que de nombreuses preuves archéozoologiques d'un processus de domestication datant de 8500 à 9000 ans. L'hypothèse d'une domestication *in situ* n'est cependant pas entièrement à écarter. Les nomenclatures disponibles permettent de distinguer les deux catégories de la classification évolutive post-domesticatoire : populations primaires qui semblent être les plus nombreuses en Afrique et races standardisées. Dans les populations primaires africaines l'utilisation d'indices morpho-biométriques permet de distinguer des sous-populations. Ainsi, avec l'indice de gracilité sous-sternale (IGs), on distingue des animaux *brevipes* (IGs = 1) et des *longipes* (IGs = 1,5). On peut proposer un scénario de peuplement de l'Afrique par la chèvre domestique en deux vagues successives : une première vague de type *brevipes* originaire du Moyen-Orient qui a couvert toute l'Afrique (IGs = 1) et une seconde vague de type *longipes* probablement venue également du Moyen-Orient (IGs = 1,5) qui a occupé la zone la plus chaude de part et d'autre de l'équateur thermique. Les populations de chèvres naines se seraient différenciées sur place à partir de chèvres *brevipes*.

## ■ INTRODUCTION

Dans le cadre des travaux du volet ressources génétiques du Projet régional de recherche sur les petits ruminants (PRRPR), les résultats sur la caractérisation génétique des caprins et les courtes revues bibliographiques parues dans les articles de Bourzat et coll. (13) et Lauvergne et coll. (63) ont mis en évidence la nécessité de dresser une synthèse plus complète sur la chèvre africaine. En effet, une classification et une cartographie rendant compte de façon pertinente des différentes populations actuelles et de leur répartition géographique repose sur la connaissance de l'histoire du peuplement du continent africain par les caprins.

Après l'historique des travaux et une revue des origines, des classifications, des nomenclatures et des inventaires, la reconstitution du scénario de peuplement selon une approche proposée par Lauvergne (61) pour le rivage nord de la Méditerranée à des participants du colloque INRA 47 (16, 64, 101) sera donc abordée.

## ■ HISTORIQUE

Avec quelques aperçus dans la Bible, dans la mesure où le peuple hébreu s'est aventuré de l'autre côté de la Mer Rouge et du Sinaï (114), les récits des géographes grecs comme Hérodote (52) et les études du naturaliste Aristote (4) auxquels il faut ajouter les textes en caractères hiéroglyphiques qui en Egypte font état de la chèvre (57), la connaissance en matière de ressources génétiques caprines africaines de l'Antiquité reste limitée.

La quête en la matière reprend lentement avec l'arrivée des commerçants européens sur les côtes de l'Afrique, où il sont précédés par les Portugais dès le XV<sup>e</sup> siècle (100). La plus ancienne description pourrait être celle de Dapper et coll. (25). Il s'agissait toutefois de connaissances ponctuelles qui n'ont permis aux auteurs qui se sont efforcés de couvrir le monde entier comme Pegler (97), Crépin (22) puis Sanson (109) que de donner des synthèses encore assez peu documentées. En effet jusqu'au début du XIX<sup>e</sup> les naturalistes (établis essentiellement en Europe occidentale) avaient rarement accès à l'intérieur du continent (55) car les nations européennes n'étaient guère présentes hors des comptoirs établis le long des côtes.

En fait, la connaissance des ressources génétiques domestiques du continent africain a été une des conséquences de l'exploration du

1. CIRAD-EMVT, Laboratoire de Farcha, BP 433, N'Djamena, Tchad

2. Département de Génétique animale de l'INRA, Laboratoire de Génétique factorielle, CRJ/INRA, 78352 Jouy-en-Josas Cedex, France

continent suivie d'une prise de possession par les nations européennes selon un découpage entériné à la Conférence de Berlin en 1884. Les étapes de cette exploration et de cette prise de possession ont été dégagées par Ade Ajayi et Crowder (3) et Brocard (14) en a donné une chronologie. Les principales nations participantes ont été le Portugal déjà cité, très anciennement implanté sur les côtes africaines (100), la France présente en Algérie depuis 1833, l'Angleterre qui avait un bastion en Egypte en 1882 puis au Soudan à partir de 1898, l'Allemagne dès 1884 mais dont l'activité sera interrompue lors de la première guerre mondiale, la Belgique en 1885, puis l'Italie qui intervint dans les années vingt (3, 14).

De la sorte, dès le début du XX<sup>e</sup> siècle les zootechniciens, principalement des vétérinaires, ont commencé à décrire en détail le bétail et les conditions d'élevage. Les travaux qui paraissent alors sont mieux documentés que par le passé avec, pour l'Afrique française, ceux de Pierre (98) sur l'AOF, de Geoffroy-Saint-Hilaire (43) sur l'Afrique du Nord, de Doutressoulle (29) sur l'AOF. Au sud de l'équateur les Belges étudient les chèvres du Congo (46, 67), alors que les Anglais couvrent le Nigeria (8) et l'Afrique du Sud (110) et les Italiens la Somalie et l'Erythrée (9, 75, 105).

Cet inventaire des ressources caprines était loin d'être achevé lorsque, après la guerre, les anciennes colonies ont accédé à l'indépendance. Toutefois le mouvement ne s'est pas interrompu pour autant. Le relais a été pris par les services de l'élevage des nouveaux états, tandis que les organismes internationaux mondiaux (ONUAA - FAO) ou africains (CIPEA) entraient en lice.

Grâce à des observations faites par le Général Cavaignac lors d'une expédition en 1847 et à l'exploration de l'Allemand Barth en 1850 (71), on sait aussi que l'Afrique recèle d'importantes fresques pariétales dont une carte a été dressée par Mauduit (86) et une chronologie donnée une première fois par Bandi et coll. (6) puis par Mori (87) et Lhote (72), elles-mêmes résumées et complétées par Muzzolini (88). Ces fresques ont été étudiées aussi bien en Afrique mineure et au Sahara (70, 71, 88) qu'en Afrique australe (53). On y trouve quelques représentations de chèvres domestiques permettant, avec les progrès de la datation, d'aider à reconstituer au moins partiellement les étapes du peuplement ancien.

## ■ ORIGINES

En ce qui concerne l'origine de la chèvre en Afrique deux thèses s'opposent : la thèse diffusionniste classiquement admise et la thèse d'une domestication *in situ* défendue par Muzzolini (89, 90, 91, 92).

Pour aborder ce problème il faut d'abord rappeler quelques notions sur le Néolithique, époque à laquelle la domestication des animaux et des plantes est intervenue d'une manière notable, et donner quelques précisions sur ce qui est connu de la domestication de la chèvre.

### Le Néolithique

La définition du Néolithique a été basée à l'origine sur les considérations de travail de la pierre [paléolithique, mésolithique et néolithique de Lubbock (74)] mais le terme a pris par la suite le sens de "stade de civilisation marqué par un mode de vie social et économique totalement nouveau. Regroupés en villages, les hommes produisent désormais leur nourriture..." (73), ce qui impliquait la domestication d'une série de plantes et d'animaux.

Bien que les progrès de la néolithisation se soient étalés dans le temps et dans l'espace, la formule de "Révolution néolithique" proposée par Childe (20) reste valable. Les progrès de l'archéolo-

gie, en particulier ceux de la datation (36, 37, 59) ont permis d'établir des chronologies et des localisations de plus en plus précises (21, 38, 45, 47, 50). Comme l'a montré Høneisen (54) à propos de l'Europe à partir de datation de poteries, le processus de néolithisation a pu se répandre en tâche d'huile à partir d'un centre d'origine.

