

Sommaire

PATHOLOGIE INFECTIEUSE

5 Test *in vitro* de la sensibilité des agents du farcin à différents agents antimicrobiens.
Hamid M.E., Goodfellow M. (*en anglais*)

10 Isolement de *Fusobacterium necrophorum* sur un chameau. Suliman T.A., Bakhiet M.R.
(*en anglais*)

12 Note de lecture

PATHOLOGIE PARASITAIRE

14 Apport de la technique PCR pour une meilleure compréhension de l'épizootologie des trypanosomoses bovines : exemple de la zone d'aménagement pastoral de Yalé au Burkina Faso.
Reifenberg J.M., Solano P., Bauer B., Kabore I., Cuny G., Duvallet G., Cuisance D. (*en français*)

23 Trypanosomose expérimentale à *Trypanosoma brucei brucei* chez les taurins Holstein et les zébus Bororo blancs. Doko A., Verhulst A., Pandey V.S., Van der Stuyft P. (*en français*)

29 Evaluation de quatre tests de diagnostic : frottis sanguins, CATT, IFI et ELISA-Ag dans l'étude de l'épidémiologie de la trypanosomose cameline à *Trypanosoma evansi* en Mauritanie.
Dia M.L., Van Meirvenne N., Magnus E., Luckins A.G., Diop C., Thiam A., Jacquiet P., Hamers R.
(*en français*)

37 Cas de coccidiose cæcale chez des poules pondeuses après diverses manipulations. Maho A.,
Ndobale B. (*en français*)

RESSOURCES ALIMENTAIRES

41 La gestion du feu dans les pâturages collectifs de la Province de l'Ouest de la Zambie.
Baars R.M.T., Kalokoni D.M., De Koning M.A.I. (*en anglais*)

47 Données nouvelles sur le métabolisme des principaux éléments-traces chez le dromadaire.
Faye B., Bengoumi M. (*en français*)

54 Note de lecture

RESSOURCES ANIMALES

55 Note de lecture

57 Aspects de la qualité microbiologique de lait de vache dans une coopérative de petits éleveurs à Turrialba au Costa Rica. De Graaf T., Romero Zuñiga J.J., Caballero M., Dwinger R.H.
(*en anglais*)

65 Etude du comportement du poulet de chair dans un élevage intensif tropical au Venezuela.
Richard P., Vilariño M., Faure J.M., León A., Picard M. (*en français*)

75 Typologie des aviculteurs dans la zone du Cap-Vert au Sénégal. Arbelot B., Foucher H.,
Dayon J.F., Missohou A. (*en français*)

84 Causes de mortalité des petits ruminants sur le plateau du Sankaran-Guinée en 1992-1993.
Mourad M., Baldé I.B. (*en français*)

Contents

INFECTIOUS DISEASES

5 *In vitro* antimicrobial susceptibility of bovine farcy organisms. Hamid M.E., Goodfellow M. (in English)

10 Isolation of *Fusobacterium necrophorum* from a camel. Suliman T.A., Bakhiet M.R. (in English)

12 Reading notes

PARASITIC DISEASES

14 Advantage of the PCR technique in assessing the epidemiology of bovine trypanosomosis: example of the agropastoral development area of Yalé, Burkina Faso. Reifenberg J.M., Solano P., Bauer B., Kabore I., Cuny G., Duvallet G., Cuisance D. (in French)

23 Experimental *Trypanosoma brucei brucei* infection in Holstein and white Bororo zebu cattle. Doko A., Verhulst A., Pandey V.S., Van der Stuyft P. (in French)

29 Evaluation of four diagnosis tests: blood smears, CATT, IFAT and ELISA-Ag detection in a study of the epidemiology of *T. evansi* camel trypanosomosis in Mauritania. Dia M.L., Van Meirvenne N., Magnus E., Luckins A.G., Diop C., Thiam A., Jacquet P., Hamers R. (in French)

37 Occurrence of caecal coccidiosis in laying hens following various experiments. Maho A., Ndobale B. (in French)

FEED RESOURCES

41 Fire management in communal rangelands in the Western Province of Zambia. Baars R.M.T., Kalokoni D.M., De Koning M.A.I. (in English)

47 New data on the metabolism of main trace-elements in the one-humped camel. Faye B., Bengoumi M. (in French)

54 Reading notes

ANIMAL RESOURCES

55 Reading notes

57 Microbiological quality aspects of cow's milk at a smallholder cooperative in Turrialba, Costa Rica. De Graaf T., Romero Zuñiga J.J., Caballero M., Dwinger R.H. (in English)

65 Study of broiler chickens' behaviour in a tropical intensive breeding poultry house in Venezuela. Richard P., Vilariño M., Faure J.M., León A., Picard M. (in French)

75 Typology of poultry producers in the Cap-Vert area in Senegal. Arbelot B., Foucher H., Dayon J.F., Missouhou A. (in French)

84 Causes of small ruminant mortality on the Sankaran-Guinea plateau in 1992-93. Mourad M., Baldé I.B. (in French)

Sumario

PATOLOGIA INFECCIOSA

5 Susceptibilidad anti microbiana *in vitro* de los organismos granulomatosos bovinos. Hamid M.E., Goodfellow M. (*en inglés*)

10 Aislamiento de *Fusobacterium necrophorum* en un camello. Suliman T.A., Bakhiet M.R. (*en inglés*)

12 Nota de lectura

PATOLOGIA PARASITARIA

14 Aporte de la técnica PCR para una mejor comprensión de la epizootiología de las tripanosomiasis bovinas: ejemplo de la zona de cultivo pastoril de Yalé en Burkina Faso. Reifenberg J.M., Solano P., Bauer B., Kabore I., Cuny G., Duvallet G., Cuisance D. (*en francés*)

23 Trypanosomiasis experimental por *Trypanosoma brucei brucei* en los taurinos Holstein y los cebúes Bororo blancos. Doko A., Verhulst A., Pandey V.S., Van der Stuyft P. (*en francés*)

29 Evaluación de cuatro tests diagnósticos: frotis sanguíneos, CATT, IFI y ELISA-Ag en el estudio de la epidemiología de la tripanosomosis de los camélidos por *Trypanosoma evansi* en Mauritania. Dia M.L., Van Meirvenne N., Magnus E., Luckins A.G., Diop C., Thiam A., Jacquet P., Hamers R. (*en francés*)

37 Caso de coccidiosis cecal en gallinas ponedoras después de diversas manipulaciones. Maho A., Ndobale B. (*en francés*)

RECURSOS ALIMENTICIOS

41 El manejo del fuego en pastos comunales en la Provincia de Oeste de Zambia. Baars R.M.T., Kalokoni D.M., De Koning M.A.I. (*en inglés*)

47 Nuevos datos sobre el metabolismo de los principales elementos traza en el dromedario. Faye B., Bengoumi M. (*en francés*)

54 Nota de lectura

RECURSOS ANIMALES

55 Nota de lectura

57 Aspectos de la calidad microbiológica de la leche bovina en una cooperativa de pequeños productores de Turrialba en Costa Rica. De Graaf T., Romero Zuñiga J.J., Caballero M., Dwinger R.H. (*en inglés*)

65 Estudio del comportamiento del pollo de carne en un criadero intensivo tropical en Venezuela. Richard P., Vilariño M., Faure J.M., León A., Picard M. (*en francés*)

75 Tipología de los avicultores en la zona de Cabo Verde, en Senegal. Arbelot B., Foucher H., Dayon J.F., Missohou A. (*en francés*)

84 Causas de mortalidad en los pequeños rumiantes en la meseta de Sakarán-Guinea, en 1992-1993. Mourad M., Baldé I.B. (*en francés*)

In vitro antimicrobial susceptibility of bovine farcy organisms

M.E. Hamid ^{1*} M. Goodfellow ²

Key words

Zebu cattle - *Mycobacterium farcinogenes* - *Mycobacterium senegalense* - *Nocardia farcinica* - Antibiotics - Resistance to chemicals - Antimicrobial - *In vitro* experiment - Sudan.

Summary

The *in vitro* activities of 35 various antimicrobial agents were tested against 42 *Mycobacterium farcinogenes*, 13 *M. senegalense*, 17 *Nocardia farcinica* strains using glucose yeast extract agar medium. Most of the *M. farcinogenes* strains were susceptible to amikacin (2 µg/ml), doxycycline HCl (8 µg/ml), erythromycin (64 µg/ml), lividomycin sulfate (16 µg/ml), minocycline HCl (8 µg/ml), nalidixic acid (64 µg/ml), oleandomycin phosphate (64 µg/ml), oxytetracycline HCl (64 µg/ml), rifampicin (64 µg/ml), streptomycin sulfate (64 µg/ml) and vancomycin (64 µg/ml). A distinct resistance profile to the antituberculous drugs was noted for most of the test strains, though *M. senegalense* and *N. farcinica* showed much more resistance than *M. farcinogenes*. The pattern of drug susceptibility to antimicrobial agents proved useful in differentiating between *M. farcinogenes* and *M. senegalense* and between these two and *N. farcinica*. It may have significant therapeutic implications in bovine farcy.

■ INTRODUCTION

Bovine farcy is a chronic infectious disease of zebu cattle that is characterized by granulomatous inflammation of the lymphatic system and subcutaneous tissues. The disease has long been recognized in many tropical countries and was thought to be caused by the actinomycetes, *Nocardia farcinica* (9, 13), but it is now known that *Mycobacterium farcinogenes* is the causal agent in Eastern and Central Africa and *M. senegalense* is the main agent in Western Africa (3). Yet, the role of *N. farcinica* in causing or being associated with diseases similar to bovine farcy cannot be ruled out since a report from Nigeria of cutaneous bovine lesions similar to bovine dermatophilosis caused by *N. farcinica* has been published (10).

Recently, *in vitro* susceptibility studies have revealed a number of antibacterial compounds against the rapidly growing mycobacteria (2, 8, 14) and against members of the genera *Gordona*, *Nocardia* and *Rhodococcus* (1, 15).

Although different methods have been used to assess the activity of selected antimicrobial agents against bovine farcy organisms (3, 4, 12), little is known of the activities of the commonly used as well as the new antibacterial compounds against organisms causing bovine farcy.

The aim of the present study was to determine the *in vitro* susceptibility of various antimicrobial agents representing a wide range of structural types and modes of action against isolates of *M. farcinogenes*, *M. senegalense* and *N. farcinica*. The data obtained may provide basic information towards establishing a line of treatment in animals infected with bovine farcy. The disease is still causing a considerable economic loss in many African countries, notably the Sudan (7).

■ MATERIALS AND METHODS

The test strains consisting of 42 *M. farcinogenes*, 13 *M. senegalense*, 17 *Nocardia farcinica* strains were cultivated on glucose yeast extract agar (GYEA) (5) for 7 to 14 days at 37°C, and then checked for purity prior to use. A cellular suspension of each of the test strains was prepared in Universal bottles containing 1/4 strength Ringer solution (Oxoid). Detailed information on the source and strain history have been recorded earlier (6).

The test strains were examined for their ability to grow in GYEA in the presence of each of 35 antibiotics and antibacterial agents at various concentrations (table I). All but one of the antibiotics were sterilized by filtering aqueous solutions, at suitable concentrations, through 0.22 µm Millipore filters (Millipore Corp., Bedford, Massachusetts, USA) into Universal bottles. The remaining antibiotics, rifampicin, was dissolved in dimethylformamide containing an equal volume of ethanol prior to sterilization by filtering as above. Sterilized solutions of each antibacterial agent were added to cooled molten GYEA to give an appropriate concentration. Media were dispensed into Petri dishes and inoculated immediately after they had solidified.

1. Department of Medicine, Pharmacology and Toxicology, Faculty of Veterinary Science, University of Khartoum, Khartoum North, PO Box 32, Sudan

2. Department of Microbiology, the Medical School, University of Newcastle, Newcastle upon Tyne, NE2 4HH, United Kingdom

* Corresponding author

Table I

Percentages of resistant strains of *Mycobacterium farcinogenes*,
M. senegalense and *Nocardia farcinica*
to some antimicrobial agents

Antimicrobial agents ($\mu\text{g/ml}$)	<i>M. farcinogenes</i> (n = 42 strains) % of strains	<i>M. senegalense</i> (n = 13 strains) % of strains	<i>N. farcinica</i> (n = 17 strains) % of strains
Aminoglycosides			
Amikacin (2)	7	17	100
Amikacin (16)	7	12	100
Bekanamycin sulfate (2)	100	100	100
Bekanamycin sulfate (16)	49	50	88
Capreomycin sulfate (10)	20	17	100
Capreomycin sulfate (40)	2	17	82
Capreomycin sulfate (160)	0	8	76
Gentamycin sulfate (32)	100	33	100
Gentamycin sulfate (64)	32	17	100
Gentamycin sulfate (128)	0	0	0
Lividomycin sulfate (2)	98	100	100
Lividomycin sulfate (16)	5	25	88
Neomycin sulfate (64)	95	92	100
Neomycin sulfate (128)	12	25	100
Parmomycin sulfate (64)	12	17	100
Streptomycin sulfate (16)	100	100	100
Streptomycin sulfate (32)	80	75	100
Streptomycin sulfate (64)	9	33	41
Antituberculous compounds *			
<i>p</i> -Aminosalicylic acid, Na salt (162)	98	100	100
<i>p</i> -Aminosalicylic acid, Na salt (64)	22	100	100
D-cycloserine (2)	98	100	100
D-cycloserine (64)	98	100	100
D-cycloserine (128)	95	100	100
Ethambutol HCl (4)	100	100	100
Ethambutol HCl (32)	98	83	100
Ethambutol HCl (64)	66	92	12
Ethionamide (5)	100	83	100
Ethionamide (50)	12	83	100
Isoniazid (2)	100	100	100
Isoniazid (16)	100	92	100
Isoniazid (64)	98	92	100
Isoniazid (128)	12	75	100
Thiacetazone (10)	100	58	100
Cephalosporins			
Cephaloridine (64)	68	92	59
Cephalopirin Na salt (64)	93	100	82
Cephalopirin Na salt (128)	15	100	73
Cumarin			
Novobiocin (64)	63	100	100
Lincosamides			
Lincomycin HCl (64)	95	83	100
Lincomycin HCl (128)	98	100	100
Macrolides			
Erythromycin (64)	5	92	100
Erythromycin (128)	0	92	100
Oleandomycin phosphate (64)	12	100	100
Peptides			
Polymyxin B sulfate (64)	7	75	35
Vancomycin HCl (64)	5	8	47
Viomycin sulfate (64)	0	17	100

* Some antituberculous drugs (e.g. streptomycin, rifampicin) have been classified under other structural headings

Table I (continued)

Antimicrobial agents ($\mu\text{g/ml}$)	<i>M. farcinogenes</i> (n = 42 strains) % of strains	<i>M. senegalense</i> (n = 13 strains) % of strains	<i>N. farcinica</i> (n = 17 strains) % of strains
Penicillins (β-lactam)			
Amoxicillin (64)	93	100	100
Amoxicillin (128)	5	92	59
Ampicillin (64)	63	100	100
Penicillin G, K salt (66 IU/ml)	54	100	100
Quinolone			
Nalidixic acid, Na salt (64)	7	83	53
Rifampicin			
Rifampicin (16)	100	92	100
Rifampicin (64)	12	75	94
Sulphonamides			
Dapsone (16)	95	100	100
Dapsone (64)	98	100	100
Sulphamethazine (16)	100	100	100
Sulphamethazine (64)	98	100	100
Sulphamethazine (128)	56	92	0
Trimethoprim+sulphamethoxazole (8)	98	100	100
Trimethoprim+sulphamethoxazole (64)	98	92	100
Tetracyclines			
Chlortetracycline HCl (64)	24	33	88
Doxycycline HCl (8)	5	67	88
Doxycycline HCl (32)	0	17	12
Doxycycline HCl (64)	0	8	0
Minocycline HCl (64)	10	0	0
Oxytetracycline HCl (64)	2	8	76

Plates were inoculated from 1/4 strength Ringer's suspension. Inoculation was carried out using a multipoint inoculator (Henley-Tech, Henley Instrument Ltd., Billingham, England) and a procedure that allowed the standardization and multiple surface inoculation of 90 mm diameter Petri dishes. The multipoint inoculator was fitted with an inoculation head that carried 20 pins for culture transfer and one marked pin as a reference point to orientate plates. Inocula were pipetted into sterile, inverted Oxoid caps held in an array within a metal template placed inside the base of a 100 mm square Replidish (Sterilin, Teddington, England).

Inoculated plates were incubated at 37°C for 7 days prior to visual inspection. Growth of the culture in the presence of the antibacterial agents was compared to that on the GYEA control plate. A positive result was noted when growth was recorded, i.e. when the organisms showed no resistance to the antibacterial compounds. Members of the *M. farcinogenes* which showed no growth after 7 days were incubated 7 more days and examined as above, because these organisms grow relatively slower than *M. senegalense* and *N. farcinica*.

■ RESULTS AND DISCUSSION

The results of the *in vitro* antimicrobial sensitivity testing are presented in table I. All strains of *M. farcinogenes* were susceptible to doxycycline HCl (32 $\mu\text{g/ml}$), capreomycin sulfate (160 $\mu\text{g/ml}$), erythromycin (128 $\mu\text{g/ml}$), gentamycin sulfate (128 $\mu\text{g/ml}$) and viomycin sulfate (64 $\mu\text{g/ml}$). Most of the strains were susceptible to amikacin (2 $\mu\text{g/ml}$), capreomycin sulfate (40 $\mu\text{g/ml}$), cephapirin Na salt (128 $\mu\text{g/ml}$), erythromycin (64 $\mu\text{g/ml}$), ethionamide

(50 $\mu\text{g/ml}$), lividomycin sulfate (16 $\mu\text{g/ml}$), minocycline HCl (64 $\mu\text{g/ml}$), nalidixic acid Na salt (64 $\mu\text{g/ml}$), oleandomycin phosphate (64 $\mu\text{g/ml}$), oxytetracycline HCl (64 $\mu\text{g/ml}$), polymyxin B sulfate (64 $\mu\text{g/ml}$), rifampicin (64 $\mu\text{g/ml}$), streptomycin sulfate (64 $\mu\text{g/ml}$) and vancomycin HCl (64 $\mu\text{g/ml}$). *M. senegalense* and *N. farcinica* strains were found to be more resistant to the antimicrobial agents tested than *M. farcinogenes*. However, the growth of *M. senegalense* strains was inhibited by gentamycin sulfate (128 $\mu\text{g/ml}$) and minocycline HCl (64 $\mu\text{g/ml}$) and that of *N. farcinica* strains by gentamycin sulfate (128 $\mu\text{g/ml}$), sulphamethazine (128 $\mu\text{g/ml}$), doxycycline HCl (64 $\mu\text{g/ml}$) and minocycline HCl (64 $\mu\text{g/ml}$).

A distinct resistance profile to the antituberculous drugs (figure 1), including *p*-aminosalicylic acid (16 $\mu\text{g/ml}$), bekanamycin sulfate (2 $\mu\text{g/ml}$), D-cycloserine (64 $\mu\text{g/ml}$), dapsone (16 $\mu\text{g/ml}$), ethambutol (32 $\mu\text{g/ml}$), ethionamide (5 $\mu\text{g/ml}$), isoniazid (64 $\mu\text{g/ml}$), rifampicin (16 $\mu\text{g/ml}$), streptomycin sulfate (32 $\mu\text{g/ml}$), and thiacetazone (10 $\mu\text{g/ml}$), was noted for most of the *M. farcinogenes*, *M. senegalense* and *N. farcinica* strains. However, at relatively high MICs most of the *M. farcinogenes* strains were susceptible to capreomycin sulfate (40 $\mu\text{g/ml}$), ethionamide (50 $\mu\text{g/ml}$), isoniazid (128 $\mu\text{g/ml}$), rifampicin (64 $\mu\text{g/ml}$) and streptomycin sulfate (32 $\mu\text{g/ml}$) (figure 1).

Treatment with multiple agents is preferable because of the high relapse rates and emergence of drug resistance. Resistance to antibiotics, notably the plasmid mediated resistance, has been studied intensively in many mycobacteria species. Wallace *et al.* (14) have demonstrated that the resistance of the rapidly growing mycobacteria such as *M. fortuitum* and *M. chelonae* to single-drug therapy could be attributed to mutational resistance. The rapidly growing mycobacteria, including *M. farcinogenes* and

Antimicrobial susceptibility of bovine farcy organisms

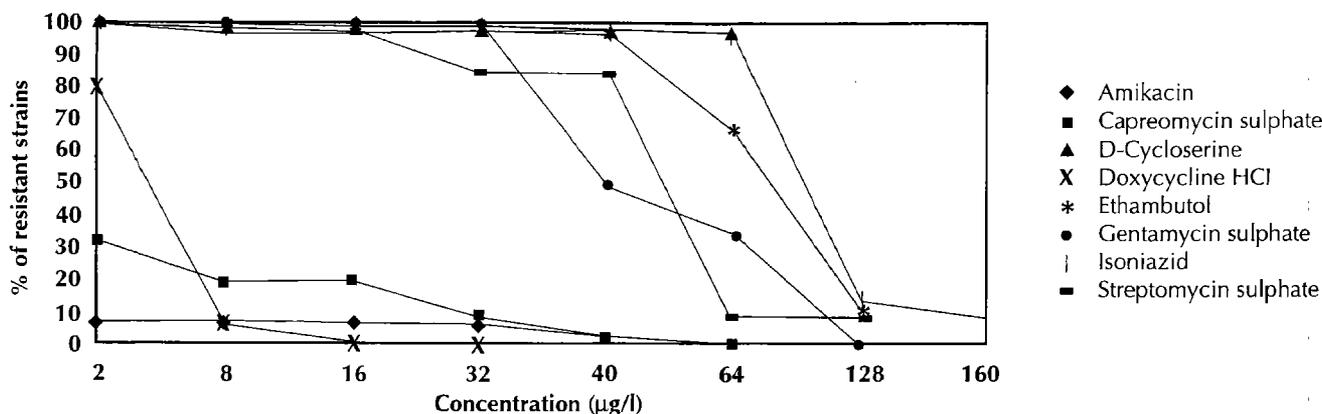


Figure 1: resistance patterns of *Mycobacterium farcinogenes* strains to selected antibacterial agents.

Table II

Antimicrobial agents with greatest resolution for differentiating between *Mycobacterium farcinogenes*, *M. senegalense* and *Nocardia farcinica* strains

Antimicrobial agents (µg/ml)	<i>M. farcinogenes</i>	<i>M. senegalense</i>	<i>N. farcinica</i>
Amikacin (2)	-	-	+
Amoxicillin (128)	-	+	+/-
Capreomycin sulfate (10)	-/+	-	+
Capreomycin sulfate (40)	-	-	+
Cephalopirin Na salt (128)	-	+	+/-
Doxycycline HCl (8)	-	+/-	+
Erythromycin (64)	-	+	+
Ethambutol HCl (64)	+/-	+	+
Ethionamide (50)	-	+	+
Gentamycin sulfate (64)	-/+	-	+
Isoniazid (128)	-	+/-	+
Lividomycin sulfate (16)	-	-/+	+
Nalidixic acid, Na salt (64)	-	+	+/-
Neomycin sulfate (128)	-	-/+	+
Oleandomycin phosphate (64)	-	+	+
Parmomycin sulfate (64)	-	-	+
Rifampicin (64)	-	+/-	+
Streptomycin sulfate (32)	-	-/+	+
Sulphamethazine (128)	+	+	-
Viomycin sulfate (64)	-	-	+

+ means more than 80% of strains positive; - means more than 80% negative; -/+ means 20 to 49% positive; +/- means 50 to 79% of the strains positive.

M. senegalense, vary greatly in their *in vitro* susceptibility to the currently used antibacterial agents, as recorded in the present investigation, and in a agreement with other authors' work (2, 8, 14). Using data derived from the analysis of the 16S rRNA, Pitulle *et al.* (11) accommodated both *M. farcinogenes* and *M. senegalense* in the phylogenetic branch of the rapidly growing species of mycobacteria and found they were closely related to *M. chelonae* and *M. fortuitum*, non-photochromogenic mycobacteria and opportunistic human pathogens.

The pattern of drug susceptibility to antimicrobial agents is found to be advantageous in differentiating between *M. farcinogenes* and *M. senegalense* and between these two and *N. farcinica* (table II). *M. farcinogenes* and *M. senegalense*, but not *N. farcinica*, were sensitive to amikacin (2 µg/ml), parmomycin sulfate (64 µg/ml) and capreomycin sulfate (40 µg/ml). *M. farcinogenes*, but not

M. senegalense and *N. farcinica*, was resistant to ethambutol (50 µg/ml), erythromycin (16 µg/ml) and oleandomycin phosphate (64 µg/ml). The findings of the present study may have an important therapeutic impact on bovine farcy and its *in vitro* application. The data presented here indicate that *M. farcinogenes*, the main cause of bovine farcy in the Sudan, is susceptible to many agents such as capreomycin, doxycycline, erythromycin, gentamycin and viomycin at relatively high MICs. It is interesting that most of the strains of *M. farcinogenes* are susceptible to amikacin at MIC of 2 µg/ml and doxycycline at 8 µg/ml, which seems to be, when administered individually or in combination with other agents, suitable choices for a long lasting problem. The inconvenience usually arises when handling infected cattle belonging to nomads, whose lifestyle and continuous movements make frequent and suitable follow-up rather an arduous task.

Acknowledgments

The study was supported by an Overseas research studentship (ORS), United Kingdom.

REFERENCES

- BOIRON P., PROVOST F., 1990. Characterization of *Nocardia*, *Rhodococcus* and *Gordona* species by *in vitro* susceptibility testing. *Int. J. Med. Microbiol.*, **274**: 203-213.
- BROWN B.A., WALLACE R.J. Jr., ONYI G.O., DE ROSAS V., WALLACE R.J., 1992. Activities of four macrolides, including clarithromycin, against *Mycobacterium fortuitum*, *Mycobacterium chelonae*, and *Mycobacterium chelonae*-like organisms. *Antimicrob. Agents Chemoth.*, **36**: 180-184.
- CHAMOISEAU G., 1979. Aetiology of farcy in African bovines: nomenclature of the causal organisms *Mycobacterium farcinogenes* (Chamoiseau) and *Mycobacterium senegalense* (Chamoiseau) comb. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, **29**: 407-410.
- EL SANOUSI S.M., SALIH M.A.M., MOUSA M.T., TAG EL DIN M.H., ALI S.A.M., 1979. Further studies on the properties of the aetiology of bovine farcy isolated from Sudanese cattle. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **32**: 135-141.
- GORDON R.E., MIHM J.M., 1962. Identification of *Nocardia caviae* (Erikson) nov. comb. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **98**: 628-636.
- HAMID M.E., MINNIKEN D.E., GOODFELLOW M., 1993. A simple chemical test to distinguish mycobacteria from other mycolic acid containing actinomycetes. *J. Gen. Microbiol.*, **139**: 2203-2213.

- HAMID M.E., MOHAMED G.E., ABU-SAMRA M.T., EI SANOUSI S.M., BARRI M.E., 1991. Bovine farcy: a clinico-pathological study of the disease and its aetiological agent. *J. Comp. Pathol.*, **105**: 287-301.
- HOEL T., CASALS J.B., ENG J., 1993. *In vitro* antimicrobial susceptibility testing of rapidly growing mycobacteria using the tablet diffusion method: resistance pattern of Norwegian *Mycobacterium fortuitum* and *Mycobacterium chelonae* isolates. *APMIS*, **101**: 27-32.
- MOSTAFA I.E., 1966. Bovine nocardiosis (cattle farcy): a review. *Vet. Bull.*, **36**: 189-193.
- OYEKUNLE M.A., OJO M.O., 1988. Preliminary observations on bovine cutaneous nocardiosis and dermatophilosis in the subhumid climate of Southern Nigeria. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **41**: 347-351.
- PITULLE C., DORSCH M., KAZDA J., WOLTERS J., STACKEBRANDT E., 1992. Phylogeny of rapidly growing members of the genus *Mycobacterium*. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, **42**: 337-343.
- RIDELL M., GOODFELLOW M., ABDULLE M.A., 1985. Identification of actinomycetes isolated from cases of bovine farcy in the Sudan. *Zbl. Bakt. Mikrobiol. Hyg.*, **A259**: 43-50.
- TREVISAN V., 1952. In: *Int. Bull. Bacteriol. Nomencl. Tax.*, **2**. Quoted from: I Generi e le Specie delle Batteriacae, 1889. Milano, Italia, Zanaboni e Gabuzzi.
- WALLACE R.J. Jr., BEDSOLE G., SUMTER G., SANDERS C.V., STEELE L.C., BROWN B.A., SMITH J., GRAHAM D.R., 1990. Activities of ciprofloxacin and ofloxacin against rapidly growing mycobacteria with demonstration of acquired resistance following single-drug therapy. *Antimicrob. Agents Chemoth.*, **34**: 65-70.
- WALLACE R.J. Jr., TSUKAMURA M., BROWN B.A., BROWN J.M., STEINGRUDE V.A., ZHANG Y., NASH D.R., 1990. Cefotaxime resistant *Nocardia asteroides* strains are isolates of the controversial species *Nocardia farcinica*. *J. clin. Microbiol.*, **28**: 2726-2732.

Reçu le 21.6.95, accepté le 19.6.97

Résumé

Hamid M.E., Goodfellow M. Test *in vitro* de la sensibilité des agents du farcin à différents agents antimicrobiens

Trente-cinq agents antimicrobiens différents ont été testés *in vitro* sur 42 souches de *Mycobacterium farcinogenes*, 13 de *Mycobacterium senegalense* et 17 de *Nocardia farcinica* sur un milieu solide avec extrait de levure glucosé. La plupart des souches étaient sensibles à l'amikacine (2 µg/ml), à la doxycycline (8 µg/ml), à l'érythromycine (64 µg/ml), au sulfate de lividomycine (16 µg/ml), à la minocycline (8 µg/ml), à l'acide nalidixique (64 µg/ml), au phosphate d'oléandomycine (64 µg/ml), à l'oxytétracycline (64 µg/ml), à la rifampicine (64 µg/ml), au sulfate de streptomycine (64 µg/ml) et à la vancomycine (64 µg/ml). Une nette résistance aux médicaments antituberculeux a été observée dans la plupart des souches testées, bien que *M. senegalense* et *N. farcinica* aient montré beaucoup plus de résistance que *M. farcinogenes*. Les différentes réponses des médicaments aux agents antimicrobiens se sont avérées utiles pour différencier *M. farcinogenes* et *M. Senegalense*, ainsi que ces deux derniers et *N. farcinica*. Ceci pourrait avoir des conséquences thérapeutiques significatives dans le traitement du farcin.

Mots-clés : Bovin - Zébu - *Mycobacterium farcinogenes* - *Mycobacterium senegalense* - *Nocardia farcinica* - Antibiotique - Résistance aux produits chimiques - Antimicrobien - Expérimentation *in vitro* - Soudan.

Resumen

Hamid M.E., Goodfellow M. Susceptibilidad anti microbiana *in vitro* de los organismos granulomatosos bovinos

Se examinó la actividad *in vitro* de 35 agentes antimicrobianos contra 42 cepas de *Mycobacterium farcinogenes*, 13 *M. senegalense*, 17 *Nocardia farcinica*, mediante el uso de un medio agar de extracto de levadura y glucosa. La mayoría de las cepas de *M. farcinogenes* fueron susceptibles a la amicacina (2 µg/ml), HCl de doxiciclina (8 µg/ml), eritromicina (64 µg/ml), sulfato de lividomicina (16 µg/ml), HCl de minociclina (8 µg/ml), ácido nalidixico (64 µg/ml), fosfato de oleandomicina (64 µg/ml), HCl de oxitetraciclina (64 µg/ml), rifampicina (64 µg/ml), sulfato de estreptomycina (64 µg/ml) y vancomicina (64 µg/ml). En la mayor parte de las cepas se observó un comportamiento de resistencia diferente a las drogas antituberculosas, a pesar de que *M. senegalense* y *N. farcinica* mostraron mucha más resistencia que *M. farcinogenes*. El patrón de susceptibilidad a los agentes antimicrobianos fue importante en la diferenciación entre *M. farcinogenes* y *M. senegalense*, así como entre estos dos y *N. farcinica*. Podría también conllevar importantes implicaciones terapéuticas contra las enfermedades granulomatosas en el bovino.

Palabras clave: Ganado bovino - Cebú - *Mycobacterium farcinogenes* - *Mycobacterium senegalense* - *Nocardia farcinica* - Antibiótico - Resistencia a productos químicos - Antimicrobiano - Experimentación *in vitro* - Sudan.

Isolation of *Fusobacterium necrophorum* from a camel

T.A. Suliman ¹ M.R. Bakhiet ¹

Key words

Camel - *Fusobacterium necrophorum* -
Necrosis - Skin - Sudan.

Summary

Fusobacterium necrophorum was isolated in a pure culture from lesions simulating contagious skin necrosis disease from a camel. The area of study is 300 kilometers south of Khartoum where camels are part of a semi-nomadic system.

■ INTRODUCTION

Contagious skin necrosis is a disease that affects camels in Sudan and other camel-owning countries. In India it is referred to as "Johling" (3), in Somalia as "Dalehau" (9), and in Sudan as "Naieta". The disease is characterized by necrosis of the skin, abscesses, sinus formation and enlargement of local lymph nodes (10). Little work has been done on the aetiological aspect of the disease (4, 5, 6). In the Sudan, *Fusobacterium necrophorum* has been suspected to be one of the aetiological agents of "Naieta", in agreement with the work of Hussein and Shigidi in cattle (7).

■ MATERIALS AND METHODS

A 4-5 year old she-camel was referred to Sinar Veterinary Laboratory. The animal was off-food, showing extensive scaly lesions in the neck with involvement of the inferior cervical lymph nodes in the area. Swabs were taken aseptically from the periphery of the lesions and were immediately cultured on a number of sheep blood agar plates. The plates were incubated aerobically at 37°C for several days. Blood in EDTA was taken for haematological investigations.

■ RESULTS

The plates incubated aerobically showed no growth. Those incubated anaerobically yielded a pure culture of haemolytic small colonies which did not show pigmentation. The organism was identified as *Fusobacterium necrophorum* according to the methods described by Cowan and Steel (2). The animal was found to be slightly anaemic with a packed cell volume of 22%, total white blood cell count of 22,900/cu mm and red blood cell count of 5,340,000/cu mm.

■ DISCUSSION

The most important defense mechanism against invasion of tissues by anaerobes is the redox potential of well oxygenated tissues (about 150 microvolts) (8). Consequently, death of tissues after trauma, surgery, arterial insufficiency and infection by aerotolerant bacteria are important predisposing factors to *F. necrophorum* infections. The lesions described at the neck could have been due to trauma made by stick strokes to drive the camel (6). Because fusobacteria are part of the normal mammalian flora, they are often isolated from mixed infections (8). It is difficult to assess the role of normal flora in mixed infections. In this report, *F. necrophorum* was isolated in a pure culture. This suggests that it could be the causative agent. In Sudan, isolation of *F. necrophorum* was once reported by Hussein and Shigidi (7) from livers of cattle collected from abattoirs. This could be due to the fact that in routine diagnosis cultures are not incubated anaerobically. Moreover, many strains of *F. necrophorum* produce L-forms in primary cultures (1). The increase in total white blood cells is an indication of bacterial infection.

Acknowledgements

We wish to thank the Prime Under Secretary for Animal Resources and the Director of the Veterinary Research Laboratories for their comments and permission to publish this work.

REFERENCES

1. CARTER G.R., 1986. Essentials of veterinary bacteriology and mycology. Philadelphia, USA, Lea and Febiger, p. 141-144.
2. COWAN S.T., STEEL K.J., 1985. Manual for identification of medical bacteria, 2nd ed. London, United Kingdom, Cambridge University Press.
3. CROSS H.E., 1917. The camel and its diseases. London, United Kingdom, Bailliere Tindall and Cox.

1. Veterinary Research Laboratories, Soba-Alamarat, PO Box 8067, Khartoum, Sudan

4. CURRASSON G., 1936. Traité de pathologie exotique vétérinaire et comparée, vol. 11. Paris, France, Vigot Frères.
5. DOMENECH J., GUIDOT G., RICHARD D., 1977. Les maladies pyogènes du dromadaire en Ethiopie. Symptomatologie - Etiologie. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **30** (3) : 251-258.
6. EDLESTON R.M., PEGRAM R.G., 1974. Contagious skin necrosis of Somali camels associated with *Streptococcus agalactiae*. *Trop. Anim. Health Prod.*, **6**: 255-256.
7. HUSSEIN H., SHIGIDI H., 1974. Isolation of *Sphaerophorus necrophorus* from bovine liver abscesses in Sudan. *Trop. Anim. Health Prod.*, **6**: 253-254.
8. LANCASTER L.A., ATTEBERY H.R., 1986. Fusobacteria. In: Braude A.I., Davies C.E., Fierer J., ed. Infectious diseases and medical microbiology. Philadelphia, USA, W.B. Saunders Company, p. 421-425.
9. LEESE A.S., 1927. A treatise on the one humped camel in health and disease. Stamford, United Kingdom, Haines and Son.
10. MCGRABINE J.J., HIGGINS A.J., 1985. The camel in health and disease - 6: Infectious diseases of the camel: viruses, bacteria and fungi. *Br. vet. J.* : **141**: 529.

Reçu le 12.5.95, accepté le 14.5.97

Résumé

Suliman T.A., Bakhiet M.R. Isolement de *Fusobacterium necrophorum* sur un chameau

Fusobacterium necrophorum a été isolé en culture pure chez un chameau à partir de lésions ressemblant à celles d'une maladie nécrotique contagieuse de la peau. Ce projet a été réalisé dans une région où les chameaux sont dans un système d'élevage semi-nomade, à 300 km au sud de Khartoum.

Mots-clés : Chameau - *Fusobacterium necrophorum* - Nécrose - Peau - Soudan.

Resumen

Suliman T.A., Bakhiet M.R. Aislamiento de *Fusobacterium necrophorum* en un camello

Se aisló un cultivo puro de *Fusobacterium necrophorum*, a partir de lesiones similares a la enfermedad necrótica cutánea contagiosa, en un camello. El área de estudio se sitúa 300 kilómetros al sur de Kartum, en donde los camellos son parte de un sistema semi nómada.

Palabras clave: Camello - *Fusobacterium necrophorum* - Necrosis - Piel - Sudan.

Note de lecture :

Les mycoplasmoses des animaux et leur contrôle

□ Au moment où la péripneumonie contagieuse bovine connaît une recrudescence très nette sur le continent africain, l'Office international des épizooties publie un volume spécial concernant les mycoplasmoses animales et leur contrôle. Le Professeur Nicolet en a assuré la préparation et la coordination. Ce numéro fait suite à celui qui avait été publié presque dix ans plus tôt, en 1987, et selon les vœux du Docteur Blancou, il présente une mise au point sur les nouvelles techniques de diagnostic ainsi que des monographies sur des mycoplasmoses animales qui n'avaient pas été abordées dans le numéro précédent. Ainsi une place très importante est, bien entendu, réservée à la péripneumonie contagieuse des bovins, mais sont aussi présentées la pleuropneumonie contagieuse caprine, l'agalaxie contagieuse des petits ruminants, les mycoplasmoses à *M. Bovis*, puis les mycoplasmoses des volailles et enfin les mycoplasmoses des porcs.