Si, au début, on a pu penser que les foyers primaires de néolithisation étaient relativement peu nombreux avec les deux centres clefs du Moyen-Orient entre le 9<sup>e</sup> et le 7<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. et de l'Amérique centrale entre le 5<sup>e</sup> et le 2<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., il est apparu que ce schéma était trop simpliste pour rendre compte des nouvelles découvertes archéologiques. Selon Guilaine (47) il y a lieu de considérer des centres plus nombreux : Palestine, Zagros, Mésopotamie, Anatolie, Balkans, Indus, Chine, Hoggar, etc. Cette vision polycentrique a été confirmée récemment (5, 15, 28, 39, 65).

Aussi, en ce qui concerne l'Afrique, faut-il tenir compte de l'existence de centres de néolithisation précoces (7500 av. J.-C.) au Sahara et dans le Maghreb (3, 15, 38, 45, 106, 115).

### L'origine de la chèvre domestique

Si des auteurs comme Geoffroy-Saint-Hilaire (42) situaient son origine en Orient et si d'après Sanson (109), indépendamment de cette domestication asiatique, la chèvre avait été domestiquée dans les Alpes d'où elle se serait répandue en Europe et en Afrique, les études archéozoologiques amorcées par Rüttimeyer (108) et qui ont commencé à être efficaces avec Reverdin (102) ont montré que cette domestication était essentiellement survenue au Moyen-Orient il y a environ 8500 à 9000 ans (50, 113).

L'espèce sauvage ancêtre de la chèvre domestique *Capra hircus* serait *Capra aegagrus* (ou *Capra hircus aegagrus* selon les auteurs) également appelée à bézoard ou égagre ; on la trouve encore actuellement dans les montagnes du Moyen-Orient (48, 56). L'existence de *Capra prisca*, supposée être l'espèce ancestrale des chèvres européennes d'après Adametz (2) n'est plus reconnue depuis Zeuner (118). En l'absence de preuves archéozoologiques de leur domestication, l'hypothèse de la contribution d'autres espèces sauvages du genre *Capra* est désormais rejetée par la plupart des auteurs, en raison de la différence entre la forme des chevilles osseuses des cornes de ces espèces et de celles de nos chèvres domestiques (50, 113). Cependant des doutes subsistent en ce qui concerne *Capra falconeri* (ou *Capra hircus falconeri*) qui pourrait être partiellement à l'origine de certaines populations caprines asiatiques à cornes torsadées (11, 35, 113).

### L'origine de la chèvre en Afrique

Pour Muzzolini (89, 90, 91, 92), qui se base sur l'analyse de documents archéozoologiques et picturaux et sur leur datation, ainsi que sur des éléments de glottochronologie, la thèse d'une domestication en Afrique à partir de chèvres sauvages autochtones ou existant à une certaine époque serait plausible.

Toutefois si, d'après Muzzolini, la présence de caprins sauvages était attestée au Paléolithique au Maghreb et si de nombreux restes de caprins ont été retrouvés par les archéozoologues en Afrique (17, 30) on est loin encore de disposer de preuves de l'existence d'un processus de domestication analogue à celui qui a été mis en évidence au Moyen-Orient. D'autre part le seul caprin sauvage existant actuellement en Afrique est une forme de bouquetin du genre *Ibex* localisé en Éthiopie (48, 93).

Ainsi, après Mason (80), Gautier (41), Nozawa (94), et Helmer (50) il semble raisonnable de penser que les premiers caprins domestiques sont apparus au Moyen-Orient.



## ■ CLASSIFICATIONS ET NOMENCLATURES

Le premier essai de nomenclature des entités ethniques caprines africaines remonte à Crépin (22) qui ne distingue que six races pour toute l'Afrique, sans utiliser de critère de classification.

Avec les auteurs suivants apparaissent, à côté d'énumérations purement géographiques, des nomenclatures basées sur divers critères descriptifs ou zootechniques. Le tableau I montre la grille et les codes des classifications non géographiques utilisées par les auteurs. Dans le tableau II sont énumérées les nomenclatures dressées selon ces divers critères.

TABLEAU I  
Grille des critères de classification  
des ressources génétiques caprines africaines

critère		catégorie du critère	
n°	nom	code	nom de la cat.
1	degré d'évolution post-domesticoire	A	critères évolutifs
2	hauteur au garrot	B	critères descriptifs
3	trigramme signalétique	"	"
4	gracilité (proportions jambe/thorax)	"	"
5	développement de l'oreille	"	"
6	phanéoptique	"	"
7	crâniologie	"	"
8	aptitudes	C	critères zootechniques

La première nomenclature basée sur une classification évolutive a été donnée par Mason en 1951 (76) selon le schéma indiqué dans l'introduction de son dictionnaire qui a été réédité en 1957 (78), 1969 (79) et 1988 (83). Les entités ethniques que cet auteur identifie en 1951 et 1988 sont données respectivement dans les tableaux III et IV, avec certaines synonymies. Ces entités se répartissent en races "avec une société d'élevage, reconnue par le gouvernement ou population standardisée" appelées ici de type 1 et races "en voie de disparition, éteinte, variété géographique, population non uniforme ou bétail de tel ou tel endroit" appelées ici de type 2.

Les entités de type 2 peuvent être classées dans la catégorie des populations "primaires" définies par Lauvergne (62) cependant que celles de type 1 sont assimilables aux "races standardisées" dans la classification de ce même auteur.

On note alors que pour 80 p. 100 des entités identifiées en 1988 on est en présence d'un peuplement de type primaire c'est-à-dire le premier apparu après la domestication, caractérisé par une grande variabilité de l'extérieur, en particulier de la robe. Cette situation de primarité a été confirmée pour une partie du Tchad et du Cameroun (63).

Dans l'intervalle de la parution des deux dictionnaires de Mason de 1951 et 1988, Epstein (35) avait donné une nomenclature de 76 entités basée sur son mode de classification (critères descriptifs, zootechniques et géographiques) mais sans envisager un classement selon un mode évolutif (tableau V).

Les classifications basées sur les critères morpho-biométriques évoqués dans les tableaux I et II ne perdent pas pour autant leur intérêt car ils correspondent en particulier :

i) à des situations de longipédie/brévipedie déjà décrite par Geoffroy-Saint-Hilaire (42) et reprise par Baron (7) avec son trigramme signalétique et

ii) au développement de l'oreille d'ailleurs utilisé comme critère unique de classification par Mason et Maule (85) et Mason (84).

Encore fallait-il introduire une quantification appropriée, ce qui a été fait par Bourzat et coll. (13) qui ont proposé un indice de gracilité sous-sternale pour évaluer la longipédie/brévipedie :  $IGs = VSS/PT$  (vide sous-sternal/profondeur du thorax) et l'indice auriculaire thorax :  $IAt = LO / PT$  (longueur d'oreille/profondeur du thorax) pour apprécier le développement de l'oreille.

Au sein des populations primaires ces indices discriminent bien des sous-populations (13, 117). En outre, sur le terrain, ces sous-populations semblent se regrouper dans des zones distinctes ce qui semble justifier la zonation proposée par Wilson (116). Les deux types de chèvre à IGs et IAt élevés et IGs et IAt faibles sont présentés dans les figures 1 et 2.

## ■ RECENSEMENTS/INVENTAIRES/CARTOGRAPHIES

### Recensements/inventaires

Après avoir établi la nomenclature, la démarche suivante était de procéder à un inventaire, c'est-à-dire à un dénombrement entité par entité. C'est ce que fit Doutressoulle (29) mais cette initiative a été rarement suivie en Afrique. La plupart du temps on ne dispose que de simples recensements, qui ne mentionnent pas les types ethniques.

Ces recensements avaient déjà été entrepris par les puissances coloniales pour divers motifs (zootechniques, fiscaux, alimentaires, commerciaux, politiques...). Après la deuxième guerre mondiale, l'ONUAA a fédéré les initiatives nationales de recensement et publié un Annuaire FAO de la production.