Le dynamisme de l'étude des mycoplasmes est illustré par une nouvelle classification qui prend en compte les données nouvelles concernant la biologie moléculaire des mycoplasmes (6). Ces microorganismes, longtemps mal connus, résultent en effet d'une « régression » évolutive à partir de bactéries Gram+. La petite taille de leur génome en a fait un sujet privilégié pour des études fondamentales et des séquences génomiques complètes sont déjà disponibles.

Les nouvelles connaissances ainsi obtenues ont servi non seulement à modifier la systématique bactérienne mais à avoir aussi un impact direct sur la mise au point de nouvelles techniques de diagnostic

et en particulier sur les techniques de polymérisation en chaîne. Ces techniques, basées sur l'amplification sélective de certaines portions d'ADN génomique ont plusieurs avantages. Elles sont rapides, ne nécessitent pas obligatoirement la mise en culture ni le maintien d'une chaîne du froid ininterrompue. La mise au point d'une telle technique peut recourir schématiquement à deux approches : l'utilisation d'un gène parfaitement connu, comme celui qui code pour les ARN ribosomiaux 16S, et profiter de variations de séquence entre espèces ou bien la recherche de portions de gènes spécifiques d'une espèce donnée. L'ARN 16 est certainement le plus utilisé (7, 11) car ce gène est largement étudié à des fins de taxonomie et de phylogénie et les séquences sont facilement disponibles. Pour la péripneumonie, c'est la seconde approche qui a été choisie de préférence et plusieurs systèmes sont maintenant disponibles, que ce soit après une amplification spécifique ou bien après amplification puis digestion enzymatique du produit amplifié (3). Le plus souvent les deux systèmes coexistent, comme pour *M. agalactiae* (1). Loin d'être antinomiques les deux systèmes sont en fait complémentaires. En effet il existe, au sein des espèces de mycoplasme, une telle diversité entre souches que l'utilisation d'un système unique risquerait d'induire des erreurs.

La péripneumonie sert de modèle à deux études épidémiologiques qui décrivent deux situations diamétralement opposées. En Europe la péripneumonie avait été éradiquée du Nord du continent depuis la fin du XIX^e siècle (9) et elle subsistait à bas bruit dans le Sud comme le prouvaient des foyers sporadiques en 1953 au Portugal

ou en 1967 et 1980 à la frontière franco-espagnole. La maladie devait connaître un regain d'actualité après son introduction en Italie, en 1990. L'origine de ces foyers italiens reste encore mystérieuse ce qui souligne l'importance d'un contrôle sur les mouvements d'animaux et la mise en place de règles sur le commerce international. Des politiques systématiques de dépistage et d'abattage ont permis à l'Italie de redevenir indemne et au Portugal de voir le nombre de foyers diminuer spectaculairement. Au contraire, en Afrique, la prophylaxie de la péripneumonie a été basée pendant de nombreuses années sur l'utilisation de vaccins atténués (5). Jusqu'en 1990 environ, cette politique a permis à certains pays d'être indemnes et aux autres de maintenir la péripneumonie sous contrôle. Depuis cette date la péripneumonie est réapparue dans de nombreux pays et elle occasionne actuellement de lourdes pertes au cheptel bovin. Des études rétrospectives ont clairement démontré le rôle de deux facteurs, d'une part le relâchement des efforts de vaccination et d'autre part les mouvements incontrôlés d'animaux. La paupérisation des états ainsi que les troubles civils sont souvent à l'origine de ces deux facteurs.

Dans ce contexte, il est tout à fait instructif de reconsidérer les méthodes traditionnelles de surveillance et de contrôle de la péripneumonie (2) qui ont permis à de nombreux pays de redevenir indemnes avant même que l'agent causal de cette maladie ait été identifié. Cela n'empêche évidemment pas de considérer des stratégies de prophylaxie et d'éradication qui prennent en compte les données actuelles (8).

L'épidémiologie d'autres mycoplasmoses est moins bien connue pour plusieurs raisons. Pour la pleuropneumonie contagieuse caprine, l'agent causal n'a été identifié qu'en 1976 et, en raison des difficultés à le cultiver *in vitro*, il faudra certainement attendre l'utilisation systématique des nouvelles techniques de diagnostic pour connaître son impact réel (13).

En ce qui concerne l'agalaxie contagieuse, il existe actuellement un problème de définition. En effet plusieurs mycoplasmes, appartenant à des espèces voire à des genres très variés (*M. agalactiae*, *M. mycoides* subsp. *mycoides* LC, *M. mycoides* subsp. *capri*, *M. capricolum* subsp. *capricolum*, *M. putrefaciens*), peuvent occasionner un même type de syndrome (12). Ce syndrome ne comporte pas uniquement la « triade lésionnelle » classique de mammite-arthrite-kératite mais il peut aussi inclure des pneumonies, des pleuropneumonies, des septicémies et des avortements. C'est pourquoi l'acronyme de MAKEPS a été proposé, le terme d'agalaxie contagieuse devant être réservé aux infections dues à *M. agalactiae*. Le but de cette nouvelle définition est de clarifier les politiques de lutte qui s'intéressent spécifiquement à un mycoplasme et en particulier à *M. agalactiae*. Enfin pour d'autres mycoplasmoses, comme pour *M. bovis*, l'absence d'information tient essentiellement au manque de kits de diagnostic en dehors des seuls laboratoires de recherche ou bien à la difficulté d'isolement comparativement à des bactéries à croissance plus rapide (7).

Dans les pays en développement, comme dans les pays développés, la fourniture de protéines d'origine animale aux populations urbaines implique de plus en plus des élevages à cycle court et notamment l'élevage de monogastriques comme les volailles et les porcs. Ces espèces ne sont pas épargnées par les mycoplasmoses

et leur importance économique a justifié de nombreuses études (4, 10, 11). Un parallèle peut être fait entre les vaccins utilisés chez les volailles (15) et les ruminants (14). Dans les deux cas ces vaccins peuvent être des souches vivantes atténuées, souche T1 pour la péripneumonie contagieuse bovine, souche F pour la maladie respiratoire chronique, ou bien des vaccins inactivés, vaccins huileux contre la maladie respiratoire chronique ou bien vaccin saponiné pour la PPCC. A l'exception de ce dernier, tous les autres présentent une protection limitée et ne permettent pas, à eux seuls, d'éradiquer l'agent pathogène. La mise au point de vaccins efficaces nécessite de mieux connaître les mécanismes impliqués dans le pouvoir pathogène des mycoplasmes afin de définir les meilleurs antigènes, les meilleures présentations capables d'induire une immunité protectrice.

François THIAUCOURT
CIRAD-EMVT

1. BERGONIER D., POUMARAT F. Agalactie contagieuse des petits ruminants : épidémiologie, diagnostic et contrôle, p. 1431-1475.
2. BLANCOU J. Les anciennes méthodes de surveillance et de contrôle de la péripneumonie contagieuse bovine, p. 1241-1262.
3. DEDIEU L., BREARD A., LE GOFF C., LEFEVRE P.-C. Diagnostic de la péripneumonie contagieuse bovine : problèmes et nouveaux développements, p. 1331-1353.

4. KOBISCH M., FRIIS N.F. Swine mycoplasmoses, p. 1569-1605.
5. MASIGA W.N., DOMENECH J., WINDSOR R.S. Manifestation and epidemiology of contagious bovine pleuropneumonia in Africa, p. 1283-1308.
6. NICOLET J. Animal mycoplasmoses: a general introduction, p. 1233-1240.
7. PFUTZNER H., SACHSE K. *Mycoplasma bovis* as an agent of mastitis, pneumonia, arthritis and genital disorders in cattle, p. 1477-1494.
8. PROVOST A. Stratégies de prophylaxie et d'éradication de la péripneumonie contagieuse bovine avec ou sans vaccination, p. 1335-1371.
9. REGALLA J., CAPORALE V., GIOVANNINI A., SANTINI F., MARTEL J.L., PENHA GONCALVES A. Manifestation and epidemiology of contagious bovine pleuropneumonia in Europe, p. 1309-1329.
10. SATO S. Avian mycoplasmosis in Asia, p. 1555-1567.
11. STIPKOVITS L., KEMPF I. Mycoplasmoses in poultry, p. 1495-1525.
12. THIAUCOURT F., BOLSKE G. Contagious caprine pleuropneumonia and other pulmonary mycoplasmoses of sheep and goats, p. 1397-1414.
13. THIAUCOURT F., BOLSKE G., LENEGUERSH B., SMITH D., WESONGA H. Diagnosis and control of contagious caprine pleuropneumonia, p. 1415-1429.
14. TULASNE J.J., LITAMOI J.K., MOREIN B., DEDIEU L., PALYA V.J., YAMI M., ABUSUGRA I., SYLLA D., BENSALD A. Contagious bovine pleuropneumonia vaccines: the current situation and the need for improvement, p. 1373-1396.
15. WHITHEAR K.G. Control of avian mycoplasmoses by vaccination, p. 1527-1553.

.....
Les mycoplasmoses des animaux et leur contrôle, décembre 1996. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **15** (4) : 472 p.

Apport de la technique PCR pour une meilleure compréhension de l'épizootiologie des trypanosomoses bovines : exemple de la zone d'aménagement pastoral de Yalé au Burkina Faso

J.M. Reifenberg ¹ P. Solano ¹ B. Bauer ² I. Kabore ²
G. Cuny ³ G. Duvallet ¹ D. Cuisance ¹

Mots-clés

Bovin - *Glossina* - Trypanosomose - *Trypanosoma congolense* - *Trypanosoma simiae* - *Trypanosoma vivax* - Amplification chaîne polymérase - Sonde moléculaire - Relation hôte pathogène - Vecteur de la maladie - Epidémiologie - Burkina Faso.

Résumé

La technique PCR (*polymerase chain reaction*) a été utilisée pour l'identification des trypanosomes chez des glossines et des bovins infectés provenant de la zone d'aménagement pastoral de Yalé, au sud du Burkina Faso. Sur les 84 intestins moyens parasitologiquement positifs de *Glossina tachinoides* qui ont été analysés, 50 ont pu être identifiés par PCR (*Trypanosoma congolense* types « savane » et « forêt », *T. simiae* et *T. vivax*). Chez les bovins, la technique PCR a révélé la prédominance de *T. congolense* « savane » et de *T. vivax*. Le taxon « forêt » de *T. congolense* n'a pas été détecté chez le bétail. Certains animaux aparasitiques mais suspects ont montré des signaux positifs par PCR avec les amorces spécifiques de *T. congolense* « savane ». Ces résultats confirment le haut intérêt de la technique PCR pour révéler les pauci-infections et les infections mixtes chez les différents hôtes. A la lueur d'applications comparables publiées précédemment, cette étude montre l'apport des outils de la biologie moléculaire pour la mise en évidence des relations complexes d'affinité des taxons « savane » et « forêt » de *T. congolense* vis-à-vis de leurs vecteurs, mais aussi vis-à-vis de leurs hôtes vertébrés, conférant vraisemblablement à ces marqueurs moléculaires la valeur de marqueurs de pouvoir pathogène. Les points relatifs à leur valeur diagnostique et leur contribution pour mieux appréhender les relations parasites-hôtes pour une lutte plus efficace sur le terrain sont discutés.

■ INTRODUCTION

De nos jours, le diagnostic des trypanosomoses animales africaines (TAA), parasitoses responsables de pertes considérables dans la production animale en Afrique sub-saharienne, repose sur trois groupes de techniques : parasitologiques, séro-immunolo-

giques et moléculaires. Le principe des méthodes parasitologiques est basé sur l'observation directe, au microscope, des trypanosomes chez leurs différents hôtes. La fiabilité de ces techniques provient de la mise en évidence des infections actives, leur conférant les avantages d'un diagnostic de certitude. Leur inconvénient majeur est le manque de sensibilité, car elles ne permettent pas de déceler chez l'hôte vertébré, dans les meilleures conditions, moins de 100 trypanosomes/ml de sang pour la technique de double-centrifugation (48).

Les techniques séro-immunologiques les plus utilisées reposent sur la mise en évidence, par la technique ELISA, d'anticorps sécrétés par l'hôte en réponse à l'infection, ou d'antigènes circulants

1. CIRAD-EMVT, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France
2. CIRDES, 01 BP 454 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso
3. ORSTOM-LEMV, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1, France

consécutifs à la lyse des agents pathogènes par les défenses immunitaires de l'hôte. Le test ELISA de détection des anticorps chez l'hôte vertébré se montre efficace pour l'analyse de nombreux échantillons de sérums au cours d'études épidémiologiques de grande ampleur (4). Un test ELISA de détection des antigènes permettant, à la différence du précédent, de révéler les infections précoces et actives, est en évaluation depuis quelques années (3, 9) mais pose des problèmes de sensibilité et de spécificité (10, 11).

En complément des nombreuses recherches sur l'amélioration des techniques parasitologiques et séro-immunologiques pour le diagnostic des trypanosomoses animales, les techniques moléculaires offrent de très intéressantes perspectives et sont de plus en plus fréquemment utilisées pour la détection et l'identification des parasites chez les différents hôtes. Des séquences spécifiques ont été localisées dans l'ADN génomique des parasites pour différencier les principaux trypanosomes pathogènes et différentes techniques ont été développées pour les révéler (28, 29). L'application de sondes spécifiques par la technique d'hybridation moléculaire chez les glossines (14, 22, 27, 30) et les bovins (37) a été peu à peu remplacée par la technique PCR (*polymerase chain reaction*) (44), qui consiste à mettre en évidence les mêmes régions dans le génome des parasites, non pas par hybridation moléculaire, mais par amplification génique *in vitro*. Par son principe, cette technique offre des possibilités inégalables en terme de spécificité et de sensibilité. Elle est néanmoins encore délicate à maîtriser en tant qu'outil de diagnostic de routine. Etant donné que la *Taq Polymerase* est très sensible à de nombreux facteurs, notamment les éléments sanguins et leurs dérivés, une purification correcte des échantillons est primordiale afin de limiter les inhibitions de l'amplification. Quelques techniques simples de traitement des échantillons, alternatives à la procédure fastidieuse de l'extraction d'ADN, ont montré d'excellents résultats (30, 38, 46, 50).

Transférées au CIRDES (Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide) en 1992, ces biotechnologies, après une période d'adaptation, ont été utilisées à plusieurs reprises en conditions naturelles (42, 46, 47). L'étude présentée ici se situe dans la lignée des travaux entrepris antérieurement sur le terrain au Burkina Faso. Elle a été réalisée dans le cadre d'un programme de lutte contre les trypanosomoses, engagé dans la zone d'aménagement pastoral de Yalé, située dans la province de la Sissili, au sud du pays. Son intérêt, grâce aux biotechnologies, est d'apporter aux connaissances acquises par les techniques classiques des éléments supplémentaires de compréhension sur la nature et la circulation des trypanosomes pathogènes dans ce foyer actif de la maladie. Les résultats de ce travail ont été comparés à d'autres obtenus en conditions naturelles et expérimentales et les implications d'ordre fondamental et appliqué sont alors discutées.

■ MATERIEL ET METHODES

Contexte de l'étude

Les échantillons ont été récoltés au cours des missions des équipes de l'Unité de lutte contre les maladies parasitaires et leurs vecteurs du CIRDES (2), dans le cadre d'un programme de lutte contre les trypanosomoses, responsables à l'époque d'une régression alarmante du cheptel bovin dans la zone d'aménagement pastoral de Yalé, située dans la province de la Sissili, au sud du Burkina Faso.

Situation géographique

La province de la Sissili est située dans la zone climatique sud-soudanienne qui regroupe les régions localisées à l'ouest et à l'est

du Mouhoun. La zone sud-soudanienne est constituée de forêts claires et de savanes traversées de galeries forestières, véritables formations hygrophiles plus ou moins denses, plus ou moins larges, composées d'essences diverses. La végétation est fortement influencée par les feux de brousse.

Les sites de prospection se situent à proximité du ranch de gibier de Nazinga qui est localisé aux environ de 11° 9' de latitude N et 1° 30' de longitude O. Il abrite l'un des derniers noyaux de faune sauvage du pays : *Sylvicapra grimmia* L. (céphalophe de Grimm), *Ourebia ourebi* Zimmermann (ourébi), *Hippotragus equinus* Desmarest (hippotrague), *Loxodonta africana* Brummenbach (éléphant), *Phacocheirus aethiopicus* Pallas (phacochère), *Tragelaphus scriptus* Pallas (guib harnaché), *Kobus ellipsiprymnus* Ogilby (cob defassa), des singes, quelques carnivores et de nombreux reptiles (crocodiles, varans, serpents).

Trois espèces de glossines occupent cette zone. *G. tachinoides*, prédominante, *G. palpalis gambiensis* et *G. morsitans submorsitans*. L'espèce dominante en effectif, capturée le long des lignes de drainage dans les zones de contact glossines-troupeaux de bovins, fut *G. tachinoides*.

Récolte des échantillons de glossines

Les glossines ont été capturées grâce à deux types de piège : le piège biconique Challier-Laveissière, décrit en 1976 (24), et le piège monoconique « Vavoua » (25). Les insectes ont été disséqués selon la technique classique (17). Afin d'éviter les contaminations, les instruments de dissection ont été soigneusement nettoyés entre les mouches et entre les organes de chaque mouche, à raison d'un bain dans de l'eau de Javel et d'un bain dans de l'eau distillée. Après observation microscopique du proboscis, des glandes salivaires et de l'intestin moyen pour la recherche des trypanosomes, les organes des individus positifs ont été repris et suspendus dans 50 µl d'eau stérile. Quatre-vingt-quatre *G. tachinoides* ont ainsi été retenues, parmi lesquelles un seul individu présentait une infection mature (présence de trypanosomes à la fois dans l'intestin moyen et le proboscis), les autres mouches arborant toutes des infections de l'intestin moyen uniquement.

Récolte des échantillons de bovins

Les échantillons de sang de bovins infectés ont été prélevés au cours du suivi sanitaire des 200 à 300 bovins répartis dans les différentes unités de la zone d'aménagement pastoral de Yalé. La centrifugation d'un microtube capillaire rempli du sang de chaque animal a permis la lecture de l'hématocrite, indice significatif de la trypanosomose chez les bovins. Ensuite, le *buffy coat* (49) a été étalé entre lame et lamelle et examiné à l'état frais au microscope en contraste de phase pour la recherche des trypanosomes. Un second tube capillaire a été préparé à partir du sang des animaux parasitologiquement positifs, et le *buffy coat* récupéré dans un tube Eppendorf contenant 50 µl d'eau stérile pour l'analyse par PCR.

Quatre-vingt-douze échantillons ont ainsi été retenus, dont 44 étaient parasitologiquement positifs. Les 48 cas restants ne présentaient aucun trypanosome à l'observation microscopique du *buffy coat*.

Préparation des échantillons

Les suspensions contenant les intestins moyens de glossines et les *buffy coat* de bovins ont été purifiés selon une technique basée sur l'utilisation d'un kit commercial de purification des échantillons biologiques (Ready Amp™ genomic purification kit, Madison, WI, USA) (38).

Les suspensions contenant les proboscis dans 50 µl d'eau stérile ont été simplement agitées énergiquement, sans aucun traitement préalable, dans le but de faciliter la libération des trypanosomes dans le liquide environnant.

Deux à 3 µl du surnageant de chaque échantillon après traitement ont été ensuite ajoutés au tampon réactionnel pour l'identification des trypanosomes par PCR.