Les recensements sont effectués en fonction des découpages administratifs de chaque pays. Les données de l'Annuaire FAO de la production de 1991 (95) sont reproduites dans le tableau VI dans lequel les pays sont regroupés par régions correspondant à des zones climatiques.

Les effectifs sont donnés sans distinction des entités génétiques dont l'importance relative ne peut pas être connue. Ainsi, en l'absence de nomenclature univoque, de tels résultats ne peuvent pas être utilisés pour l'inventaire des ressources génétiques à l'échelle du continent.

Ces recensements permettent cependant de déterminer, à partir des surfaces engendrées par les découpages administratifs et les frontières, les densités de populations caprines à l'échelle du continent (18, 69, 94) ainsi que la répartition des caprins par habitant (18).

### Cartographie

Une première carte des effectifs caprins a été tracée par Doutressoulle (29). Elle couvrait l'Afrique occidentale française.

Une première carte des entités ethniques couvrant toute l'Afrique a été établie par Epstein (35). Vinrent ensuite les cartes de Ada Ajayi et Crowder (3) qui reprennent les grands types de caprins d'Epstein (35) (caprins laitiers, nains, de savane...) et de Wilson (116) qui a distingué trois types de caprins : les grands, les petits et les nains pour donner leur répartition sur l'ensemble du continent.

Cependant ces cartes continentales sont à très petite échelle donc très approximatives. En outre celle d'Epstein ne reporte pas les délimitations entre les ethnies.



Figure 1 : chèvre de type brevipes à oreille courte (femelle 8 dents, HG = 51 cm, PT = 30 cm, VSS = 21 cm, LO = 10 cm, IGs = 0,7, IAt = 0,33), origine de l'animal : Bénoue (Logone Occidentale) par 8°59' de latitude N.

## ■ SCÉNARIO DU PEUPEMENT CAPRIN DE L'AFRIQUE

### Historique des connaissances

Le peuplement caprin de l'Afrique a tout d'abord été étudié par Epstein (35).

Pour cet auteur la chèvre domestique est arrivée en Afrique en provenance du Proche-Orient, ce qui correspond aux conclusions qui précèdent. On trouve des chèvres dès le 5<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. en Egypte, dans la dépression du Fayoum et à Merimde. Des restes archéologiques et des témoignages iconographiques montrent que ces premières chèvres de petite taille, avec des cornes en sabre, auraient déjà été des chèvres naines. Toujours selon cet auteur, le nanisme des chèvres de la zone équatoriale se serait développé localement sous différentes formes avec cependant des introductions possibles ultérieures de petites chèvres d'Arabie. Plus tardivement (2350 av. J.-C.) sont apparues dans la vallée du Nil de grandes chèvres à cornes spiralées ou en vis, à oreilles d'abord dressées puis longues et pendantes et à membres assez longs. Bien qu'on ne puisse pas exclure leur apparition en Egypte, ces chèvres proviendraient plus vraisemblablement du Proche-Orient où elles apparaissent en 3000 av. J.-C. D'une manière générale ces deux types de chèvre se seraient répandues depuis l'Egypte vers le sud en Afrique de l'Est et vers l'ouest en Afrique du Nord. Un troisième type de chèvre à profil convexe, grandes oreilles et très grandes jambes, qu'Epstein (35) appelle Nubienne, se serait répandue depuis l'Asie en limitant son extension à l'Egypte et au nord du Soudan. Quant à la chèvre que le même auteur appelle chèvre



Figure 2 : chèvre de type longipes à oreille longue (femelle 8 dents, HG = 73 cm, PT = 32,5 cm, VSS = 40,5 cm, LO = 22,5 cm, IGs = 1,25, IAt = 0,69), origine de l'animal : Tom Marefin (Chari Baguirmi) par 12°44' de latitude N.

Maltaise et qui peuple le Maghreb, elle serait apparentée aux chèvres européennes du bassin méditerranéen.

La présence de chèvres à Merimde au début du 5<sup>e</sup> millénaire av. J.C. est attestée par Von den Driesch et Boessneck (30). Si Chaix (17) confirme la présence d'une chèvre très petite dans le Sud de la vallée du Nil, il ne la décrit pas comme naine.

Un peu plus tard Mason (82) puis Nozawa (94) ont repris, dans l'ensemble, la vision d'Epstein. Cependant selon Nozawa une migration directe de la chèvre depuis l'Egypte vers l'Afrique de l'Ouest à travers le Sahara est également plausible.

Pour conclure Vigne (113) souligne qu'en l'absence de preuves archéozoologiques il est difficile de faire le rapprochement entre des populations actuelles et des populations vivantes il y a plus de 4000 ans uniquement d'après des caractères morphologiques qu'on retrouve de toute façon en de nombreux endroits et à différentes époques.

### Perspectives actuelles

Tout d'abord il faut rappeler les éléments qui doivent être pris en considération :

i) une probable arrivée de la chèvre en Afrique en provenance du Moyen-Orient ;

TABLEAU II

## Nomenclature des ressources génétiques africaines utilisant les différents critères de classification

auteurs	référence	date	crit. de classification	
			n°	cat.
Pierre	(98)	1906	2	B
Pécaud	(96)	1927	2	B
Roth	(107)	1938	2, 3, 6	B
Doutressoulle	(29)	1947	2, 3	B
Anonyme	(68)	1950	2	B
Mason	(77)	1951	2	B
Robinet	(103)	1967	2, 6	B
Devendra	(26)	1970	2	B
et Burns				
Epstein	(35)	1971	2, 8	B, C
Dumas	(33)	1974	2	B
et Raymond				
Leclercq	(66)	1976	2	B
Dumas	(31)	1977	2	B
Dumas	(32)	1977	2	B
et De Mieulle				
Trail et coll.	(112)	1979	2	B
Devendra	(27)	1982	2	B
et McLeroy				
Bourzat	(12)	1985	2, 3	B
Wilson	(116)	1991	2	B
Charray et coll.	(19)	1992	2	B
Sanson	(109)	1910	7	B
Baron	(7)	1893	3	B
Curasson	(24)	1936	3	B
Anonyme	(99)	1950	3, 2	B
Henrotte	(51)	1961	3	B
Robinet	(104)	1971	3, 2, 6	B
Charray et coll.	(18)	1980	3, 2	B
Blanchon	(10)	1905	8	C
Crépin	(22)	1906	8, 2	C, B
Mason	(76)	1951	1, 4	A, B
Mason	(79)	1969	1, 4	A, B
Mason	(83)	1988	1, 4	A, B
Lauvergne et coll.	(63)	1993	1, 4, 5	A
Bourzat et coll.	(13)	1993		B
Mason et Maule	(85)	1960	5	B
Mason	(81)	1981	5, 4	B
Mason	(84)	1991	5, 4	B

TABLEAU III

## Nomenclatures des entités ethniques caprines avec quelques synonymies selon la classification du dictionnaire de Mason, édition de 1951 (76)

type 1	type 2
<b>Race avec une société d'élevage, reconnue par le gouvernement ou population standardisée 5 entités</b>	<b>Race en voie de disparition, race éteinte, variété géographique, population non-uniforme ou bétail de tel ou tel endroit</b> <b><i>Italique</i> : synonymes 25 entités</b>
Angora (Afrique du Sud)	Abyssinian (Ethiopie)
Galla (Kenya)	Baguirmi (Tchad)
Nubian Type (NE Afrique)	Bahú (Congo)
Red Sokoto (Nigeria)	Baladi (Basse Egypte)
Zaraïbi (Haute Egypte)	Berber (Maghreb)
	Boer (Afrique du Sud)
	Bornu white (Nigeria)
	Damagaran dapple-grey (Nigeria)
	Egyptian
	Kano brown (Nigeria)
	Katsina, light brown (Nigeria)
	Kyasuwa (Nigeria)
	Madagascar
	Marungu (Zaire)
	Mzabite (Algerie)
	Nigerian
	Nilotic (Soudan)
	Sajdi (Haute Egypte)
	Sharkawi (Basse Egypte)
	Shukria (Erythré, Ethiopie)
	Sudanese Desert
	Sudanese nubian
	Tanganyika
	West African Dwarf ( <i>Guinean, Fouta Djallon, Kirdi ou Kirdimi, Nigerian Dwarf, Cameroon Dwarf</i> )
	West African long-legged ( <i>Arab, Maure, Sahel, Tuareg</i> )

a) arrivée d'une population primaire de type *brevipes* (IGs=1) en provenance du Moyen-Orient dans le Nord de l'Afrique par le trafic maritime méditerranéen et dans le reste du continent par trafics terrestres à travers le Sinaï et maritime à travers la Mer Rouge. La progression de cette vague, qui a pu commencer au cours du 5<sup>e</sup> millénaire, a pu se poursuivre pendant plusieurs millénaires, jusqu'à ce que toute l'Afrique soit occupée ;

b) arrivée plus tardive [vers 2350 av. J.-C. d'après Epstein (35)] d'une chèvre de type *longipes* (IGs = 1,5) qui se cantonne actuellement au nord du 11<sup>e</sup> parallèle (116) et qui semble bien adaptée aux conditions de chaleur actuelles qu'on retrouve de part et d'autre d'un équateur thermique décalé de 12 à 20° de latitude vers le Nord par rapport à l'équateur géographique (44). En Orient, cet équateur thermique passe en Arabie et sur le sous-continent indien où l'on retrouve également des populations de type *longipes* (1, 49). La zone de différenciation ancienne du type *longipes* pourrait se trouver en Mésopotamie (35). La répartition

ii) une possible influence de centres de différenciation et de diffusion situés hors du continent à l'Est-Nord-Est, comme c'est le cas pour les ovins (41, 50, 56) selon la formule de récurrence proposée par Lauvergne (60) ;

iii) une possible évolution autochtone pour la nanification dont l'existence en Afrique est attestée par de nombreux auteurs (12, 34) sans qu'on en ait donné les caractéristiques morpho-biométriques.

Dans ces conditions, les grandes lignes du scénario suivant sont proposées :

TABLEAU IV

**Nomenclatures des entités ethniques caprines avec quelques synonymies selon la classification du dictionnaire de Mason, édition de 1988 (83)**

**type 1**

**Race avec une société d'élevage, reconnue par le gouvernement ou population standardisée**

***Italiques* : synonymes**

**12 entités**

Angora (Afrique du Sud)  
Boer (Afrique du Sud)  
Maradi (Niger)  
Nubian Type (NE Afrique)  
Red Sokoto (Nigeria)  
Sahelian (*Arab, Fulani, West African long-legged*)  
Small East African  
Somali (Somalie, Ogaden, Kenya)  
Southern Sudan  
Sudanese Desert  
Sudanese nubian  
Zarajbi (Haute Egypte)

**type 2**

**Race en voie de disparition, race éteinte, variété géographique, population non-uniforme ou bétail de tel ou tel endroit**

***Italique* : synonymes**

**48 entités**

Abgal (NE Somalie)  
Abyssinian short eared (Ethiopie)  
Baguirmi (Tchad)  
Baladi (Basse Egypte)  
Bantu (Transvaal, SA)  
Barki (NO Egypte)  
Berber (Maghreb)  
Bimal (Somalie)  
Boran (Kenya)  
Bornu white (Nigeria)  
Tchad  
Congo Dwarf  
Damagaran dapple-grey (Nigeria)  
Damara (Namibie)  
Egyptian  
Kano brown (Nigeria)  
Katsina light brown (Nigeria)  
Kenya  
Kigezi (Ouganda)  
Latuka-Bari (Soudan)  
Lybian  
Malawian  
Mambilla (Nigeria)  
Marungu (Zaire)  
Maure (Sahel)  
Mauritian (Mauritius)  
Mubende (Ouganda)  
Mzabite (Algérie)  
Nigerian  
Nilotic (Soudan)  
Nuba Mountain (Soudan)  
Ogaden (Somalie)  
Saidi (Haute Egypte)  
Sharkawi (Basse Egypte)  
Shukria (Erythrie, Ethiopie)  
Somali Arab  
South African  
Tanzania  
Tswana (Botswana)  
Tuareg (Sahel)  
Tuni (Somalie)  
Ouganda  
Upper Volta  
Vogan (Togo)  
West African Dwarf (*African Dwarf, Cameroon Dwarf, chèvre de Casamance, Djallonké, Dwarf West African, Forest Goat, Fouta Djallon, Grassland Dwarf, Guinean, Guinean Dwarf, Kirdi ou Kirdimi, Kosi, Nigerian Dwarf, Pygmy*)  
Yahyaouia (Maroc)  
Yei (Soudan)  
Zambian

TABLEAU V

Entités ethniques caprines  
sur la carte d'Epstein (35) n = 76

Abgal	Nama
Angola Dwarf	Nguni
Arab	Nigerian Dwarf
Arusi-Bale	Nilotic Dwarf
Baladi	Nuba Mountain
Bahu	Nubian
Benadir	Nyasa
Beni Amer	Ogaden
Berber (algérien)	Ovambo
Berber (tunisien)	Pafuri
Bimal	Red Sokoto
Boer	Rhodesian
Bongo	Rwanda-Burundi
Boran	Sahélian
Bornu white	Saïdi
Buduma	Savanna
Busoga	Sharkawi
Cameroon Dwarf	Shukria
Congo Dwarf	Small East African
Danakil	Somali
Dinka	South African
Damara (namibien)	Southern Sudan
Fouta Djallon Dwarf	Sudanese Savanna
Galla-Sidamo	Sudanese Desert
Ghana Dwarf	Tanzania
Cherra	Toposa
Hamasen	Tswana
Huila	Tuareg
Ingessana	Tuni
Kano brown	Ouganda
Kigezi	Upper Volta
Landim	Vogan
Latuka-Bari	West African Dwarf
Liberian Dwarf	Yahyaouia
Lybian	Yei
Mashona	Zambian
Maltese	Zaraïbi
Mubenndi	Zulu

TABLEAU VI

Effectif des caprins en Afrique par pays  
et par région

Région	Pays	Effectif (milliers de têtes)
Zone méditerranéenne	Algérie	2820
	Égypte	3210
	Lybie	600
	Maroc	4431
	Tunisie	1420
		Total 12481
Zones arides et semi-arides	Burkina-Faso	7400
	Cap vert	137
	Djibouti	507
	Erythrée	1400
	Ethiopie	16700
	Mali	7380
	Mauritanie	3100
	Niger	5900
	Sénégal	3200
	Somalie	12000
Soudan	16449	
Tchad	3178	
		Total 77351
Zones humides et sub-humides	Bénin	1198
	Cameroun	3767
	Centrafrique	1340
	Congo	305
	Côte d'Ivoire	976
	Gabon	83
	Gambie	150
	Ghana	3337
	Guinée	460
	Guinée-Bissau	276
	Guinée Equatoriale	8
	Liberia	220
	Nigeria	25497
	Sierra-Léone	168
	Togo	2048
Zaire	4317	
		Total 44150
Afrique de l'Est, région des Grands Lacs	Burundi	850
	Kenya	7438
	Ouganda	3350
	Rwanda	1100
Tanzanie	9682	
		Total 22420
Afrique australe	Afrique du Sud	6402
	Angola	1570
	Botswana	2475
	Lesotho	1010
	Malawi	890
	Mozambique	389
	Namibie	1639
	Swaziland	434
	Zambie	620
Zimbabwe	2530	
		Total 17959

Source : FAO, 1994.

des chèvres de type *longipes* ébauchée par Wilson (116) pour l'Afrique reste à préciser au nord de l'équateur thermique dans ce continent ainsi qu'en Arabie et dans le sous-continent indien ;

c) évolution sur place de certaines populations vers un type de nanisme.