PCR

Le protocole de la technique PCR émane de celui qui fut initialement mis au point par Masiga et coll., 1992 (33), dans un volume réactionnel de 25 µl composé des réactifs suivants (concentration finale) : 10 mM Tris-HCl pH 8,3, 50 mM KCl, 1,5 mM MgCl₂, 200 µM de dNTPs, 100 ng/µl d'amorces, 1,25 unités de *Taq Polymerase* et 2 à 3 µl d'ADN. Les amorces oligonucléotidiques utilisées au cours de cette étude figurent dans le tableau I.

Une étape de dénaturation initiale à 92°C pendant 5 min a été suivie de 30 cycles, avec pour chacun trois étapes successives : une étape de dénaturation à 94°C pendant 1 min, une étape d'hybridation des amorces à 56°C pendant 1 min et une étape d'élongation à 72°C pendant 1 min. Le programme s'est achevé par une élongation terminale à 72°C durant 5 min. Un volume de 10 µl de chaque échantillon a été ensuite révélé par électrophorèse dans un gel à 2 p. 100 d'agarose teinté au bromure d'éthidium, et observé sous lumière UV. La fiabilité de chaque réaction d'amplification a été contrôlée par un témoin positif (adjonction au volume réactionnel de 50 pg d'ADN purifié de la souche clonale de référence) et un témoin négatif (tampon réactionnel contenant tous les constituants nécessaires à l'amplification, mais sans ADN cible).

Les échantillons de glossines ont été analysés par PCR en utilisant les amorces spécifiques de *T. congolense* types « savane », « forêt », « Kilifi » et « Tsavo », *T. simiae*, *T. brucei sensu lato* et *T. vivax*.

Les échantillons de bovins ont été testés avec les mêmes amorces, à l'exception de celles reconnaissant *T. simiae*. Une prospection plus restreinte, dirigée sur les types « savane » et « forêt » de *T. congolense*, *T. vivax* et *T. brucei* s. l., a été menée sur les échantillons parasitologiquement négatifs.

■ RESULTATS

Analyse des échantillons de glossines

Parmi les 84 intestins positifs testés (positifs par les techniques parasitologiques), 50 (59,5 p. 100) ont pu être identifiés par PCR. Les taxons mis en évidence sont *T. congolense* types « savane » et « forêt », *T. simiae* et *T. vivax*. Des infections mixtes associant *T. congolense* types « savane » et « forêt », *T. congolense* type « savane » et *T. simiae*, *T. simiae* et *T. vivax*, ont également été révélées (figure 1).

Une amplification spécifique de *T. simiae* et de *T. vivax* a été obtenue à partir des métacycliques présents dans le seul proboscis trouvé infecté par l'examen microscopique. La présence de *T. simiae* a aussi été révélée dans le contenu intestinal de la même glossine.

Parmi les 34 infections intestinales qui n'ont pu être caractérisées, certaines ont entraîné des réactions d'amplification atypique avec les amorces spécifiques de *T. brucei* s. l. (séquence « ingi »). Ce

Tableau I

Amorces utilisées et taille des produits d'amplification attendus

Espèce/taxon	Séquence oligonucléotidique	Taille de l'amplification (pb)	Référence
<i>T. congolense</i> « savane »	ILO344 : 5' CGAGCGAGAACGGGCAC 3' ILO345 : 5'GGGACAAACAAATCCCGC 3'	320	Majiwa et Otieno, 1990 (<i>Mol. Biochem. Parasitol.</i>)
<i>T. congolense</i> « Kilifi »	TCK1 : 5' GTGCCCAAATTTGAAGTGAT 3' TCK2 : 5'ACTCAAAATCGTGACACCTCG 3'	294	Masiga et coll., 1992 (<i>Int. J. Parasitol.</i>)
<i>T. congolense</i> « forêt »	TCF1 : 5' GGACACGCCAGAAGGTACTT 3' TCF2 : 5' GTTCTCGCACCAAATCCAAC 3'	350	Masiga et coll., 1992 (<i>Int. J. Parasitol.</i>)
<i>T. congolense</i> « Tsavo »	ILO892 : 5' CGAGCATGCAGGATGGCCG 3' ILO893 : 5' GTCCTGCCACCGAGTATGC 3'	400	Majiwa et coll., 1993 (<i>Parasitology</i>)
<i>T. simiae</i>	TSM1 : 5' CGGTCAAAAACGCATT 3' TSM2 : 5' AGTCGCCCCGAGTCGAT 3'	437	Majiwa et Otieno, 1990 (<i>Mol. Biochem. Parasitol.</i>)
<i>T. brucei</i> « ingi »	ILO342 : 5' GATCCGCAGCCGGGCCTG 3' ILO242 : 5' CCGCGGTGGCTCCTTCCC 3'	1 530	Kimmel et coll., 1987 (<i>Mol. Cell. Biol.</i>)
<i>T. vivax</i> Afrique de l'Ouest	TVW1 : 5' CTGAGTGCTCCATGTGCCAC 3' TVW2 : 5' CCACCAGAACACCAACCTGA 3'	150	Masiga et coll., 1992 (<i>Int. J. Parasitol.</i>)

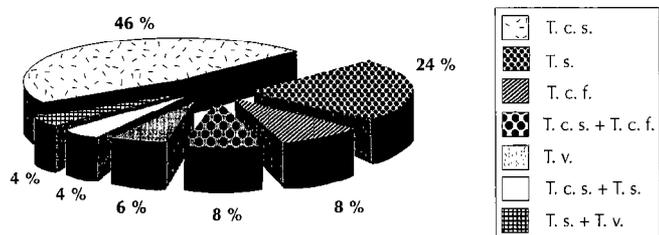


Figure 1 : trypanosomes identifiés par PCR dans l'intestin moyen de *G. tachinoides* ($n = 84$), zone d'aménagement pastoral de Yalé, Burkina Faso.

T.c.s. : *T. congolense* type « savane » ; T.c.f. : *T. congolense* type « forêt » ; T.s. : *T. simiae* ; T.v. : *T. vivax*.

signal a été constaté sur plusieurs échantillons intestinaux testés avec ces amorces, ce qui pourrait témoigner de la présence d'un trypanosome « inconnu » commun à plusieurs glossines.

Parmi les 83 proboscis trouvés indemnes de trypanosomes au microscope, 8 ont montré des signaux d'amplification par PCR, dont 2 à *T. congolense* type « savane », 2 à *T. simiae* et 4 à *T. vivax*.

Analyse des échantillons de bovins

Parmi les 44 prélèvements de sang infecté, l'identification parasitologique des trypanosomes a révélé 26 cas d'infection à *T. congolense*, 17 à *T. vivax*, et 1 infection mixte à *T. congolense* et *T. vivax*. Aucune infection à *T. brucei* n'a été observée.

Sur les 26 infections du type *Nannomonas*, 22 (84,6 p. 100) ont été identifiées par PCR comme appartenant à *T. congolense* type « savane » ; sur les 17 infections du type *Duttonella*, 7 (41,1 p. 100) seulement ont pu être confirmées par PCR. Quatorze échantillons (4 infectés par *T. congolense* et 10 par *T. vivax*) n'ont donc donné aucun signal d'amplification avec les amorces utilisées. La présence de *T. vivax* n'a pas été confirmée par PCR dans l'échantillon où une infection mixte à *T. congolense* et *T. vivax* avait été préalablement observée au microscope.

Sur les 48 cas parasitologiquement négatifs, 7 ont donné des signaux d'amplification avec les amorces spécifiques de *T. congolense* type « savane ». Sur ces 7 animaux, 5 présentaient un hémocrite inférieur à 25, valeur limite correspondant à un état encore physiologiquement satisfaisant, les deux bovins restants ayant respectivement un hémocrite de 26 et 27.

Les techniques parasitologiques n'ont pas révélé *T. brucei*, ce que confirme la technique PCR : aucun signal n'est apparu avec les amorces spécifiques du sous-genre *Trypanozoon* (tableau II).

DISCUSSION

Le faible taux d'infections matures chez *G. tachinoides* corrobore des observations déjà décrites sur le terrain (41), confirmées récemment au laboratoire (39, 40, 41). La majorité des glossines infectées avaient un âge supérieur à 30 jours. Sachant que la durée moyenne du développement cyclique de *T. congolense* est de 14 jours environ et celle de *T. vivax* de 10 jours environ, la majorité

des infections acquises au moment du premier repas sanguin (la réceptivité d'une glossine étant fortement liée à son état ténéral) devrait théoriquement avoir atteint le stade infectant. Il est donc probable que le fort taux d'infections immatures soit plus associé à des incompatibilités physiologiques entre les trypanosomes et les glossines étudiées.

La majorité des infections intestinales identifiées par PCR sont causées par des trypanosomes appartenant au sous-genre *Nannomonas* (*T. congolense* types « savane » et « forêt », *T. simiae*) qui arrivent difficilement à maturité, comme en témoigne le très faible pourcentage de proboscis infectés. Parmi les glossines analysées par PCR, la seule qui présentait des trypanosomes dans la trompe s'est avérée infectée à la fois par *T. vivax* et par *T. simiae*. La notion selon laquelle les glossines du groupe *palpalis* sont réputées être des vecteurs peu efficaces des trypanosomes du sous-genre *Nannomonas* mérite d'être nuancée dans certaines situations. Force est de constater qu'un nombre non négligeable d'infections à *T. simiae* ont été détectées, corroborant d'autres résultats récents révélant aussi sa présence, en terme d'infections matures, dans certaines populations de *G. p. gambiensis* et de *G. tachinoides* peuplant les bordures du Mouhoun, au Burkina Faso (47).

La proximité du ranch de gibier de Nazinga implique des rencontres permanentes ou saisonnières entre les populations de glossines et la faune sauvage qui sillonne les alentours de la zone agro-pastorale. Les suidés domestiques et sauvages forment un réservoir naturel de trypanosomes, dont *T. simiae* qui est particulièrement inféodé à ces mammifères (7). La présence de *T. simiae* dans les organes de *G. tachinoides* résulte probablement de contacts fréquents avec cet hôte dans les gîtes favorables. Cette espèce oriente facilement ses attaques vers les porcs domestiques des villages autour desquels elle abonde (1, 24) et vers les suidés sauvages dans les zones moins anthropisées (16). Il est bien connu que l'opportunisme alimentaire de *G. tachinoides* lui confère des capacités d'adaptation aux périodes de restriction temporaire en hôtes nourriciers habituels, d'où les variations saisonnières des préférences trophiques fréquemment constatées (5, 23, 24). Les reptiles, tout particulièrement les varans et les crocodiles, connus comme hôtes nourriciers communs de *G. tachinoides* (24), hébergent des trypanosomes inoffensifs pour les mammifères (*T. varani*, *T. grayi-like*) (35), dont le cycle évolutif est postérograde, avec un développement limité à l'intestin des vecteurs. L'analyse des repas de sang d'un échantillon de *G. tachinoides* originaire de la même région a montré que 55 p. 100 de ces repas provenaient de reptiles (Bauer B., comm. pers.). Une fraction des infections intestinales chez *G. tachinoides* relève probablement de ces trypanosomes, présomption confortée par le nombre élevé d'infections intestinales qui n'ont pu être caractérisées avec les marqueurs moléculaires utilisés.

Il est tentant d'avancer l'hypothèse que *T. congolense* type « forêt » dispose d'un spectre d'hôtes vertébrés différent de celui du taxon « savane ». Alors que sa présence a été détectée à plusieurs reprises chez *G. tachinoides*, il est totalement absent des prélèvements de bovins, ce qui pourrait conforter l'hypothèse d'un pouvoir pathogène plus faible que celui de *T. congolense* type « savane » pour les bovidés. La circulation de ce taxon dans cette région pourrait alors être liée à la faune sauvage, comme le guib harnaché, connu pour être très souvent sollicité (24, 34). L'hypothèse selon laquelle les populations locales de phacochères sont également un réservoir naturel de ce parasite mériterait d'être étudiée, d'autant que la majorité des souches connues isolées antérieurement proviennent de porcs domestiques (14, 33, 45).

Tableau II

Bilan de l'analyse par PCR des infections observées en microscopie dans les organes de *G. tachinoides* (zone d'aménagement pastoral de Yalé)

Intestins positifs par examen parasitologique	Intestins positifs par PCR	Identification	Nombre de chaque parasite
84	50 (59,5 %)	T. c. s.	23 (46 %)
		T. s.	12 (24 %)
		T. c. f.	4 (8 %)
		T. c. s. + T. c. f.	4 (8 %)
		T. v.	3 (6 %)
		T. c. s. + T. s.	2 (4 %)
		T. s. + T. v.	2 (4 %)
	Intestins négatifs par PCR		
	34 (40,5 %)	non identifiés	
Proboscis positifs par examen parasitologique	Proboscis positifs par PCR	Identification	Nombre de chaque parasite
1	1	T. v. + T. s.	
Proboscis négatifs par examen parasitologique			
83	8 (9,6 %)	T. c. s.	2 (25 %)
		T. s.	2 (25 %)
		T. v.	4 (50 %)

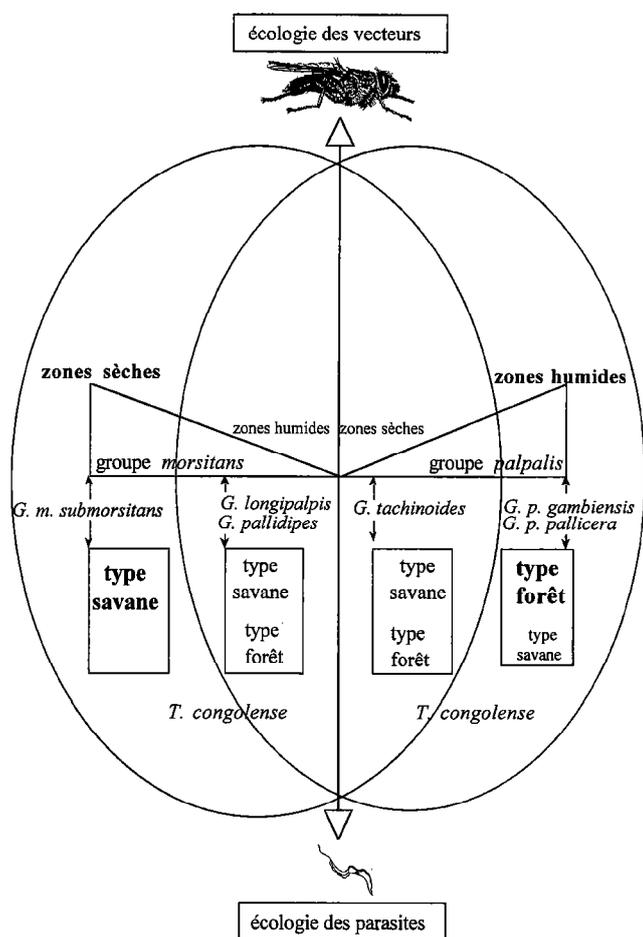
T.c.s. : *T. congolense* type « savane » ; T.c.f. : *T. congolense* type « forêt » ; T.s. : *T. simiae* ; T.v. : *T. vivax*

L'identification de *T. vivax* dans le contenu intestinal de plusieurs glossines témoigne vraisemblablement de l'absorption récente d'un repas sanguin prélevé sur un animal infecté, compte tenu du fait que le cycle de *T. vivax* est limité à la région cibarienne et au proboscis des glossines (36). Cette constatation pose le problème de la positivité du test, suite à l'amplification par PCR d'ADN de trypanosomes récemment ingérés ou de résidus de trypanosomes subsistant dans l'intestin des glossines. La fréquence de tels résultats peut entraîner des interprétations épidémiologiques erronées, notamment dans les foyers actifs de trypanosomose où les contacts glossines-hôtes vertébrés sont fréquents. Il serait d'un grand intérêt de quantifier expérimentalement chez la glossine les infections intestinales avortées et détectables par PCR, afin d'apporter plus d'objectivité à l'interprétation de certains résultats de terrain.

Plusieurs infections mixtes avec les deux taxons de *T. congolense* ont été détectées chez *G. tachinoides*. Cette espèce de glossine affectionne une gamme variée de biotopes alors que la majorité des glossines du groupe *palpalis* sont plutôt riveraines. La présence concomitante de ces deux taxons a déjà été décrite chez *G. longipalpis* en Côte d'Ivoire (46) et chez *G. pallidipes* (50) au Zimbabwe. Ces glossines, bien qu'appartenant au groupe de *G. morsitans* qui réunit en majorité des espèces savanicoles, se distinguent par une plus grande ubiquité des gîtes occupés. La niche écologique de ces espèces, ni strictement savanicoles, ni strictement ripicoles, favorise la diversification des sources de

nourriture, et en conséquence l'hétérogénéité parasitaire observée chez ces populations de vecteurs. Certains auteurs ont suspecté l'existence de relations d'affinités associant les glossines du groupe *morsitans* et le type « savane » de *T. congolense*, et le groupe *palpalis* et le type « forêt » de *T. congolense* (27). Il semblerait en fait que ce modèle hypothétique soit plus complexe : le taxon « forêt » serait transmis plus spécifiquement par les espèces de glossines vivant dans les biotopes humides et le type « savane » aurait un spectre vectoriel moins restrictif. Dans les zones infestées uniquement de glossines riveraines ou forestières (27, 45, I. Morlais, comm. pers.), seul le type « forêt » circulerait. Le type « savane » prédominerait dans les aires de savane mais il serait également transmis par de nombreuses autres espèces de glossines aux niches écologiques plus diversifiées. Les espèces de glossines ni strictement savanicoles (c'est le cas de *G. longipalpis* et de *G. pallidipes* dans le groupe *morsitans*), ni strictement forestières (c'est le cas de *G. tachinoides* dans le groupe *palpalis*) pourraient transporter simultanément ces deux taxons, alors qu'ils auraient tendance à s'exclure mutuellement chez les espèces de glossines aux caractéristiques écologiques plus tranchées (figure 2).

Ces observations sont à rapprocher des différences de virulence chez les mammifères domestiques abordées précédemment, le taxon « forêt » apparemment prédominant chez le porc domestique élevé surtout dans les régions forestières, le taxon « savane » paraissant plus pathogène pour les bovidés, surtout élevés dans les



Dessin de la glossine : F. D'Amico, 1993

Figure 2 : relations d'affinité entre les taxons « savane » et « forêt » de *T. congolense* et les espèces de glossines en fonction de leur habitat : schéma représentant les tendances qui se dégagent d'après les observations sur le terrain. Les glossines de zones sèches transmettraient préférentiellement *T. congolense* « savane » (à gauche), les glossines de zones humides transmettraient préférentiellement *T. congolense* « forêt » (à droite), les glossines ni strictement savaniques, ni strictement forestières pourraient transporter les deux taxons (au centre).

zones plus arides. Les marqueurs moléculaires utilisés à des fins diagnostiques pourraient donc avoir aussi une valeur de marqueurs de pathogénicité.

Les amplifications non spécifiques obtenues à partir des trypanosomes observés microscopiquement dans plusieurs échantillons, avec des amorces reconnaissant théoriquement le sous-genre *Trypanozoon* ne présagent en rien de l'identité taxonomique de ces trypanosomes intestinaux. La fréquence de ces amplifications pourrait témoigner de la présence du même trypanosome « inconnu » chez plusieurs individus.

L'hypothèse de la circulation de trypanosomes pathogènes non identifiables avec les marqueurs moléculaires connus est plausible. Outre les souches de *T. vivax* qui n'ont pas réagi avec les amorces usuelles, quatre isolats de sang de bovins infectés par *T. congolense* ne correspondent à aucun des taxons connus. Les amorces spécifiques de *T. godfreyi* (31) n'ont pas été testées sur les échan-

illons de cette étude. Compte tenu de la proximité taxonomique de ce taxon avec *T. simiae* et d'une répartition apparemment étendue sur tout le continent africain, l'éventualité de sa présence dans les sites d'étude des auteurs est aussi envisageable. Les éventuels problèmes techniques, comme des inhibitions résiduelles de l'amplification susceptibles d'être également responsables des problèmes rencontrés dans l'identification de certaines infections, ne peuvent, bien sûr, être exclus.