Ce schéma qui tient compte de faits confirmés comporte beaucoup d'incertitudes et doit être considéré comme une hypothèse de travail. La principale modification pourrait venir de la mise en évidence d'une domestication *in situ* localisée au Sahara (92). Cette hypothèse d'une domestication *in situ* étant admise, pour expliquer l'apparition d'animaux *longipes* on pourrait alors soit invoquer une évolution *in situ* soit une migration. Le schéma de migration est tout à fait plausible vu l'importance de l'élevage caprin dans les régions situées au nord-est du continent (Palestine) et vu l'ancienneté et la continuité des courants commerciaux dans cette région (3).

En ce qui concerne la zonation du type *longipes* proposée par Wilson (116) qui est imprécis au nord du 20°, des témoignages comme ceux de Gast et coll. (40) dans le Hoggar et de Kane (58) en Mauritanie font apparaître que la présence de *longipes* pourrait se manifester au moins jusqu'au 28° de latitude N. Il faut noter en outre que les délimitations ne sont pas forcément partout très nettes, comme l'observe Kane en Mauritanie.

D'une manière générale on voit que la question ne pourra être résolue que lorsqu'on aura amélioré la cartographie morpho-biométrique (hauteur au garrot, mesure de la longipédie par l'indice de gracilité sous-sternale IGs et mesure du développement de l'oreille par l'indice auriculaire thorax IAt) qui reste pour l'instant embryonnaire.

## ■ CONCLUSION

Tout d'abord l'Afrique paraît peuplée principalement de populations de type primaire.

Compte tenu des connaissances archéologiques (archéozoologie et art rupestre) et génétiques actuelles, un scénario de peuplement cohérent faisant intervenir des vagues successives de peuplement provenant sans doute de l'extérieur, avec des caractéristiques morpho-biométriques bien distinctes (IGs = 1, IAt = 0,5 pour la première vague et IGs = 1,5, IAt = 0,75 pour la seconde) peut être proposé. En outre, une nanification, dont l'origine et l'extension actuelle ne sont pas bien connues, semble s'être développée sur place. Ces indices se prêtent également à une cartographie, aussi bien de l'état d'évolution génétique (primarité/standardisation) que de la localisation des grandes catégories biométriques dont l'existence est connue depuis longtemps comme cela a été vu précédemment, que ce soit la longipédie/brévipedie avec l'indice IGs ou le développement de l'oreille avec IAt.

## Remerciements

Le volet ressources génétiques du Projet régional de recherche sur les petits ruminants (PRRPR) est animé en Afrique par des chercheurs du Laboratoire de recherches vétérinaires et zootechniques (LRVZ) de Farcha au Tchad (Souvenir Zafindrajaona P., Zeuh V.) et de l'Institut de recherches zootechniques et vétérinaires (IRZV) de Garoua au Cameroun (Ngo Tama A.-C.).

La bibliographie a pu être rassemblée grâce à la bibliothèque du Département de génétique animale de l'INRA et du Service de documentation du CIRAD-EMVT. D'autres sources documentaires ont été utilisées comme celles de la bibliothèque du Museum national d'histoire naturelle.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ACHARYA R.M., 1982. Sheep and goats breeds of India. Rome, Italie, FAO, 190 p.
2. ADAMETZ, 1915. Untersuchungen über *Capra prisca*, eine ausgestorbene neue Stammform unserer Hausziegen. Mitteilungen d. Landwirt. Lehrkanzeln d. Hochschule für Bodenkultur in Wien. 3, (1), 1-21. Cité dans Zeuner F.E., 1963. A History of Domesticated Animals. London, United Kingdom, Hutchinson, p. 129-152.
3. ADE AJAYI J.F., CROWDER M., 1988. Atlas historique de l'Afrique. Paris, France, Les éditions du Jaguar, p. 122-137.
4. ARISTOTE, -347/-342. Histoire des animaux (10 livres). P. Louis éd., 1964. Édition bilingue grec/français, 3 tomes. Paris, France, Les Belles Lettres.
5. AURENCHE O., 1992. Proche-Orient : les plus anciens paysans du monde. *Science et Vie* Hors série, **178** : 32-34.
6. BANDI H.G., BREUIL H., BERGER-KIRCHNER L., LHOÏE H., HOLM E., LOMEL A., 1960. L'art dans le monde : l'âge de pierre. Paris, France, Albin-Michel, p. 149-198.
7. BARON R., 1893. La morphologie universelle. Leçon d'ouverture du cours de M. Robur Lanão. Luxembourg, Luxembourg, Imprimerie Justin Schroell.
8. BEATON W.G., 1923. Goat husbandry in Northern Nigeria including a descriptive survey of the cause of mortality. Rep.vet. Dept. Nigeria, 1937. Cité dans Epstein H., 1971. The origin of the domestic animals in Africa, vol. 2. London, Munich, New-York, USA, Africana Publishing Corporation, p. 210-309.
9. BETTINI T.M., 1938. Types of goats in Italian territories of Africa. *J. South Afr. vet. Med. Assoc.*, **9**: 74.
10. BLANCHON H.-L.-A., 1905. Manuel pratique de l'éleveur de chèvres. Paris, France, Mulo, 184 p.
11. BÖKÖNYI S., 1974. History of domestic mammals in Central and Eastern Europe. Budapest, Hongrie, Akadémiai Kiado, 597 p.
12. BOURZAT D., 1985. La chèvre naine d'Afrique occidentale : Monographie. Addis-Abeba, Ethiopie, CIPEA, 68 p. (Groupe de recherche sur les petits ruminants et les Camélidés, document du groupe n° SRC 4)
13. BOURZAT D., SOUVENIR ZAFINDRAJAONA P., LAUVERGNE J.J., ZEUH V., 1993. Comparaison morpho-biométrique de chèvres au Nord Cameroun et au Tchad. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, **46** : 667-674.
14. BROCARD A., 1993. Chronologie de la colonisation. *Enquête sur l'histoire*, **8** : 13.
15. CAMPS G., 1992. Sahara et Maghreb. *Science et Vie* Hors série, **178** : 140-146.
16. CAÑON J., DUNNER S., ALIA M.J., 1988. Le scénario du peuplement caprin espagnol ancien. In : Lauvergne J.J. éd. Populations traditionnelles et premières races standardisées d'Ovicaprinae dans le Bassin méditerranéen. Colloque INRA, Gontard/Manosque, 30 juin-2 juillet 1986. Paris, France, INRA, p. 245-251.
17. CHAIX L., 1984. Troisième note sur la faune de Kerma (Soudan), campagnes 1983-1984, *Genava*, **32** : 31-34. Cité dans VIGNE J.D., 1988. Les grandes étapes de la domestication de la chèvre : une proposition d'explication de son statut en Europe occidentale. *Ethnozootechnie*, **14** : 1-14.
18. CHARRAY J., COULOMB J., HAUMESSER J.B., PLANCHENAU D., PUGLIESE P.L., 1980. Synthèse des connaissances sur l'élevage des petits ruminants dans les pays tropicaux d'Afrique Centrale et d'Afrique de l'Ouest. Synthèse des connaissances actuelles. Maisons-Alfort, France, IEMVT, 295 p.
19. CHARRAY J., DAWA O., OUMATE O., 1992. Zootechnie. In : CIRAD-EMVT. Élevage et potentialités pastorales sahéliennes. Synthèses cartographiques. Cameroun Nord. Wageningen/Maisons-Alfort, France, CTA/CIRAD-EMVT, 24 p.
20. CHILDE V.G., 1936. Man Makes Himself. London, United Kingdom, Watts and Co., 275 p.
21. COLE S., 1965. The neolithic revolution. London, United Kingdom, British Museum, 66 p. (Natural History)
22. CRÉPIN J., 1906. La chèvre. Paris, France, Librairie Spéciale Agricole, 339 p.
23. CURASSON G., 1934. Note d'histoire vétérinaire coloniale. *Rec. Méd. vét. exot.*, **7** (3) : 133-137.
24. CURASSON G., 1936 (date donnée par DUMAS, 1977). Le mouton au Soudan français. Paris, France, Union ovine coloniale, 222 p.
25. DAPPER O., TEN RHYNE W., DE GREVENBROCK G.D.C., 1668. The early Cape Hottentots. (translated by Schapera and Farrington, 1933). Cité dans EPSTEIN H., 1971. The origin of the domestic animals in Africa, vol. 2. London, Munich, New-York, USA, Africana Publishing Corporation, p. 210-309.
26. DEVENDRA C., BURNS M., 1970. Goat production in the tropics. II Breeds. Farnham Royal, United Kingdom, CAB, p. 9-27.
27. DEVENDRA C., MCLEROY G.B., 1982. Goat and sheep production in the tropics. Part 1 Goats. 3. Breeds. London, United Kingdom, New York, USA, Longman, 271 p.
28. DINH TRONG HIEU, 1992. Asie du Sud-Est : la civilisation du végétal. *Science et Vie* Hors série, **178** : 98-107.

## Domestic goat settlement in Africa

29. DOUTRESSOULLE G., 1947. L'élevage en Afrique occidentale française. Paris, France, Larose, 298 p.
30. DRIESCH A. VON DEN, BOESSNECK J., 1985. Die Tierknochenfunde aus der neolithischen Siedlung von Merimde-Benisalâme am Westlichen Nildelta. Inst. Paleoanat. Domestikationsf. u. Geschichte Tiermediz. Univ. Munich, Allemagne, München éd., 123 p. Cité dans VIGNE J.D., 1988. Les grandes étapes de la domestication de la chèvre : une proposition d'explication de son statut en Europe occidentale. *Ethnozootechnie*, **14** : 1-14.
31. DUMAS R., 1977. Étude sur les petits ruminants du Tchad. Maisons-Alfort, France, IEMVT, Ministère du développement agricole et pastoral du Tchad et BIRD, 355 p.
32. DUMAS R., DE MIEULLE J., 1977. Programme de développement des petits ruminants dans les ORD du Yatenga, de Kaya et du Sahel. Projet 1977. Maisons-Alfort, France, IEMVT, 163 p.
33. DUMAS R., RAYMOND H., 1974. L'élevage des petits ruminants dans les circonscriptions de Kaya, Ouahigouya et du Sahel. Paris, France, SEDES, 273 p.
34. EPSTEIN H., 1953. The Dwarf goats of Africa. *East Afr. Agr. J.*, **18**: 123-132.
35. EPSTEIN H., 1971. The origin of the domestic animals in Africa, vol. 2. London, Munich, New-York, USA, Africana Publishing Corporation, p. 210-309.
36. EVIN J., 1992. Les marques du temps. *Science et Vie Hors série*, **178** : 14-18.
37. EVIN J., 1992. Les outils de l'archéologie néolithique. *Science et Vie Hors série*, **178** : 12-13.
38. FAGAN B.M., 1974. Men of the earth. Boston, USA, Toronto, Canada, Little, Brown and Company, 217 p.
39. GARANGER J., 1992. Une révolution lente mais décisive. *Science et Vie Hors série*, **178** : 4-11.
40. GAST M., MAUBOIS J.-L., ADDA J., 1969. Le lait et les produits laitiers en Ahaggar. Alger, Algérie, Centre de recherches anthropologiques, préhistoriques et ethnographiques, 71 p. (Mémoires, XIV)
41. GAUTIER A., 1990. La domestication. Et l'homme créa ses animaux. Paris, France, Errance, 277 p.
42. GEOFFROY-SAINT-HILAIRE I., 1861. Acclimatation et domestication des animaux utiles. Paris, France, La Maison rustique. Réédition en fac-simile, 1986, Paris, France, La Maison rustique/Flammarion, p. 199-200, p. 227-229, p. 348-359.
43. GEOFFROY-SAINT-HILAIRE H., 1919. Espèce caprine. In : L'élevage en Afrique du Nord, Maroc-Tunisie-Algérie. Paris, France, Augustin Challamel, p. 287-294.
44. GODARD A., TABEAUD M., 1993. Les climats. Mécanismes et répartition. Paris, France, Armand Colin, 168 p.
45. GOWLETT J.A.J., 1985. L'invention de la civilisation. Paris, France, Nathan, 208 p.
46. GREEF C. de, 1917. Monographie agricole de la zone orientale du Haut-Uélé. *Bull. Agric. Congo Belge*, **8** : 120-147. Cité dans EPSTEIN H., 1971. The origin of the domestic animals in Africa, vol. 2. London, Munich, New-York, USA, Africana Publishing Corporation, p. 210-309.
47. GUILAINE J., 1976. Premiers bergers et paysans de l'Occident méditerranéen. La Haye, Paris, France, Mouton, 286 p.
48. HARRIS D.R., 1960-1961. The distribution and ancestry of the domestic goat. *Proc. Linnean Soc. London*, **173**: 79-91.
49. HASNAIN H.U., 1985. Sheep and goats in Pakistan. Rome, Italie, FAO, 135 p.
50. HELMER D., 1992. La domestication des animaux par les hommes préhistoriques. Paris, France, Masson, 184 p.
51. HENROTTE A., 1961. Étude du cheptel caprin dans le Bas-Congo. *Bull. Agric. Congo*, **52** : 1279-1293.
52. HÉRODOTE, vers -435. Histoires. P.-E. Legrand éd., 1982. Édition bilingue grec/français en 3 tomes. Paris, France, Les Belles Lettres.
53. HOLM E., 1960. L'art pariétal de l'Afrique austral. In : BANDI H.G., BREUIL H., BERGER-KIRCHNER L., LHOTE H., HOLM E., LOMEL A. : L'art dans le monde : l'âge de pierre. Paris, France, Albin-Michel, p. 149-198.
54. HÖNEISEN M., 1990. Die Ausbreitung frühester bäuerlicher Kultur in Europa. In : Höneisen M. ed., Die erstern Bauern. Zürich, Suisse, Schweizerisches Landesmuseum, p. 15-37.
55. HUZARD J.B., 1818. Cité dans CURASSON G., 1934. Note d'histoire vétérinaire coloniale. *Recl Méd. vét. exot.*, **7** (3) : 133-137.
56. ISAAC E., 1970. Geography of domestication. New York, Englewood Cliff, USA, Prentice Hall, 132 p.
57. JACQ C., 1994. Le petit Champollion illustré. Paris, France, Robert Laffont, 235 p.
58. KANE M., 1995. Les races d'animaux élevés en Mauritanie. *Anim. Genet. Resour. Inf.*, **15**: 51-56.
59. LAMBERT G.N., ORCEL C., 1979. Méthodes de prospection et de datation. Dossiers de l'archéologie, n° 39. Cité dans LOUBOUTIN C., 1990. Au néolithique. Les premiers paysans du monde. Paris, France, Gallimard, 176 p.
60. LAUVERGNE J.J., 1979. Modèles de répartition des populations domestiques animales après migration par vagues successives à partir d'un centre d'origine. *Ann. génét. sél. anim.*, **11** : 104-110.
61. LAUVERGNE J.J., 1988. Méthodologie proposée pour l'étude des Ovicaprinae méditerranéens en 1986. In : Lauvergne J.J. éd. Populations traditionnelles et premières races standardisées d'Ovicaprinae dans le Bassin méditerranéen. Colloque INRA, Gontard/Manosque, 30 juin-2 juillet 1986. Paris, France, INRA, p. 77-94.
62. LAUVERGNE J.J., 1993. Breed development and breed differentiation. CEC workshop and training course : data collection, conservation and use of farm animal genetic resources. Hannover, Allemagne, Institute of Animal Breeding and Genetics, School of veterinary Science, p. 53-64.
63. LAUVERGNE J.J., BOURZAT D., SOUVENIR ZAFINDRAJONA P., ZEUB V., NGO TAMA A.-C., 1993. Indices de primarité de chèvres au Nord Cameroun et au Tchad. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, **46** : 651-665.
64. LAUVERGNE J.J., RENIERI C., PIERAMATI C., 1988. Le scénario de peuplement caprin méditerranéen ancien. In : Lauvergne J.J. éd. Populations traditionnelles et premières races standardisées d'Ovicaprinae dans le Bassin méditerranéen. Colloque INRA, Gontard/Manosque, 30 juin-2 juillet 1986. Paris, France, INRA, p. 253-266.
65. LAVALLÉE D., 1992. Amérique du Sud : la diversité néolithique. *Science et Vie Hors série*, **178** : 124-133.
66. LECLERCQ P., 1976. Principales races d'animaux domestiques des zones tropicales. Maisons-Alfort, France, IEMVT, 97 p.
67. LEPIAF F., 1937. Elevage de chèvres laitières au Congo, Bruxelles, Belgique. Cité dans EPSTEIN H., 1971. The origin of the domestic animals in Africa, vol. 2. London, Munich, New-York, USA, Africana Publishing Corporation, p. 210-309.
68. Les races ovines et caprines de l'Afrique occidentale française. 1950. In : Conférence de Lucknow, 13-22 février. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, **4** : 193-201.
69. LHOSTE P., DOLLÉ V., ROUSSEAU J., SOLTNER D., 1993. Manuel de zootechnie des régions chaudes : les systèmes d'élevage. Paris, France, Ministère de la Coopération, 288 p.
70. LHOTE H., 1958. A la découverte des fresques du Tassili. Paris (ré-édité en 1988), France, Arthaud, 222 p.
71. LHOTE H., 1960. L'art rupestre de l'Afrique mineure et du Sahara. In : BANDI H.G., BREUIL H., BERGER-KIRCHNER L., LHOTE H., HOLM E., LOMEL A. : L'art dans le monde : l'âge de pierre. Paris, France, Albin-Michel, p. 93-147.
72. LHOTE H., 1976. Vers d'autres Tassilis. Paris, France, Arthaud, 262 p. Cité dans MUZZOLINI A., 1986. L'art rupestre préhistorique des massifs centraux sahariens. Cambridge, United Kingdom, BAR, 355 p. (Cambridge Monographs in African Archaeology 16. International Series 318)
73. LOUBOUTIN C., 1990. Au néolithique. Les premiers paysans du monde. Paris, France, Gallimard, 176 p.
74. LUBBOCK, 1866. Cité dans SONNEVILLE-BORDES D. de, 1965. L'âge de la pierre. Paris, France, Presses universitaires de France, p. 6.