Une proportion non négligeable (9,6 p. 100) de proboscis négatifs à l'examen parasitologique se sont révélés positifs par PCR. Il paraît peu probable que des trypanosomes soient passés inaperçus au contrôle microscopique du proboscis, à moins qu'ils n'aient été localisés dans la région cibariale (18) et aient diffusé dans des parties dissimulées de la trompe au moment de la dissection. La moitié de ces amplifications sont spécifiques de *T. vivax*. L'initiation du cycle de ce trypanosome au niveau du cibarium et de l'œsophage de la glossine (36) pourrait expliquer le plus grand nombre de cas de détection par PCR de *T. vivax* dans des proboscis de glossines parasitologiquement négatifs (32).

L'analyse des prélèvements sur des animaux montre que la majorité des infections sont dues à *T. vivax* et *T. congolense* type « savane ». De nombreuses souches de *T. vivax* n'ont pas pu être identifiées par PCR. Une sensibilité hypothétiquement moyenne du marqueur moléculaire utilisé (14) et les inhibitions éventuelles ont paru insuffisantes aux auteurs pour justifier que 41,1 p. 100 des infections du type *Duttonella*, parmi lesquelles figuraient des infections massives, n'aient donné aucun signal positif par PCR avec les amorces spécifiques testées. Certaines souches de *T. vivax* circulant dans cette région pourraient ne pas être reconnues par les marqueurs moléculaires utilisés. Des observations similaires en Côte d'Ivoire chez *G. longipalpis* ont montré que seulement 35 p. 100 des infections présumées *Duttonella* ont été identifiées (46).

Des signaux d'amplification avec les amorces spécifiques de *T. congolense* type « savane » ont été obtenus à partir d'échantillons provenant de sept bovins aparasitémiqes, mais pour la plupart suspectés d'être infectés du fait d'un hématoctrite faible et d'un état général faible. Ces animaux exprimaient vraisemblablement une infection naissante ou chronique en phase aparasitémique, indécélable à l'examen microscopique, soulignant l'apport de la technique PCR pour révéler les pauci-infections (19).

■ CONCLUSION

De nombreuses autres études s'avèrent nécessaires pour perfectionner la technique PCR dans le but d'obtenir un outil diagnostique utilisable de manière plus routinière. La préparation d'échantillons à analyser, étape clé dans le protocole car elle conditionne en grande partie la reproductibilité de la technique, mérite d'être encore améliorée pour approcher la sensibilité obtenue avec de l'ADN purifié. L'étude présentée ici a montré qu'une recherche plus fondamentale et plus exhaustive paraît aussi nécessaire pour mettre au point des marqueurs diagnostiques plus « universels » permettant d'identifier la majorité des souches pathogènes, mais également des trypanosomes non pathogènes responsables des difficultés d'analyse des infections chez le vecteur (15).

En dépit de ces lacunes, cette technologie apporte, grâce à la multiplication des applications sur le terrain, de nombreux éléments nouveaux contribuant à la compréhension de l'épizootiologie. D'un point de vue plus fondamental, elle a permis de mieux défi-

nir les relations entre les parasites et leurs vecteurs, en précisant la capacité vectorielle de certaines espèces de glossines, en mettant en évidence les nombreuses infections mixtes chez les différents hôtes, en révélant des couples préférentiels parasites-vecteurs. De telles contributions sont d'une utilité réelle pour permettre de mieux cibler la lutte antivectorielle et de mieux évaluer les conséquences de la lutte contre cette endémie qui demeure une des premières préoccupations de l'élevage en Afrique sub-saharienne.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier tout particulièrement Dr S. M. Touré, directeur général du CIRDES, pour avoir autorisé cette étude conjointement avec les équipes de l'Unité de lutte contre les maladies parasitaires et leurs vecteurs, ainsi que Dr J.L. Frézil, responsable du Laboratoire d'épidémiologie des maladies à vecteurs du Département santé de l'ORSTOM, pour son accueil au sein de son laboratoire.

BIBLIOGRAPHIE

- 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. Parasitol.*, **58**: 32-44.
- BAUER B., 1993. Enquêtes entomologiques et épidémiologiques dans la zone pastorale de Yalé (Sissili). Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, CIRDES, 25 p. (Série de 6 rapports de missions)
- BENGALY Z., GAUTHIER J., ARGIRO L., DELAFOSSE A., DUVALLET G., 1994. Evaluation of antigen detection ELISA for the diagnosis of trypanosomosis in experimentally and naturally infected livestock. In: First research coordination meeting on "use of immunoassay methods for improved diagnosis of trypanosomiasis and monitoring tsetse and trypanosomiasis control programmes", ILRAD, Nairobi, Kenya, February 7-11, 1994.
- BOCQUENTIN R., DUVALLET G., 1990. Amélioration de la reproductibilité du test ELISA adapté à la détection d'anticorps anti-*Trypanosoma congolense* chez les bovins. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **43**: 179-186.
- BOREHAM P.F.L., GILL G.S., 1973. Serological identification of reptile feeds of *Glossina*. *Acta trop.*, **30**: 356-365.
- 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.
- CLAXTON J.R., FAYE J.A., RAWLINGS P., 1992. Trypanosome infections in warthogs (*Phacochoerus aethiopicus*) in The Gambia. *Vet. Parasitol.*, **41**: 179-187.
- D'AMICO F., 1993. Rôle de *Glossina fuscipes fuscipes* Newstead, 1910 dans la transmission des trypanosomoses bovines en Afrique Centrale. Cas de la zone d'élevage d'Ouro-Djafoun. Thèse doct., Université Montpellier II, Montpellier, France, 160 p.
- DELAFOSSE A., BENGALY Z., DUVALLET G., 1996. Utilisation du test ELISA de détection des antigènes circulants de trypanosomes dans la cadre d'un suivi épidémiologique dans la zone de Sidéradougou, Burkina Faso. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **49**: 32-37.
- DESQUESNES M., 1996. Evaluation of three antigen detection tests (monoclonal trapping ELISA) for African trypanosomes, with an isolate of *Trypanosoma vivax* from French Guyana. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **791**: 172-184.
- DESQUESNES M., DE LA ROCQUE 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**: 247-253.
- GIDUDU A.M., CUISANCE D., REIFENBERG J.M., FREZIL J.L., 1995. Contribution à l'étude de l'émission de *Trypanosoma congolense* par *Glossina morsitans morsitans* (Diptera : Glossinidae) au laboratoire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48**: 264-270.
- GIDUDU A.M., CUISANCE D., REIFENBERG J.M., FREZIL J.L., 1996. Emission de *Trypanosoma congolense* dans la salive et dans la goutte anale chez *Glossina morsitans morsitans* et *Glossina tachinoides* (Diptera : Glossinidae) au laboratoire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **42**: 132-140.
- GIBSON W.C., DUKES P., GASHUMBA J.K., 1988. Species-specific DNA probes for the identification of African trypanosomes in tsetse flies. *Parasitology*, **97**: 63-73.
- GOUTEUX J.P., GIBSON W.C., 1996. Detection of infections of *Trypanosoma grayi* in *Glossina fuscipes fuscipes* in the Central African Republic. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, **90**: 555-557.
- GRUVEL J., 1964. Contribution à l'étude écologique de *Glossina tachinoides* Westwood 1850 (Diptera, Muscidae) dans la réserve de Kalamalou, vallée du Bas-Chari. Thèse Doct., Université Paris VI, Orsay, France, 302 p.
- ITARD J., 1981. Les trypanosomoses animales africaines. In : Précis de parasitologie vétérinaire tropicale. Paris, France, Ministère de la Coopération et du Développement, p. 303-370. (Manuels et Précis d'élevage n° 10)
- JEFFERIES D., HELFRICH M.P., MOLYNEUX D.H., 1987. Cribarial infections of *Trypanosoma vivax* and *T. congolense* in *Glossina*. *Parasitol. Res.*, **7**: 289-292.
- KANMOGNE G.D., ASONGANYI T., GIBSON W.C., 1996. Detection of *Trypanosoma brucei gambiense* in serologically positive but aparasitaemic sleeping-sickness suspects in Cameroon, by PCR. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, **90**: 475-483.
- KIMMEL B.E., OLE-MOI-YOI O.K., YOUNG J.R., 1987. Ingi, a 5.2-kb dispersed sequence element from *Trypanosoma brucei* that carries half of a smaller mobile element at either end and has homology with mammalian lines. *Mol. Cell. Biol.*, **7**: 1465-1475.
- KRATZER R.D., ONDIEK F.O., 1989. The buffy-coat centrifugation technique, an improved method for the diagnosis of African trypanosomiasis. In : 20th Meeting CSIRTC, Monbasa, Kenya, April 10-14, 1989.
- KUKLA B.A., MAJIWA P.A.O., YOUNG J.R., MOLOO S.K., OLE-MOI-YOI O.K., 1987. Use of species-specific DNA probes for the identification of trypanosome infection in tsetse flies. *Parasitology*, **95**: 1-16.
- KUPPER W., STAAK C., SPATH J., 1990. Natural hosts of *Glossina tachinoides* (Diptera: Glossinidae) in Northern Côte d'Ivoire. *Trop. Med. Parasitol.*, **41**: 217-218.
- LAVEISSIERE C., BOREHAM P.F.L., 1976. Ecologie de *Glossina tachinoides* Westwood, 1850, en savane humide d'Afrique de l'Ouest. I. Préférences trophiques. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **16**: 187-200.
- 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.
- McNAMARA J.J., LAVEISSIERE C., MASIGA D.K., 1995. Multiple trypanosome infections in wild tsetse in Côte d'Ivoire detected by PCR analysis and DNA probes. *Acta trop.*, **59**: 85-92.
- McNAMARA J.J., SNOW W.F., 1991. Improved identification of *Nannomonas* infections in tsetse flies from The Gambia. *Acta trop.*, **48**: 127-136.
- MAJIWA P.A.O., MAINA M., WAITUMBI J.N., MIHOK S., ZWEYGART E., 1993. *Trypanosoma (Nannomonas) congolense*: molecular characterization of a new genotype from Tsavo, Kenya. *Parasitology*, **106**: 151-162.

29. MAJIWA P.A.O., OLE-MOI-YOI O.K., NANTULYA V.M., 1993. New techniques for diagnosis of the African trypanosomiasis. *AgBiotech, News Inf.*, **5**: 115-120.
30. MAJIWA P.A.O., OTIENO L.H., 1990. Recombinant DNA probes reveal simultaneous infection of tsetse flies with different trypanosomes. *Mol. Biochem. Parasitol.*, **40**: 245-254.
31. MASIGA D.K., McNAMARA J.J., GIBSON W.C., 1996. A repetitive DNA sequence specific for *Trypanosoma (Nannomonas) godfreyi*. *Vet. Parasitol.*, **62**: 27-33.
32. MASIGA D.K., McNAMARA J.J., LAVEISSIERE C., TRUC P., GIBSON W.C., 1996. A high prevalence of mixed trypanosome infections in tsetse flies in Sinfra, Côte d'Ivoire, detected by DNA amplification. *Parasitology*, **112**: 75-80.
33. MASIGA D.K., SMYTH A.J., HAYES P., BROMIDGE T.J., GIBSON W.C., 1992. Sensitive detection of trypanosomes in tsetse flies by DNA amplification. *Int. J. Parasitol.*, **22**: 909-918.
34. MATTIOLI R.C., JEAN O., BELEM A.M.G., 1990. Incidence de la trypanosomose sur la faune sauvage d'un ranch de gibier au Burkina Faso. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **43** : 459-465.
35. MINTER-GOEBDLOED E., LEAKE C.J., MINTER D.M., McNAMARA J., KIMBER C., BASTIEN P., EVANS D.A., LE RAY D., 1993. *Trypanosoma varani* and *T. grayi*-like trypanosomes: development *in vitro* and in insect hosts. *Parasitol. Res.*, **79**: 329-333.
36. MOLOO S.K., GRAY M.A., 1989. New observations on the cyclical development of *Trypanosoma vivax* in *Glossina*. *Acta trop.*, **4**: 167-172.
37. NYEKO J.H.P., OLE-MOI-YOI O.K., MAJIWA P.A.O., OTIENO L.H., OCIBA P.M., 1990. Characterisation of trypanosome isolates from cattle in Uganda using species-specific DNA probes reveals predominance of mixed infections. *Insect Sci. Appl.*, **11**: 271-280.
38. PENCHENIER L., DUMAS V., GREBAUT P., REIFENBERG J.M., CUNY G., 1996. Improvement of blood and fly gut processing for PCR diagnosis of trypanosomiasis. *Parasite*, **4**: 387-389.
39. REIFENBERG J.M., 1996. Etude des relations parasites-hôtes dans l'épidémiologie moléculaire des trypanosomoses bovines au Burkina Faso. Thèse doct., Université Montpellier II, Montpellier, France, 151 p.
40. REIFENBERG J.M., CUISANCE D., FREZIL J.L., CUNY G., DUVALLET G. Comparison of the susceptibility of different *Glossina* species to simple and mixed infections with *Trypanosoma (Nannomonas) congolense* Savannah and Riverine-Forest types. *Med. vet. Entomol.* (sous presse)
41. REIFENBERG J.M., CUISANCE D., GIDUDU A., CUNY G., DUVALLET G., FREZIL J.L., 1996. Evaluation de la capacité vectorielle de *Glossina tachinoides* (Diptera, Glossinidae) vis-à-vis de *Trypanosoma (Nannomonas) congolense* : implications épidémiologiques. *Parasite*, **3** : 267-276.
42. REIFENBERG J.M., SOLANO P., DUVALLET G., CUISANCE D., SIMPORE J., CUNY G. Molecular characterization of the different *Nannomonas* type trypanosomes isolated around Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Vet. Parasitol.* (sous presse)
43. ROBERTS C.J., GRAY A.R., 1972. A comparison of *Glossina morsitans submorsitans* Newst. and *G. tachinoides* West., collected and maintained under similar conditions, as vectors of *Trypanosoma (Nannomonas) congolense*, *T. (N.) simiae* and *T. (Duttonella) vivax*. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, **66**: 41-53.
44. SAIKI R.K., GELFAND D.H., STOFFEL S., SCHARF S.J., HIGUCHI R., HORN G.T., MULLIS K.B., ERLICH H.A., 1987. Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science*, **239**: 487-491.
45. SCHARES G., MELHITZ D., 1996. Sleeping sickness in Zaire: a nested polymerase chain reaction improves the identification of *Trypanosoma (Trypanozoon) brucei gambiense* by specific kinetoplast DNA probes. *Trop. Med. int. Health*, **1**: 59-70.
46. SOLANO P., ARGIRO L., REIFENBERG J.M., YAO Y., DUVALLET G., 1995. Field application of the polymerase chain reaction (PCR) to the detection and characterization of trypanosomes in *Glossina longipalpis* (Diptera: Glossinidae) in Côte d'Ivoire. *Mol. Ecol.*, **4**: 781-785.
47. SOLANO P., REIFENBERG J.M., AMSLER-DELAFOSSÉ S., KABORE I., CUISANCE D., DUVALLET G., 1996. Trypanosome characterization by polymerase chain reaction in *Glossina palpalis gambiensis* and *Glossina tachinoides* from Burkina Faso. *Med. vet. Entomol.*, **10**: 354-358.
48. VERY P., BOCQUENTIN R., DUVALLET G., 1990. Sensibilité de la double centrifugation pour la recherche des trypanosomes. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **43** : 325-329.
49. WOO P.T.K., 1970. The haematocrit centrifuge technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Acta trop.*, **27**: 384-386.
50. WOOLHOUSE M.E.J., McNAMARA J.J., HARGROVE J.W., BEALBY K., 1996. Distribution and abundance of trypanosome (subgenus *Nannomonas*) infections of the tsetse fly *Glossina pallidipes* in Southern Africa. *Mol. Ecol.*, **5**: 11-18.

Reçu le 3.4.97, accepté le 26.6.97

Summary

Reifenberg J.M., Solano P., Bauer B., Kabore I., Cuny G., Duvallet G., Cuisance D. Advantage of the PCR technique in assessing the epidemiology of bovine trypanosomosis: example of the agropastoral development area of Yalé, Burkina Faso

The PCR (polymerase chain reaction) technique was used to identify trypanosomes both in tsetse and infected cattle in the agropastoral development area of Yalé in southern Burkina Faso. Out of 84 parasitologically positive midguts of *Glossina tachinoides*, 50 (*Trypanosoma congolense* savannah and riverine forest types, *T. simiae* and *T. vivax*) were identified by PCR. Using PCR on bovine blood samples, it was found that *T. congolense* savannah type and *T. vivax* were predominant, while the riverine forest type of *T. congolense* could not be detected. Some aparasitaemic but clinically suspected animals reacted positively when specific primers for the savannah type of *T. congolense* were used. The results confirmed the high potential of the PCR technique in detecting cryptic and/or mixed infections in the different hosts. Added to previous studies describing comparable approaches, the present results show that the tools using molecular biology can provide valuable information on the complex relationships between the savannah or riverine forest types of *T. congolense* and their vectors, and also their vertebrate hosts. This probably enables the molecular markers to be considered as pathogenicity markers. Their diagnostic capability and their helpful part in approaching the parasite/host relationship for better control in the field are discussed.

Key words: Cattle - *Glossina* - Trypanosomosis - *Trypanosoma congolense* - *Trypanosoma simiae* - *Trypanosoma vivax* - Polymerase chain reaction - Molecular probe - Host pathogen relation - Vector - Epidemiology - Burkina Faso.

Resumen

Reifenberg J.M., Solano P., Bauer B., Kabore I., Cuny G., Duvallet G., Cuisance D. Aporte de la técnica PCR para una mejor comprensión de la epizootiología de las tripanosomiasis bovinas: ejemplo de la zona de cultivo pastoril de Yalé en Burkina Faso

Se utilizó la técnica de PCR (reacción en cadena de polimerasas) para la identificación de tripanosomas en glosinas y bovinos infectados, originarios de la zona de cultivo pastoril de Yalé, al sur de Burkina Faso. De los 84 intestinos medios parasitológicamente positivos para *Glossina tachinoides* que se analizaron, 50 fueron identificados mediante PCR para (*Trypanosoma congolense* tipos « savana » y « bosque », *T. simiae* y *T. vivax*). En los bovinos la técnica PCR demostró la predominancia de *T. congolense* « savana » y de *T. vivax*. El taxon « bosque » de *T. congolense* no se detectó en el ganado. Ciertos animales aparasitémicos pero sospechosos mostraron señales positivas mediante el PCR con los cebos específicos para *T. congolense* « savana ». Estos resultados confirman el gran interés de la técnica PCR para revelar las « pauci infecciones » y las infecciones mixtas en los diferentes huéspedes. Al igual que aplicaciones similares publicadas anteriormente, este estudio demuestra el aporte de los instrumentos de la biología molecular para la demostración de relaciones complejas de afinidad de los taxones « savana » y « bosque » de *T. congolense* con respecto a sus vectores, pero también con respecto a los huéspedes vertebrados, confirmando, aparentemente, a los marcadores moleculares el valor de marcadores de poder patógeno. Se discuten los puntos relativos al valor diagnóstico y a la contribución para comprender mejor las relaciones huésped-parásito con vistas a una lucha de campo más eficaz.

Palabras clave: Ganado bovino - *Glossina* - Tripanosomosis - *Trypanosoma congolense* - *Trypanosoma simiae* - *Trypanosoma vivax* - Reacción de cadenas de polimerasa - Sonda molecular - Relación huésped patógeno - Vector - Epidemiología - Burkina Faso.