75. MARCHI E., 1929. Studi sulla pastorizia della Colonia Eritrea, Firenze, Italie. Cité dans FPSTFIN H., 1971. The origin of the domestic animals in Africa, vol. 2. London, Munich, New-York, USA, Africana Publishing Corporation, p. 210-309.
76. MASON I.L., 1951. A world dictionary of breeds types and varieties of livestock. Farnham Royal, United Kingdom, CAB, 272 p.
77. MASON I.L., 1951. The classification of West African livestock. Farnham Royal, United Kingdom, CAB, p. 33-34.
78. MASON I.L., 1957. Supplement. In: Mason I.L. ed., A world dictionary of breeds, types and varieties of livestock, from the 1951 edition with a supplement. Farnham House, Farnham Royal, Slough, Bucks, United Kingdom, CAB, p. 15-17.
79. MASON I.L., 1969. A world dictionary of livestock breeds types and varieties. Farnham Royal, United Kingdom, CAB, 268 p.
80. MASON I.L., 1981 a. 2. Wild goats and their domestication. In: Gall C. ed., Goat production. London, United Kingdom, Academic Press, p. 37-55.
81. MASON I.L., 1981. 3. Breeds. In: Gall C. ed., Goat production. London, United Kingdom, Academic Press, p. 57-110.
82. MASON I.L., 1984. Goat. In: Mason I.L. ed., Evolution of domesticated animals. New-York, London, United Kingdom, Longman, p. 85-99.
83. MASON I.L., 1988. A world dictionary of livestock breeds, types and varieties. Wallingford, Oxon, United Kingdom, CAB International, p. 122-150.
84. MASON I.L., 1991. Classification and distribution of goat breeds. In: Majjala K. ed., Genetic resources of pig, sheep and goat. Amsterdam, The Netherlands, Elsevier, p. 405-411.
85. MASON I.L., MAULE J.P., 1960. The indigenous livestock of Eastern and Southern Africa. Farnham Royal, United Kingdom, CAB, p. 112-142. (Technical Communication No. 14)
86. MAUDUIT J.A., 1954. 40 000 ans d'art moderne. Paris, France, Plon.
87. MORI F., 1968. The absolute chronology of Saharan prehistoric rock art. *Simp. Intern. de Arte rupestre*, Barcelona, 1966, p. 291-294. Cité dans MUZZOLINI A., 1986. L'art rupestre préhistorique des massifs centraux sahariens. Cambridge, United Kingdom, BAR, 355 p. (Cambridge Monographs in African Archaeology 16. International Series 318)
88. MUZZOLINI A., 1986. L'art rupestre préhistorique des massifs centraux sahariens. Cambridge, United Kingdom, BAR, 355 p. (Cambridge Monographs in African Archaeology 16. International Series 318)
89. MUZZOLINI A., 1989. Les débuts de la domestication des animaux en Afrique : faits et problèmes. *Ethnozootehnie*, **42** : 7-22.
90. MUZZOLINI A., 1991. Les débuts de la domestication au Sahara et les gravures rupestres les plus anciennes ("école bubaline"). *Préhist. Ariégeoise*, **46** : 211-233
91. MUZZOLINI A., 1992. Dating the earliest Central Saharan rock art: Archaeological and linguistic data. In: Friedman R., Adams B. eds, The followers of Horus. Studies dedicated to Michael Allen Hoffman. Oxford, United Kingdom, 356 p. (Egyptian Studies Association Publication No. 2)
92. MUZZOLINI A., 1993. L'origine des chèvres et des moutons domestiques en Afrique. Reconsidération de la thèse diffusionniste traditionnelle. *Empuries*, **2**: 160-171.
93. NIEVERGELT B., 1981. *Ibexes in an African environment*. New York, Berlin, Heidelberg, Germany, Springer-Verlag, 189 p.
94. NOZAWA K., 1991. Domestication and history of goats. In: Majjala K. ed., Genetic resources of pig, sheep and goat. Tokyo, Amsterdam, Oxford, New-York, USA, p. 391-404.
95. ONUAA, 1995. Annuaire FAO de la production. Rome, Italie, FAO/OAA, 243 p. (n°48)
96. PÉCAUD (Vét. Maj.), 1927. Chèvres et moutons du Centre africain. *Revue Hist. nat. appl.*, **4** : 101-112.
97. PEGLER H.S.H., 1886 (réédité en 1930). The book of the goat. London, United Kingdom.
98. PIERRE C., 1906. L'élevage dans l'Afrique occidentale française. Paris, France, Challamel, p. 163-166.
99. Rapport sur l'élevage en Afrique équatoriale française. 1950. In : Conférence de Lucknow, 13-22 février. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, **4** : 185-192.
100. RENAULT G., 1956. Les caravelles du Christ. Paris, France, Plon, 312 p.
101. RENIERI C., RUBINO R., 1988. Le scénario du peuplement caprin ancien en Italie du Sud. In : Lauvergne J.J. éd: Populations traditionnelles et premières races standardisées d'Ovicaprinae dans le bassin méditerranéen. Colloque INRA, Gontard/Manosque, 30 juin-2 juillet 1986. Paris, France, INRA, p. 239-244.
102. REVERDIN L., 1928-1929. Sur la faune du Néolithique ancien et moyen des stations lacustres. *Arch. suis. Anthropol. gén.*, **5** : 41-46.
103. ROBINET A.H., 1967. La chèvre rousse de Maradi. Son exploitation et sa place dans l'économie et l'élevage de la République du Niger. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, **20** (1) :129-186.
104. ROBINET A.H., 1971. La chèvre de Maradi et l'élevage caprin au Niger. In : Conférence internationale de l'élevage caprin, Tours, France, juillet 1971, p. 1-31.
105. ROETTI C., 1938. Considerazioni zootecniche del l'Etiopia. *Nuov. Ercol.*, **43** : 41-62. Cité dans EPSTEIN H., 1971. The origin of the domestic animals in Africa, vol. 2. London, Munich, New-York, USA, Africana Publishing Corporation, p. 210-309.
106. ROGNON P., 1989. Biographie d'un désert : le Sahara. Paris, France, Librairie Plon, 347 p.
107. ROTH C., 1938. La petite chèvre rousse du Niger. *Bull. Serv. zoot. épizoot. AOF*, **1** : 13-19.
108. RÜTIMEYER L., 1860. Untersuchungen der Thierreste aus den Pfahlbauten der Schweiz. Zürich, Suisse, Mit. antiq. Ges., 51 p. (XIII, 2)
109. SANSON A., 1910. Traité de zootechnie, tome V. Paris, France, Librairie agricole de la maison rustique, p. 137-150.
110. SCHAPER A., 1930. The Khoisan peoples of South-Africa. London, United Kingdom. Cité dans EPSTEIN H., 1971. The origin of the domestic animals in Africa, vol. 2. London, Munich, New-York, USA, Africana Publishing Corporation, p. 210-309.
111. SONNEVILLE-BORDES D. de, 1965. L'âge de la pierre. Paris, France, Presses universitaires de France, 128 p.
112. TRAIL J.C.M., HOSTE C., VISSOCQ Y.J., LHOSTE P., MASON I.L., 1979. Trypanotolerant livestock in West and Central Africa. 1. General study. Addis-Abeba, Ethiopie, ILCA, 148 p.
113. VIGNE J.D., 1988. Les grandes étapes de la domestication de la chèvre : une proposition d'explication de son statut en Europe occidentale. *Ethnozootehnie*, **14** : 1-14.
114. VINCENT A., 1964. Lexique biblique, 2e éd. Tournai, France, Casterman, 480 p.
115. WHITEHOUSE D., WHITEHOUSE R., 1975. Archaeological atlas of the world. San Francisco, USA, W. H. Freeman and Company, 272 p.
116. WILSON R.T., 1991. Small ruminant production and the small ruminant genetic resource in tropical Africa. Rome, Italie, FAO, 231 p. (Animal Prod. and Health Paper, No. 88)
117. ZEUEH V., LAUVERGNE J.J., BOURZAT D. Cartographie des ressources génétiques caprines du Tchad du Sud-Ouest. I. L'indice de gracilité sous-sternale (IGs). *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.* (soumis)
118. ZEUNER F.E., 1963. A history of domesticated animals. London, United Kingdom, Hutchinson, p. 129-152.