Trypanosomose expérimentale à *Trypanosoma brucei brucei* chez les taurins Holstein et les zébus Bororo blancs

A. Doko^{1,2} A. Verhulst¹ V.S. Pandey^{1*}
P. Van der Stuyft¹

Mots-clés

Bovin Holstein - Zébu White Fulani - *Trypanosoma brucei brucei* - Infection expérimentale - Bénin - Belgique.

Résumé

Des taurins Holstein (n = 6) et zébus Bororo blancs (n = 10) ont été infectés avec AnTat 1.1, un variant antigénique de *T. b. brucei*. Les paramètres cliniques, ainsi que l'hématocrite, la parasitémie, la réponse immune humorale et l'activité hémolytique du complément ont été examinés en vue de préciser l'allure clinique de la trypanosomose à *T. b. brucei* chez ces deux races bovines, ainsi que leur degré de sensibilité. Les animaux des deux races se sont montrés très sensibles à l'infection. Les Holstein ont contracté une maladie aiguë, mortelle en quelques semaines, les zébus Bororo blancs une maladie chronique avec inanition progressive et mort après quelques mois. Chez les zébus, l'anémie est restée beaucoup plus limitée que chez les Holstein, la chute moyenne de l'hématocrite 20 jours après l'infection ayant été seulement de 1,2 ($\pm 0,7$) chez les premiers, contre 11,2 ($\pm 3,6$) chez les seconds. Les animaux des deux races sont tous restés parasitémiques jusqu'à la phase terminale de la maladie. Des anticorps trypanolytiques AnTat 1.1-spécifiques ont été produits en grande quantité, mais sans corrélation apparente avec le degré de résistance. L'infection à *T. b. brucei* a induit une hypocomplémentémie persistante chez les deux races. Les valeurs minimales du complément étaient de 692 (± 232) unités CH50/ml au jour 14 chez les Holstein (soit 42 p. 100 du niveau initial avant infection) et de 846 (± 140) unités CH50/ml au jour 84 chez les zébus (soit 79 p. 100 du niveau initial). Les présentes investigations indiquent que le comportement des zébus Bororo blancs et Holstein est très différent de celui observé antérieurement chez les bovins Lagunaire et Borgou soumis à un protocole expérimental similaire. Les variations individuelles sont importantes chez toutes les races étudiées.

■ INTRODUCTION

La trypanosomose bovine est endémique au Bénin. Une étude récente a montré que la prévalence sérologique de la trypanosomose

bovine y atteint 84 p. 100 et que l'infection se rencontre chez toutes les races bovines, telles les races Borgou, Lagunaire, Somba, zébu Bororo blanc, et ses croisements, avec des incidences variables en fonction de la race et de la région (7). Des infections standardisées avec AnTat 1.1, un variant antigénique de *Trypanosoma brucei brucei*, ont montré que les races Borgou et Lagunaire présentent un niveau élevé de trypanotolérance, avec toutefois de grandes variations intra-raciales (8). Ces deux races occupent surtout les régions à forte pression glossinaire. Ces mêmes régions sont de plus en plus occupées par des éleveurs de zébus Bororo blancs. Parmi ces zébus classiquement réputés très sensibles aux trypanosomoses, il semble apparaître des popula-

1. Institut de médecine tropicale Prince Léopold, Nationalestraat 155, B-2000 Antwerpen, Belgique

2. Faculté des sciences agronomiques, Université nationale du Bénin, BP 526, Cotonou, Bénin

* Auteur pour la correspondance : Fax : 32 3 216 14 31

E-mail : animprod@vet.itg.be

tions isolées présentant un gradient de sensibilité aux trypanosomes. On sait en effet que la trypanotolérance a un déterminisme génétique entretenu et lié à l'intensité de la pression sélective (9). L'objectif du présent travail a été d'étudier expérimentalement la trypanosomose à *T. b. brucei* chez les zébus Bororo blancs, en comparaison avec les bovins taurins de race Holstein réputés très sensibles. Les deux races étudiées présentent chacune un intérêt particulier pour l'augmentation de la production laitière du Bénin. Parmi les zébus de l'Afrique occidentale et centrale, la race Bororo blanc est une des meilleures laitières, tandis que la race Holstein, laitière exotique confirmée, est pressentie pour le croisement aux fins d'amélioration de l'aptitude laitière des races locales. La même méthodologie expérimentale que pour l'étude des races Borgou et Lagunaire a été utilisée (8).

■ MATERIEL ET METHODES

Animaux

L'expérience a porté sur 21 bovins adultes (2-8 ans) mâles et femelles de races zébu Bororo blanc (n = 13, dont 10 infectés et 3 témoins non infectés) et Holstein (n = 8, dont 6 infectés et 2 témoins non infectés).

Les zébus étaient originaires d'une région où la trypanosomose est endémique. Ils avaient été transférés à la ferme de la Faculté des sciences agronomiques à Cotonou, Bénin, où le risque trypanosomien était quasi nul au moment de l'expérimentation. Ils étaient nourris au pâturage naturel sans complémentation et abreuvés à volonté. Un mois avant le test, ils avaient été vermifugés au thia-bendazole et traités à l'acéturate de diminazène (Berenil, Hoechst). Au moment de l'infection expérimentale, tous les animaux étaient cliniquement sains et l'examen du *buffy coat* était négatif.

Les taurins Holstein provenaient de la ferme universitaire de Melle, Belgique, où ils ont été maintenus à l'étable dans des boxes individuels. L'aliment distribué deux fois par jour était constitué d'ensilage de maïs. L'eau était servie à volonté à l'aide d'abreuvoirs automatiques individuels.

Infection expérimentale

Un cryostabilat d'AnTat 1.1, un variant de *Trypanosoma brucei brucei* MAVUBWE/66/EATRO 1125 (5), a été réactivé sur souris. Au troisième jour, le sang d'une des deux souris a été prélevé par ponction cardiaque. Ce sang a été dilué dans du tampon PSG jusqu'à l'obtention d'une suspension de 5 trypanosomes par champ (G X 200) et injecté sous la peau derrière l'oreille à raison de 1 ml par bovin, correspondant à une dose infectante de 75×10^6 trypanosomes.

Prélèvements

A l'aide d'un tube vacutainer sec, 10 ml de sang étaient prélevés sur chaque animal au niveau de la jugulaire, avant l'inoculation (J_0) puis tous les 1-2 jours jusqu'au jour 15, ensuite 1-2 fois par semaine jusqu'au jour 40 pour les Holstein et jour 153 pour les Bororo blancs. Le sérum obtenu après centrifugation était immédiatement réparti en aliquots de 1,5 ml et stocké à -70°C . Deux millilitres de sang étaient prélevés simultanément dans un tube hépariné pour l'établissement de l'hématocrite et pour l'examen parasitologique.

Analyses

L'hématocrite a été déterminé dans des tubes à microhématocrite héparinés. La parasitémie a été établie en examinant une goutte de *buffy coat* obtenu après la microcentrifugation. La parasitémie a été exprimée en nombre moyen de trypanosomes par champ sur 20 champs observés (G X 400).

La titration des anticorps trypanolytiques AnTat 1.1-spécifiques a été réalisée selon la méthode décrite par Van Meirvenne et coll. (22). L'activité hémolytique du complément par une voie alterne a été déterminée selon le protocole décrit par Pandey et coll. (18). C'est une modification de la méthode de Liu et Young (2) qui ne nécessite ni centrifugation ni transfert des échantillons et peut être réalisée en plaques à microtitration.

■ RESULTATS

Les résultats des paramètres étudiés sont présentés par des graphiques synoptiques que les auteurs ont appelé « trypanogrammes » (figures 1 et 2).

Signes cliniques

Tous les animaux inoculés avec *T. brucei brucei* AnTat 1.1 ont contracté une maladie sévère, tandis que tous les animaux témoins non inoculés sont restés en bon état de santé pendant toute la durée des observations.

Les taurins Holstein ont contracté une trypanosomose typique à allure aiguë ayant nécessité un traitement *in extremis* de quatre sujets au jour 40, les deux autres ayant succombé auparavant en présentant des infections intercurrentes (broncho-pleuropneumonie sérofibrineuse, polyarthrite).

Les zébus Bororo blancs ont présenté une trypanosomose à allure chronique, caractérisée par des hypertrophies ganglionnaires importantes, une dégradation de l'état général avec amaigrissement progressif et apparition d'infections intercurrentes (dermatophilose généralisée), aboutissant à la mort entre 7 et 14 mois.

Hématocrite

Les zébus ont contracté une anémie très modérée. Les taurins Holstein ont manifesté par contre une anémie sévère. Chez ces derniers, l'hématocrite subit une chute rapide qui se poursuit jusqu'au jour 26. Par la suite, l'hématocrite se stabilisa et présenta même une certaine remontée. La chute moyenne de l'hématocrite 20 jours après l'infection était de $1,2 (\pm 0,7)$ chez les zébus et de $11,2 (\pm 3,6)$ chez les Holstein.

Parasitémie

Tous les animaux inoculés ont présenté une parasitémie fluctuante. Les taurins Holstein ont contracté une parasitémie élevée avec une succession régulière de pics jusqu'à la phase terminale. La parasitémie des zébus était proportionnellement moins élevée, mais elle était continue au cours des 40 premiers jours et est devenue par la suite intermittente jusqu'à l'issue fatale de la maladie. Les cinq témoins non inoculés sont restés négatifs.

Anticorps trypanolytiques AnTat 1.1-spécifiques

Avant l'inoculation au J_0 , aucun des animaux n'a présenté d'anticorps lytiques dirigés contre AnTat 1.1. Ces derniers sont apparus dès les jours 6-7 après l'infection et des titres élevés de 256 et 512 ont été diversement enregistrés à partir du jour 9.

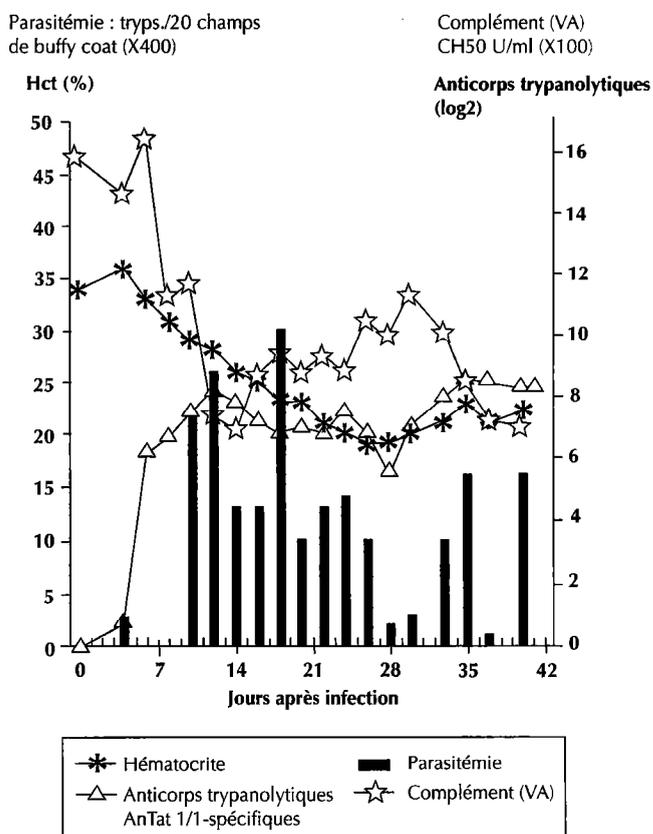


Figure 1 : trypanogramme donnant le profil racial des taureaux Holstein infectés expérimentalement avec *T. b. brucei* AnTat 1.1.

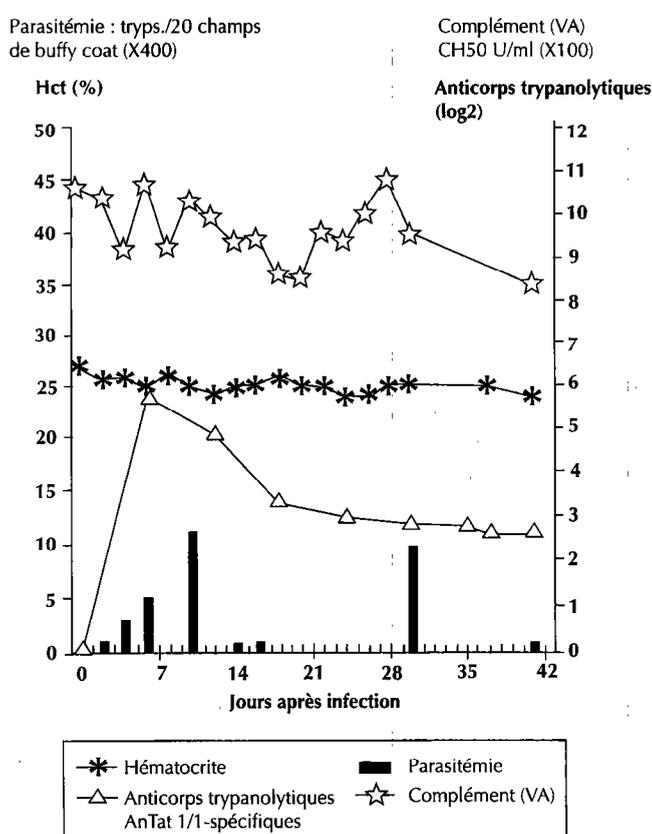


Figure 2 : trypanogramme donnant le profil racial des zébus Bororo blancs infectés expérimentalement avec *T. b. brucei* AnTat 1.1.

Les anticorps se sont maintenus en plateau élevé pendant plusieurs semaines. En phase terminale au jour 40, les Holstein avaient encore un titre moyen supérieur à 256 ; au même jour, les zébus n'avaient plus qu'un titre moyen de 8.

Complément (voie alterne)

Chez les zébus, le complément a présenté une légère tendance à la baisse. Il oscillait entre 1 068 (\pm 273) et 846 (\pm 140) unités CH50/ml. Chez les Holstein, le complément a subi une chute rapide au cours de la seconde semaine, de 1 643 (\pm 487) unités CH50/ml au jour 6 à 692 (\pm 232) unités CH50/ml au jour 14. Malgré une légère remontée passagère au cours de la troisième et de la quatrième semaine, le complément des Holstein est resté très bas jusqu'à la phase terminale. Les valeurs minimales du complément ont été enregistrées au jour 14 chez les Holstein (692 \pm 232 unités CH50/ml) et au jour 84 chez les zébus (846 \pm 140 unités CH50/ml).

■ DISCUSSION

L'inoculation d'AnTat 1.1 a induit une maladie fatale chez les zébus Bororo blancs et chez les Holstein. Toutefois, l'aspect clinique était très différent entre les deux races. Les zébus ont contracté une maladie chronique conduisant à l'inanition progressive et à la mort après plusieurs mois. Les Holstein ont contracté une maladie aiguë mortelle en moins de six semaines. Morrison et

coll. (11) ont également décrit des maladies mortelles chez des bovins Frison (autre rameau de la même race que les Holstein) infectés avec des formes sanguicoles de *T. b. brucei*. Mais ils ont relevé un temps de survie dépassant cinq mois. Ces durées de survie discordantes pourraient être attribuées à des différences de virulence des souches infectantes de *T. brucei* et/ou à des différences génétiques entre Frison et Holstein.

Par ailleurs, l'aspect clinique de la maladie expérimentale chez les zébus Bororo blancs et chez les Holstein était très différent de celui observé antérieurement par les auteurs sur des bovins de races Lagunaire et Borgou au Bénin, infectés avec AnTat 1.1 selon le même protocole expérimental (8). Les animaux appartenant à ces deux races réputées trypanotolérantes développent une maladie bénigne suivie de guérison spontanée.

La chute de l'hématocrite a été faible chez les zébus et brutale chez les Holstein. Chez ces derniers, l'hématocrite s'est stabilisé à des valeurs basses à partir de la troisième semaine. Ces observations corroborent celles de Pinder et coll. (19), Roelants et coll. (20), Olubayo et coll. (16) et Paling et coll. (17). Elles concordent également avec celles d'Authié et Pobel (1) qui indiquent que l'hématocrite décroît avec l'apparition de la parasitémie et fluctue au cours de la maladie avec même une tendance au rétablissement des valeurs normales chez les individus plus résistants. Dans la présente infection expérimentale standardisée, initiée à l'aide d'un variant bien déterminé de *T. b. brucei*, les deux races réputées sensibles se sont différenciées très nettement entre elles : l'hématocrite a subi une chute brutale chez les Holstein et une réduction à peine perceptible chez les zébus.

Chez les deux races, la parasitémie est restée positive jusqu'à l'issue fatale de la maladie ou le traitement au Berenil. Ceci est en contraste total avec les observations faites par les auteurs sur des bovins de races Lagunaire et Borgou soumis au même protocole expérimental (8). Ces derniers ont en effet éliminé spontanément les parasites dans les 2-4 semaines suivant l'infection expérimentale. La persistance des parasites jusqu'à la mort ou le traitement au Berenil chez les animaux sensibles a également été observée par d'autres auteurs (4, 13, 16, 17).

Dans les conditions de l'étude, la différence de susceptibilité entre les zébus Bororo blancs (un zébu Ouest-africain) et les Holstein (taurin européen) est très remarquable. Cette différence est associée au patrimoine génétique et/ou à l'antécédent infectieux, car les bovins qui survivent après une exposition naturelle avec ou sans chimiothérapie sont plus résistants à une nouvelle infection (3).

Tous les animaux infectés ont produit des anticorps spécifiques contre le variant inoculé, avec des titres élevés et persistants pendant plusieurs semaines. Toutefois, le moment d'apparition d'anticorps et l'intensité de la réponse immunitaire n'ont donné aucune différence significative entre les deux races bovines étudiées. Or, Demey (5), travaillant sur différentes lignées de souris consanguines, avait indiqué que les souris trypanotolérantes développaient une réponse en anticorps plus importante et plus précoce. Les observations sur souris ne se confirment donc pas sur bovins. Mais les constatations faites dans cette étude se rapprochent par contre de celles de Murray (12) qui rapporte que la variabilité de la réaction immunitaire ne peut être attribuée à des différences innées.

Le degré d'altération de l'activité hémolytique du complément par voie alterne au cours des trois premières semaines, ainsi que le degré d'anémie dans la même période reflètent la sévérité de la maladie présentée par les taurins Holstein. L'hypocomplémentémie des zébus est beaucoup moins marquée mais le complément n'a présenté aucune tendance effective à la récupération des valeurs initiales au cours de l'infection. Ceci contraste avec les observations faites antérieurement par les auteurs sur les bovins Lagunaire et Borgou, réputés trypanotolérants, infectés selon le même protocole (8). Chez ces derniers, l'activité du complément a subi également une chute au cours des deux premières semaines suivant l'infection expérimentale, puis est remontée au cours de la troisième semaine de l'infection, pour dépasser largement les valeurs initiales d'avant l'infection. L'hypocomplémentémie persistante chez les animaux trypanosensibles a également été observée par Musoke et Barbet (14), Rurangirwa et coll. (21), Devine et coll. (6), et Verhulst (23). C'est aussi l'avis d'Authié et Pobel (1) qui, travaillant sur des bovins de races trypanotolérante Baoulé et trypanosensible Zébu du Burkina Faso sous exposition naturelle, ont montré que les titres de l'activité hémolytique du complément chutent dans les deux et trois premières semaines de l'infection et ne présentent aucune tendance à regagner les valeurs normales, sauf chez les individus plus résistants. Quatorze jours après le traitement au Berenil, les Holstein récupérèrent 60 p. 100 de leur niveau moyen initial de complément, indiquant que la déplétion du complément est dépendante des vagues parasitémiques successives.