Reçu le 10.7.95, accepté le 11.6.96



## Summary

**Bouchel D., Lauvergne J.J.** Domestic goat settlement in Africa

After the African goat was mentioned in texts from Antiquity, the first European explorations of Africa contributed to little more information. The study of African goat genetic resources truly started at the beginning of the 20th century during the European colonization. After the independences, the African states pursued the research. The African goats seem to originate from the Middle East, where the wild species, ancestor of the domestic ones, still live and where many archeozoological proofs of a domestication process, 8500 to 9000 years' old, can be found. Nevertheless, the hypothesis of a domestication *in situ* cannot be ruled out. Available nomenclatures allow to distinguish two categories of the post-domestication evolution classification: primary populations, which seem to be the majority in Africa, and standardized breeds. The use of morpho-biometric indexes allows to distinguish sub-populations among African primary populations. With the sub-sternal slenderness index (IGs), one can distinguish *brevipes* goats (IGs=1) and *longipes* goats (IGs=1,5). The following scenario suggests a domestic goat settlement in Africa in two successive waves: a first wave, originating from the Middle East, with the *brevipes* population (IGs=1) spreading throughout Africa, and a second wave, probably originating also from the Middle East, with the *longipes* population (IGs=1,5) settling on both sides of the hottest tract, the thermic equator. Dwarf goats would have originated from the *brevipes* goats once there.

**Key words:** Goat - *Brevipes* - *longipes* - Domestication - Provenance - Population - Sub-sternal slenderness index - Ear - Genetic resource - Census - Cartography - Africa.

## Resumen

**Bouchel D., Lauvergne J.J.** Desarrollo de la población de la cabra doméstica en Africa

Los textos de la Antigüedad mencionan la cabra africana, después de éstos, las primeras exploraciones europeas en Africa aportaron pocos conocimientos. No es sino hasta mediados del siglo XX, con la colonización del continente por los Europeos, que comienza el estudio de las riquezas genéticas de las especies caprinas africanas. Después de las independencias, los estados soberanos han continuado con este esfuerzo de investigación. El origen de la cabra en Africa parece situarse en el Medio Oriente, en donde aún puede encontrarse la especie silvestre, ancestro de la especie doméstica, así como numerosas pruebas arqueo-zoológicas de un proceso de domesticación, que data entre 8500 y 9000 años. Sin embargo, no se descarta la hipótesis de una domesticación *in situ*. Las nomenclaturas disponibles permiten distinguir las dos categorías de la clasificación evolutiva post-domesticación : poblaciones primarias que parecen ser más numerosas en Africa y razas generalizadas. En las poblaciones africanas primarias, el uso de índices morfo-biométricos permite distinguir las sub-poblaciones. Así, con el índice de gracia sub esternal (IGs), se distinguen animales *brevipes* (IGs=1) y *longipes* (IGs=1,5). Se propone que la población de la cabra en Africa se realizó en dos etapas sucesivas : una primera ola de tipo *brevipes*, originaria de Medio Oriente y que cubrió toda Africa (IGs=1) y una segunda ola de tipo *longipes*, probablemente también proveniente de Medio Oriente (IGs=1,5), que ocupó la zona más caliente de un lado y otro del Ecuador térmico. Las poblaciones de cabras enanas podrían haberse diferenciado localmente a partir de cabras *brevipes*.

**Palabras clave :** Caprino - *Brevipes* - *Longipes* - Domesticación - Procedencia - Población - Índice de gracia sub esternal - Oreja - Recurso genético - Censo - Cartografía - Africa.