Les deux taurins Holstein morts aux jours 14 et 33 avaient respectivement des taux de complément de 21 p. 100 et 26 p. 100 du niveau initial. Chez les zébus, les signes des affections opportunistes survinrent après 12 semaines d'infection. Le complément a atteint son niveau le plus bas à ce moment-là. Cela suggère que l'hypocomplémentémie est en partie responsable de

la plus grande susceptibilité des animaux trypanosomés aux affections intercurrentes. Cette opinion corrobore les observations rapportées par Rurangirwa et coll. (21) et Nielsen et coll. (15).

Il existe un phénomène complexe et encore mal connu entre les différents mécanismes de défense de l'hôte visant à éliminer le parasite et l'influence du parasite sur ces mécanismes (10). Si les effets de l'hypocomplémentémie peuvent être estimés, le mécanisme par lequel l'hôte en limite le catabolisme reste à élucider.

■ CONCLUSION

Les bovins de races zébu Bororo blanc et Holstein sont très sensibles à l'infection induite par le variant AnTat 1.1 de *T. b. brucei*. Les Holstein contractent une maladie aiguë, mortelle en quelques semaines, les zébus Bororo blancs une maladie chronique avec inanition progressive et mort après plusieurs mois seulement. Les Holstein contractent une anémie prononcée avec une chute brutale des valeurs de l'hématocrite, à l'opposé des zébus Bororo blancs qui ne montrent ni anémie clinique, ni chute appréciable de l'hématocrite. Par contre, les zébus Bororo blancs et Holstein se rapprochent les uns des autres aussi bien par leur incapacité à contrôler la parasitémie qu'à restaurer les niveaux initiaux du complément dégradé au cours de l'infection.

Ainsi le comportement de ces deux races est-il très différent de celui des races Lagunaire et Borgou étudiées antérieurement. Chez ces dernières, les animaux infectés contractent une maladie très bénigne avec guérison spontanée, élimination naturelle des parasites et remontée du complément consommé au cours des premiers pics parasitaires, le niveau du complément des jours 20-25 après l'infection dépassant largement les niveaux initiaux d'avant l'infection.

Remerciements

Les auteurs remercient le Laboratoire de sérologie parasitaire de l'Institut de médecine tropicale (Anvers) pour la fourniture de l'antigène AnTat 1.1 de *T. b. brucei*, l'Union européenne pour le financement des études à travers le projet TS2-B (GDF), ainsi que M. Rudy Baelmans pour son assistance technique.

BIBLIOGRAPHIE

1. AUTHIE E., POBEL T., 1990. Serum haemolytic complement activity and C3 levels in bovine trypanosomiasis under natural conditions of challenge - early indicator of individual susceptibility to disease. *Vet. Parasitol.*, **35**: 43-59.
2. LIU C.-C., YOUNG J. D.-E., 1988. A semi-automated microassay for complement activity. *J. Immunol. Methods*, **113**: 33-39.
3. CLAUSEN P.H., SIDIBE I., BASSINGA A., RICHARD X., BAUER B., POLITZAR H., 1993. Pathogenesis and pathology of African trypanosomiasis in Baoule, N'Dama/Baoule cross breed and Zebu cattle in Burkina Faso: clinical performance under high natural tsetse challenge. *Trop. Med. Parasitol.*, **44**: 99-107.
4. DARGIE J.D., MURRAY P.K., GRINSHAW W.T.R., MCINTYRE W.I.M., 1979. Bovine Trypanosomiasis: the red cell kinetics of N'Dama and Zebu cattle infected with *Trypanosoma congolense*. *Parasitology*, **78**: 271-286.
5. DEMEY F., 1987. Contribution à l'étude des paramètres pour l'identification et la sélection d'animaux trypanotolérants. Thèse Ph.D.2, Institut de médecine tropicale, Anvers, Belgique, p. 201.

6. DEVINE DANA V., FALK RONALD J., BALBER ANDREW E., 1986. Restriction of the alternative pathway of human complement by intact *Trypanosoma brucei* subsp. *gambiense*. *Infect. Immun.*, **52**: 223-229.
7. DOKO A.S., GUEDEGBE B., BAELMANS R., DEMEY F., N'DIAYE A., PANDEY V.S., VERHULST A., 1991. Trypanosomiasis in different breeds of cattle from Benin. *Vet. Parasitol.*, **40**: 1-7.
8. DOKO A.S., VERHULST A., PANDEY V.S., VAN DER STUYFT P., 1997. Artificially induced *Trypanosoma brucei brucei* infection in Lagune and Borgou cattle in Benin. *Vet. Parasitol.*, **67**: 151-157.
9. DOLAN R.B., 1987. Genetics and Trypanotolerance. *Parasitol. Today*, **3**: 137-143.
10. KLAUS H. NIELSEN, 1985. Complement in trypanosomiasis. In: Tizard I.R. ed., The immunology and pathogenesis of trypanosomiasis. (Florida) USA, CRC Press, p. 133-144.
11. MORRISON W.I., MURRAY M., WHITELAW D.D., SAYER P.D., 1983. Pathology of infection with *Trypanosoma brucei*: disease syndromes in dogs and cattle resulting from severe tissue damage. In: Gigase P.L., Van Mark A.E. eds., From parasitic infection to parasitic disease. Contributions to Microbiology and Immunology. Basel, Switzerland, S. Krager, p.103-119.
12. MURRAY M., 1987. La trypanotolérance : critères et influences génétiques et environnementales. Production animale dans les régions infestées par les glossines. In : Compte rendu de réunion, Nairobi, Kenya, 23-27 novembre 1987. Nairobi, Kenya, ILCA/ILRAD, p. 149-167.
13. MURRAY M., CLIFFORD D.J., GETTINBY G., SNOW W.F., McINTYRE W.I.M., 1981. Susceptibility to African trypanosomiasis of N'Dama and Zebu cattle in area of *Glossina morsitans submorsitans* challenge. *Vet. Rec.*, **109**: 503-510.
14. MUSOKE A.J., BARBET A.F., 1977. Activation of complement by variant specific surface antigen of *Trypanosoma brucei*. *Nature*, **270**: 438-440.
15. NIELSEN K., SHEPPARD J., HOLMES W., TIZARD I., 1978. Changes in serum immunoglobulins, complement and complement components in infected animals. *Immunology*, **35**: 817-826.
16. OLUBAYO R.O., GROOTENHUIS J.G., RURANGIRWA F.R., 1990. Susceptibility of African buffalo and Boran cattle to intravenous inoculation with *Trypanosoma congolense* (IL1180) bloodstream forms. *Trop. Med. Parasitol.*, **41**: 181-184.
17. PALING R.W., MOLOO S.K., SCOTT J.R., McODIMBA F.A., LOGAN-HENFREY L.I., MURRAY M., WILLIAMS D.J.L., 1991. Susceptibility of N'Dama and Boran cattle to tsetse-transmitted primary and rechallenge infections with a homologous serodeme of *Trypanosoma congolense*. *Parasite Immunol.*, **13**: 413-425.
18. PANDEY V.S., VERHULST A., DEMEY F., 1993. Effect of low temperature storage on the haemolytic complement of cattle and sheep. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, **37**: 337-341.
19. PINDER M., LIBEAU G., HIRSCH G., TAMBOURA I., HAUCK-BAUER R., ROELANTS G.E., 1984. Anti-trypanosome specific immune responses in bovids of differing susceptibility to African trypanosomiasis. *Immunology*, **51**: 247-258.
20. ROELANTS G.E., TAMBOURA I., SIDIKI D.B., BASSINGA A., PINDER M., 1983. Trypanotolerance. An individual not a breed character. *Acta Trop.*, **40**: 99-104.
21. RURANGIRWA F.R., TABEL H., LOSOS G., TIZARD I.R., 1980. Haemolytic complement and serum C3 levels in Zebu infected with *Trypanosoma congolense* and *Trypanosoma vivax* and the effect of trypanocidal treatment. *Infect. Immun.*, **27**: 832-836.
22. VAN MEIRVENNE N., JANSSENS P.G., MAGNUS E., 1975. Antigenic variation in syringe passaged populations of *Trypanosoma (Trypanozoon) brucei* - 1. Rationalization of the experimental approach. *Ann. Soc. Belge Méd. trop.*, **55**: 1-23.
23. VERHULST A., 1995. La trypanotolérance du bétail bovin, ovin et caprin en Afrique. Recherche sur son déterminisme génétique et sur l'identification et la sélection d'animaux trypanotolérants. Summary of the final report. Second Programme, Science & Technology for Development, Brussels, Belgium, ACP-EU. Wageningen, The Netherlands, CTA, p. 148-152.

Reçu le 24.10.96, accepté le 2.6.97

Summary

Doko A., Verhulst A., Pandey V.S., Van der Stuyft P. Experimental *Trypanosoma brucei brucei* infection in Holstein and white Bororo zebu cattle

Holstein (n = 6) and white Bororo zebu cattle (n = 10) were experimentally infected with AnTat 1.1, an antigenic variant of *Trypanosoma brucei brucei*. Clinical signs, packed cell volume (PCV), parasitaemia, humoral immune response and haemolytic complement were monitored to study the clinical evolution and the degree of susceptibility of both breeds to *T. b. brucei* trypanosomiasis. Animals of both breeds were highly susceptible to the infection. Holstein developed an acute disease, lethal within a few weeks, whereas white Bororo zebus developed a chronic disease with progressive inanition and death after a few months. The drop in PCV 20 days post infection was 1.2 ± 0.7 in zebu and 11.2 ± 3.6 in Holstein, indicating that zebus resisted the anaemia better than Holstein. Animals from both breeds remained parasitaemic till the terminal phase of the disease. Large quantities of AnTat 1.1 specific trypanolytic antibodies were produced during the infection, but titres were not correlated with the level of resistance. In both breeds the infection induced persistent hypocomplementaemia. The lowest complement level was 692 ± 232 units HC50/ml on day 14 post infection in Holstein (representing 42% of the initial level at day 0) and 846 ± 140 units HC50/ml on day 84 post infection in zebus (representing 79% of the initial level). The present study indicates that the responses of white Bororo zebu and Holstein cattle are quite different from those previously observed in Lagune and Borgou cattle submitted to a similar experimental infection protocol. Individual variations are important in all breeds studied.

Key words: Holstein cattle - White Fulani zebu - *Trypanosoma brucei brucei* - Experimental infection - Benin - Belgium.

Resumen

Doko A., Verhulst A., Pandey V.S., Van der Stuyft P. Trypanosomiasis experimental por *Trypanosoma brucei brucei* en los taurinos Holstein y los cebúes Bororo blancos

Se infectaron taurinos Holstein (n = 6) y cebúes Bororo blancos con AnTat 1.1, una variante antigénica de *T. b. brucei*. Con el fin de determinar el cuadro clínico de la tripanosomiasis por *T. b. brucei* en estas dos razas bovinas, así como el grado de sensibilidad, se examinaron los parámetros clínicos, el hematocrito, la parasitemia, la respuesta inmune humoral y la actividad hemolítica del complemento. Los animales de estas dos razas se mostraron muy sensibles a la infección. Los Holstein presentaron una enfermedad aguda, mortal en algunas semanas, los cebúes Bororo blancos una enfermedad crónica con inanición progresiva y muerte después de varios meses. En los cebúes, la anemia fue mucho más limitada que en los Holstein, la caída promedio del hematocrito 20 días post infección fue únicamente de $1,2 (\pm 0,7)$, contra $11,2 (\pm 3,6)$ en los últimos. Los animales de las dos razas se mantuvieron parasitémicos hasta la fase terminal de la enfermedad. Se produjeron una gran cantidad de anticuerpos tripanolíticos AnTat 1.1 específicos, pero sin correlación aparente con el grado de resistencia. La infección por *T. b. brucei* llevó a una « hipocomplementemia » persistente en las dos razas. Los valores mínimos del completo fueron de $692 (\pm 232)$ unidades CH50/ml al día 14 en los Holstein (es decir 42% del nivel inicial pre infección) y de $846 (\pm 140)$ unidades CH50/ml al día 84 en los cebúes (es decir 79% del nivel inicial). Estos estudios indican que el comportamiento de los cebúes Bororo blanco y de los Holstein es muy diferente del observado anteriormente en los bovinos Lagunares y Borgú, sometidos a un protocolo experimental similar. Las variaciones individuales son importantes en todas las razas estudiadas.

Palabras clave: Bovino Holstein - Cebú White Fulani - *Trypanosoma brucei brucei* - Infección experimental - Benin - Belgica.

Evaluation de quatre tests de diagnostic : frottis sanguins, CATT, IFI et ELISA-Ag dans l'étude de l'épidémiologie de la trypanosomose cameline à *Trypanosoma evansi* en Mauritanie

M.L. Dia¹ N. Van Meirvenne² E. Magnus²
A.G. Luckins³ C. Diop¹ A. Thiam¹
P. Jacquet⁴ R. Hamers⁵

Mots-clés

Dromadaire - *Trypanosoma evansi* - Réaction d'agglutination - Immunofluorescence - Test ELISA - Région agroclimatique - Conduite du troupeau - Epidémiologie - Mauritanie.

Résumé

Une enquête sur l'épidémiologie de la trypanosomose cameline à *T. evansi* en Mauritanie a été conduite sur 2 078 dromadaires de tous âges dans quatre régions (Trarza, Gorgol, Adrar, Hodh El Chargui) à caractéristiques climatiques et écologiques différentes. La prévalence de l'infection a été déterminée par l'examen de frottis sanguins et par trois tests sérologiques, le *card agglutination test for trypanosomosis* (CATT), l'immunofluorescence indirecte (IFI) pour la détection d'anticorps et l'*enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA) pour la détection d'antigènes. La prévalence globale de l'infection était de 1,4 p. 100 à l'examen parasitologique. La séroprévalence était de 16,5 p. 100 au CATT, de 24,3 p. 100 à l'IFI et de 14, 1 p. 100 à l'ELISA-Ag. La prévalence variait selon la région, la stratégie de conduite d'élevage pratiquée par les éleveurs, les troupeaux et l'âge des animaux. Cette enquête a montré que la trypanosomose cameline était présente en Mauritanie, surtout dans les zones boisées, près des cours d'eau fréquentés par les animaux.

■ INTRODUCTION

La Mauritanie est un pays quasi désertique où les conditions physiques, climatiques et socioculturelles sont particulièrement favorables à l'élevage des dromadaires. On estime son cheptel à 1 050 000 dromadaires (8).

La trypanosomose à *Trypanosoma evansi* est considérée comme une pathologie dominante des dromadaires (14). Elle est appelée localement « Tabourit » par les éleveurs mauritaniens qui l'associent, à tort ou à raison, avec certaines manifestations cliniques. Pourtant, les symptômes de la trypanosomose cameline ne sont pas pathognomoniques. Or, pour maîtriser une infection, un diagnostic sensible et spécifique est nécessaire. Observer *T. evansi* dans le sang périphérique des animaux étant fastidieux, de nombreux tests ont été mis au point pour combler les lacunes de l'examen du frottis sanguin dans le diagnostic de cette maladie (1, 2, 11, 12, 13, 16, 19, 22, 23, 26). Ces tests ont toutefois une spécificité, une sensibilité et une utilisation pratique sur le terrain différentes les unes des autres (20).

Dans la présente étude, quatre tests (examen de frottis sanguins, CATT, IFI et ELISA-Ag) ont été utilisés dans l'étude de l'épidémiologie de la trypanosomose cameline en Mauritanie.

1. CNERV, BP 167, Nouakchott, Mauritanie
2. Institut de Médecine Tropicale Prince Léopold, Nationalestraat 155, B-2000 Anvers, Belgique
3. CTVM, Easter Bush, Midlothian, Edinburgh EH25 9RG, United Kingdom
4. Laboratoire de parasitologie, Ecole nationale vétérinaire de Toulouse, 23, chemin des Capelles, 31076, Toulouse, France
5. Instituut Voor Moleculaire Biologie, VUB Paardenstraat 65, B-1640 Saint-Genesius Rode, Belgium

Four diagnosis tests in the epidemiology of camel trypanosomosis

■ MATERIEL ET METHODES

Zones d'enquêtes

L'étude couvrait quatre régions (figure 1), de climat et d'écologie différents où l'élevage des camélins est de type traditionnel et extensif.

Trarza

Cette région, à vocation pastorale, peut être divisée en deux zones : une zone sud avec des collections d'eau permanentes (fleuve Sénégal, Lac R'Kiz) ou temporaires, et une zone nord, sèche et dunaire. La pluviométrie annuelle est comprise entre 150 et 250 mm, les températures minimales et maximales moyennes

sont de 20,4°C et 36,1°C et l'humidité relative minimale et maximale moyenne est de 24 p. 100 et 71 p. 100. La végétation est composée d'un tapis herbacé (*Cenchrus biflorus*, *Aristida* et *Eragrostis* spp., etc.) et de ligneux (*Acacia senegal*, *Balanites aegyptiaca*, etc.).

Deux modes d'élevage camélin y sont pratiqués : l'élevage qui reste dans le sud de la région ou qui y descend en période de soudure (stratégie sud) et celui qui est confiné au nord toute l'année pour fuir les zones à « mouches » (stratégie nord).

Gorgol

C'est une région à vocation agricole. La pluviométrie annuelle est supérieure à 200 mm. Les températures minimales et maximales

■ PATHOLOGIE PARASITAIRE

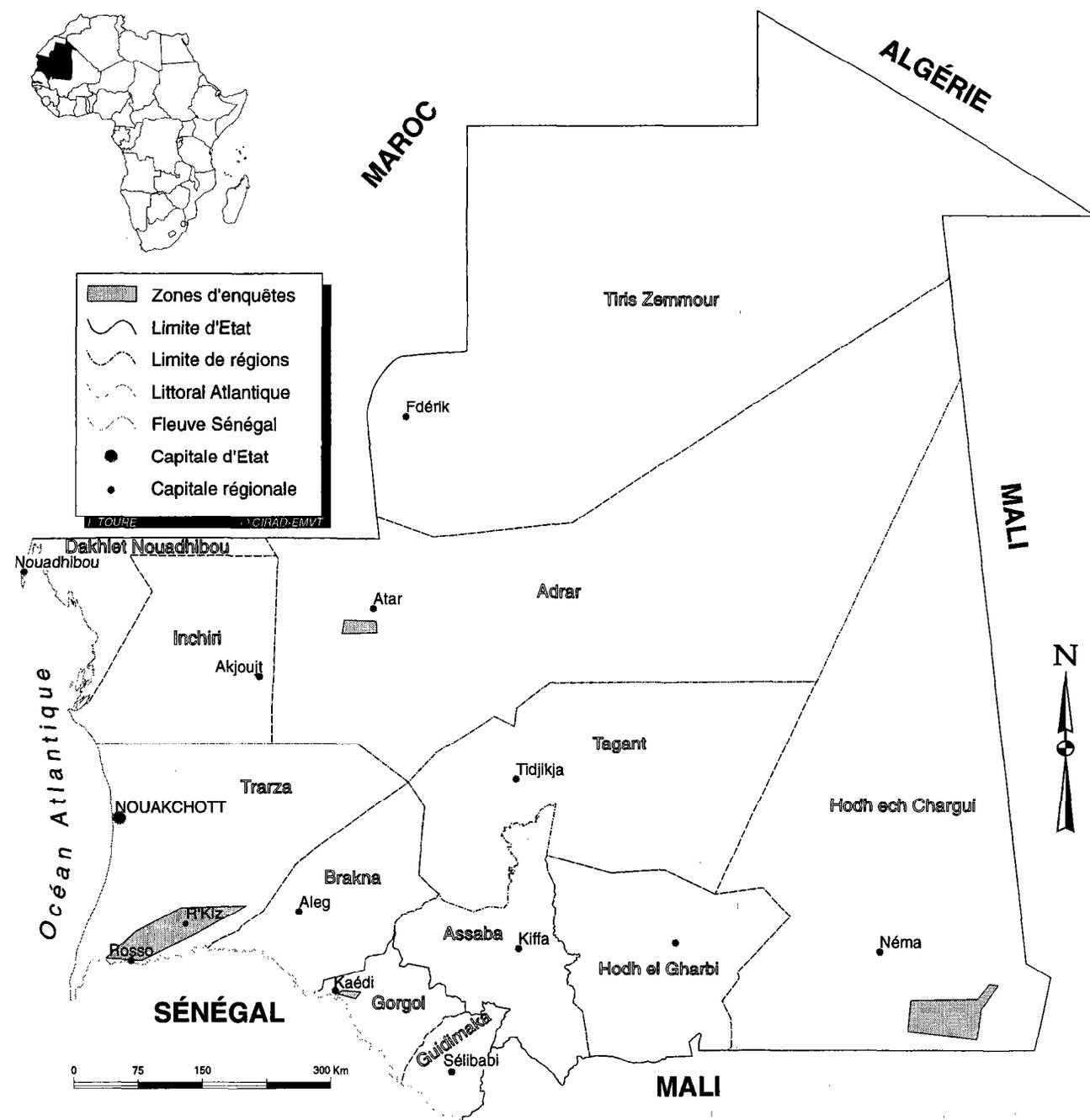


Figure 1 : origine des dromadaires enquêtés.

moyennes sont de 24,3°C et 36,7°C. L'humidité relative minimale et maximale moyenne est de 27 p. 100 et 50 p. 100. La végétation est composée de graminées à cycle court et de ligneux clairsemés (*Acacia*, *Boscia senegalensis*, *Bauhinia rufescens*, *B. aegyptiaca*, etc.)

Hodh El Chargui

La pluviométrie annuelle est comprise entre 250 et 350 mm. Les températures moyennes minimales et maximales sont de 24,0°C et 37,3°C. La région est très riche en pâturages avec des graminées pérennes (*Aristida pungens*, *Panicum turgidum*, etc.) et annuelles (*Cenchrus biflorus*, etc.). C'est une région d'élevage par excellence mais d'importantes ressources pastorales ne sont pas exploitées par manque de points d'eau pour abreuver les animaux.

Adrar

C'est une région désertique, avec d'importantes oasis. La pluviométrie moyenne de 1970 à 1995 était de 68 mm. Les températures minimales et maximales sont de 21,2°C et 35,6°C, mais de nombreuses données mensuelles des températures maximales manquent. L'humidité relative minimale et maximale moyenne est de 15 p. 100 et 42 p. 100.

Echantillonnage

Au total 2 078 dromadaires (tableau I) ont été prélevés au hasard des rencontres et du bon vouloir de l'éleveur ou du berger, contre des dons en produits vétérinaires ou alimentaires. Ils ont été regroupés en cinq classes d'âge (< 1 ; 1-2 ; 2-5 ; 5-10 ; > 10 ans) et provenaient de 84 troupeaux. Trente-trois pour-cent des animaux étaient âgés de moins de 5 ans, le reste, 67 p. 100, était donc des adultes. Les mâles représentaient le quart de l'effectif.

Le Trarza est une région proche de Nouakchott et d'accès facile durant toute l'année. C'est pour cela que la majorité des prélèvements provenaient de cette région.

Technique de mise en évidence de l'infection

Frottis sanguins

Le sang était prélevé au niveau de la jugulaire dans des tubes contenant de l'EDTA. Les frottis sanguins, réalisés sur place, étaient colorés grâce à un kit de coloration rapide (RAL 555®). L'examen des frottis était fait au CNERV. Les lames étaient observées au grossissement 400. Sur chaque lame, 50 champs microscopiques étaient examinés. Pour des raisons techniques (défaut de coloration, lames colorées brisées, etc.), ou parce que les prises de sang sur anticoagulant n'avaient pas été faites, la lecture des frottis n'a été réalisée que sur 1 880 animaux.

Sérologie

Le sang était recueilli sur des tubes secs avec un activateur de la coagulation pour la récolte des sérums qui ont été testés selon trois techniques :

- CATT/*T. evansi* (card agglutination test for trypanosomosis)

Ce test d'agglutination rapide (5-7 min) est distribué sous forme de kit. Il a été mis au point conjointement par l'Université libre de Bruxelles (VUB) et l'Institut de médecine tropicale (IMT) d'Anvers. L'antigène est obtenu à partir d'un clone de trypanosomes sanguicoles, VAT RoTat 1/2 dérivé d'un stock de *T. evansi*, isolé d'un buffle, en 1982 en Indonésie (2). Les sérums sont testés à la dilution 1/4. Les résultats sont lus selon un score allant de -, ±, + à +++.

- IFI (immunofluorescence indirecte)

Le stock de *T. evansi* utilisé pour la confection des antigènes a été isolé d'une chamelle en juillet 1990 dans la région du Trarza. Après des passages chez la souris, des stabilats ont été faits et conservés avec du diméthylsulfoxyde dans de l'azote liquide à partir de juillet 1991 au centre ORSTOM de Montpellier. Le 26 novembre 1993, un stabilat a été inoculé à Nouakchott à des souris. Celles-ci ont été sacrifiées au pic de la parasitémie (5-9 jours après l'infection). Au sang recueilli était ajouté du citrate de sodium à 10 p. 100. Une goutte de ce sang très parasité était déposée puis étalée sur des lames pour IFI (BioMérieux, Bleu Epoxy). Les lames d'antigènes ainsi confectionnées étaient séchées au ventilateur pendant plus de 30 min, puis conservées à -20°C jusqu'à leur emploi.

Le conjugué était un antiserum polyclonal anti-IgG de dromadaire produit sur lapin par le CIRAD-EMVT et conservé sous forme lyophilisée. Cet anti-IgG était alors couplé avec la fluorescéine (9). Le conjugué était ensuite conservé à -20°C. À l'aide du sérum d'un chameau infecté pour la circonstance et celui d'un chameau non infecté, différentes dilutions de ces sérums (1/20 au 1/1 280) et du conjugué (1/20 à 1/1 000) ont été faites. Jusqu'à la dilution du conjugué au 1/80, la fluorescence était nette.

Les sérums à tester ont été dilués de 1/20 à 1/320. Le seuil de positivité retenu était de 1/80.

- ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay)

L'anticorps monoclonal et le conjugué ont été produits par le Centre for tropical veterinary medicine d'Edimbourg (19). La dilution du monoclonal (MAB/IgG, 1 mg/ml) était au 1/400, celle du conjugué (MAB/HPO) au 1/5 000 et celle des sérums testés en double au 1/2. Les plaques utilisées étaient des plaques Immulon 2 à fond plat (Dynatec®). Elles étaient gardées à 4°C jusqu'à leur emploi. Le substrat employé était le tétraméthylbenzidine dihydrochloride. La lecture était faite à 450 nm de longueur d'onde grâce

Tableau I

Composition des groupes d'animaux prélevés

Région	Mâle	Femelle	< 1 an	1-2 ans	2-5 ans	5-10 ans	> 10 ans	Total
Trarza Sud	278	959	109	70	235	638	185	1 237
Trarza Nord	46	237	24	19	53	113	74	283
Trarza	324	1 196	133	89	288	751	259	1 520
Gorgol	68	142	0	2	59	89	60	210
Adrar	28	53	5	3	4	22	47	81
Hodh Chargui	109	158	31	23	56	122	35	267
Total	529	1 549	169	117	407	984	401	2 078

Four diagnosis tests in the epidemiology of camel trypanosomosis

à un lecteur ELISA LP 400 (Diagnostic Pasteur). Le seuil de positivité retenu était une densité optique (DO) égale au moins à cinq fois la DO du témoin négatif.

Tout sérum qui donnait une réaction douteuse, ou des résultats différents selon les techniques utilisées, était testé deux fois.

L'examen parasitologique est de faible sensibilité par rapport aux tests sérologiques. Le résultat de chaque examen de frottis sanguin a été comparé à celui du sérum correspondant, pour établir lequel des tests faisait le mieux ressortir les vrais des faux positifs. La sensibilité et la spécificité chiffrées ont été déterminées selon la formule suivante :

Sensibilité observée = p. 100 de séropositifs chez les animaux trypanosomés (frottis +)

Spécificité observée = p. 100 de séronégatifs (ou \pm) chez les animaux considérés comme non trypanosomés (frottis -)

Analyse statistique

Les résultats obtenus, ainsi que les facteurs de variation, ont été étudiés en leur appliquant des tests de comparaison (Chi 2) à l'aide du logiciel EPI INFO.

■ RESULTATS

Prévalence totale

Recherche parasitologique

Sur les 1 880 dromadaires examinés en parasitologie, la prévalence était de 1,4 p. 100 (tableaux II). Les parasites observés avaient une morphologie caractéristique de *T. evansi* (groupe *brucei*). Les parasitémies variaient de quelques trypanosomes par lame à plus de 20 par champ microscopique.

Tests sérologiques

Avec le CATT, le taux de séropositivité totale était de 16,5 p. 100. Les sérums de 6,0 p. 100 des animaux donnaient une faible agglutination, c'est-à-dire étaient douteux. Avec l'IFI, la séroprévalence était plus importante (24,3 p. 100) avec 15,7 p. 100 de cas douteux. Quant à l'ELISA, le taux de positivité était de 14,2 p. 100 avec 4,3 p. 100 de résultats douteux (tableaux II).

Corrélation entre les quatre tests

Pour des raisons évoquées plus haut, seuls 1 880 dromadaires ont été examinés à la fois en parasitologie et en sérologie. En re-

Tableau II
Prévalence de l'infection (%)

Région	Frottis		CATT			IFI			ELISA		
	testés	+	testés	+	\pm	testés	+	\pm	testés	+	\pm
Trarza	1 322	24 (1,8)	1 520	278 (18,3)	102 (6,7)	1 520	439 (29,0)	252 (16,6)	1 520	246 (16,2)	75 (5,0)
Gorgol	210	2 (0,9)	210	34 (16,2)	14 (6,6)	210	34 (16,2)	19 (9,0)	210	22 (10,5)	7 (3,3)
H. Chargui	267	0	267	25 (9,4)	6 (2,2)	267	27 (10,1)	28 (10,5)	267	16 (6,0)	4 (1,5)
Adrar	81	0	81	6 (7,4)	4 (5,0)	81	5 (6,2)	27 (33,3)	81	11 (13,6)	4 (4,5)
Total	1 880	26 (1,4)	2 078	343 (16,5)	126 (6,0)	2 078	505 (24,3)	326 (15,7)	2 078	295 (14,2)	90 (4,3)

Tableau III
Corrélation entre les différents tests

	F +	F -	CATT +	CATT \pm	CATT -	IFI +	IFI \pm	IFI -	ELISA +	ELISA \pm	ELISA -
Frottis +	26		21	3	2	24	2	0	13	0	13
Frottis -		1 854	301	112	1 441	454	308	1 092	258	84	1 512
CATT +	21	301	343			245	55	43	125	11	207
CATT \pm	3	112		126		54	33	39	28	7	91
CATT -	2	1 441			1 609	206	238	1 165	142	72	1 395
IFI +	24	454	245	54	206	505			162	20	323
IFI \pm	2	308	55	33	238		326		20	48	258
IFI -	0	1 092	43	39	1 165			1 247	113	22	1 112
ELISA +	13	258	125	28	142	162	20	113	295		
ELISA \pm	0	84	11	7	72	20	48	22		90	
ELISA -	13	1 512	207	91	1 395	323	258	1 112			1 693

vanche, tous les animaux prélevés (2 078) ont été testés sérologiquement par les trois techniques (tableau III). La sensibilité et la spécificité observées étaient respectivement de 80,76 p. 100 et de 83,8 p. 100 pour le CATT, de 92,30 p. 100 et de 75,5 p. 100 pour l'IFI et de 50,0 p. 100 et 86,1 p. 100 pour l'ELISA.

Il existe des différences significatives entre ces tests : entre IFI-CATT et IFI-ELISA ($p < 10^{-4}$) et entre CATT-ELISA ($p < 0,1$). Entre les tests sérologiques (individuels ou combinés) et l'examen parasitologique, les différences étaient très significatives ($p < 10^{-3}$ à 10^{-5}).

Facteurs de variation

Origine géographique des troupeaux

L'infection variait en fonction de l'origine géographique des animaux (figure 2). D'après l'examen parasitologique, le CATT et l'IFI, les régions les plus infectées étaient le Trarza et le Gorgol. D'après l'ELISA, les régions les plus infectées étaient le Trarza, l'Adrar et le Gorgol. Le Trarza apparaît donc comme une région où l'infection était prédominante.

L'analyse statistique de ces régions comparées deux à deux montre que :

- avec le CATT, il existe des différences significatives entre Trarza et Hodh El Chargui ($p < 0,001$), entre Trarza et Adrar ($p < 0,01$) et entre Gorgol et Hodh El Chargui ($p < 0,1$) ;

- avec l'IFI, il existe des différences très significatives entre Trarza et Gorgol ($p < 10^{-4}$), entre Trarza et Hodh El Chargui ($p < 10^{-7}$) et entre Trarza et Adrar ($p < 0,001$) ;

- avec l'ELISA, on note des différences significatives entre Trarza et Gorgol ($p < 0,001$), Trarza et Hodh El Chargui ($p < 10^{-7}$), entre Gorgol et Hodh El Chargui ($p < 0,1$), entre Gorgol et Adrar ($p < 0,5$).

Stratégie de conduite de troupeau au sein d'une même région

L'analyse statistique du tableau IV montre des différences d'infection très significatives entre les deux stratégies de conduite d'élevage ($p < 0,00001$).

Les animaux du sud étaient de loin plus fréquemment infectés que ceux du nord. Lors d'enquêtes entomologiques par les auteurs, c'est autour du Lac de R'kiz (sud du Trarza) qu'ils ont capturé de nombreux tabanides, principalement *Atylotus agrestis*, *Tabanus taeniola* et *T. suffis*, et des stomoxes, *Haematobia minuta* et *H. irritans*. Aucun de ces insectes n'a été capturé dans le nord de cette région.

Age

L'infection concernait tous les âges mais davantage les dromadaires âgés de 5-10 ans. Quel que soit le test utilisé, la courbe de la séroconversion avait le même aspect (figure 3).

L'analyse statistique a mis en évidence des différences très significatives entre les animaux de la classe des 5-10 ans et ceux des autres classes ($p < 0,001$ à $0,0001$). Le regroupement des animaux en jeunes (< 5 ans) et en adultes (> 5 ans) a également mis en évidence des différences très significatives entre ces deux groupes ($p < 10^{-5}$).

Sexe

Avec les tests sérologiques combinés ou individuels, il existait des différences significatives entre les deux sexes, mais pas toujours dans le même sens ($p < 0,05$ à $p < 0,01$). En revanche, avec l'examen parasitologique, il n'y avait pas de différence d'infection selon le sexe (tableau V).

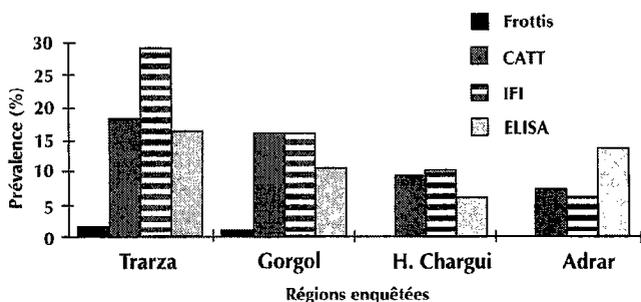


Figure 2 : prévalence de l'infection selon des régions et les tests de diagnostic.

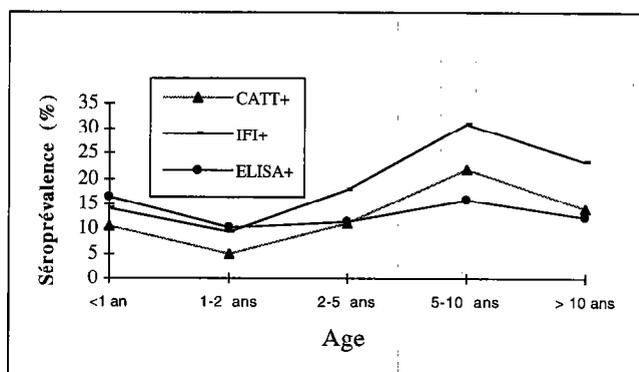


Figure 3 : séroprévalence en fonction de l'âge.

Tableau IV

Prévalence selon la conduite de troupeau

Conduite d'élevage	Frottis		CATT		IFI		ELISA	
	testés	+ (%)	testés	+ (%)	testés	+ (%)	testés	+ (%)
Stratégie Sud	1 039	26 (2,5)	1 237	271 (21,9)	1 237	392 (31,7)	1 237	226 (18,3)
Stratégie Nord	283	0	283	7 (2,5)	283	47 (16,6)	283	20 (7,0)
Total Trarza	1 322	26 (1,4)	1 520	278 (18,3)	1 520	439 (29,0)	1 520	246 (16,2)

Tableau V
Influence du sexe

Sexe	Frottis		CATT		IFI		ELISA	
	testés	+ (%)	testés	+ (%)	testés	+ (%)	testés	+ (%)
Mâles	479	8 (1,7)	529	71 (13,4)	529	151 (28,5)	529	68 (12,8)
Femelles	1 401	18 (1,3)	1 549	272 (17,5)	1 549	354 (22,8)	1 549	227 (14,6)
Total	1 880	26 (1,4)	2 078	343 (16,5)	2 078	505 (24,3)	2 078	295 (14,2)

■ DISCUSSION

Dans cette étude, deux aspects doivent être considérés : les techniques de diagnostic utilisées et les facteurs de variation de l'épidémiologie.

Techniques de diagnostic

Les résultats par examen parasitologique trouvés dans cette enquête étaient inférieurs à ceux de Christy, 5,4 p. 100 (5) et de Jacquet et coll., 7,3 p. 100 (10). Le premier n'a examiné que des animaux douteux et le second a effectué une enquête limitée, alors que le présent travail concernait un effectif très important.

Les tests sérologiques, en particulier l'IFI, ont fait apparaître un taux d'infection plus élevé que l'examen parasitologique (3, 12). Le manque de sensibilité souvent attribué à la méthode de détection directe serait peut-être la cause principale de cette énorme différence entre les résultats parasitologiques et sérologiques. Ce taux d'infection parasitologique aurait probablement été plus élevé si la technique de centrifugation hématocrite avait été utilisée (4, 26) ou l'inoculation à des souris. Il est difficile d'appliquer ces deux méthodes sur le terrain en Mauritanie. Cependant, les résultats présentés ici sont proches de ceux de Diall et coll. dont l'enquête a révélé une séroprévalence de 30,60 p. 100 contre une prévalence parasitologique de 5,85 p. 100 au Mali (7).

D'après les pourcentages de co-positivité, les corrélations entre les différents tests sérologiques étaient les suivantes :

- 71,4 p. 100 des cas positifs au CATT l'étaient à l'IFI ;
- 48,5 p. 100 des cas positifs à l'IFI l'étaient au CATT ;
- 42,3 p. 100 des cas positifs au CATT l'étaient à l'ELISA ;
- 36,4 p. 100 des cas positifs à l'ELISA l'étaient au CATT ;
- 54,9 p. 100 des cas positifs à l'IFI l'étaient à l'ELISA ;
- 32,0 p. 100 des cas positifs à l'ELISA l'étaient à l'IFI.

Les résultats de l'ELISA paraissent décevants si l'on considère ceux d'autres auteurs (15, 17, 18, 19). Ces auteurs soulignent également son manque de sensibilité par rapport à des tests parasitologiques plus sensibles que celui utilisé dans cette étude (6, 15, 25). Au Kenya, un dromadaire mort en phase aiguë d'infection à *T. evansi* était négatif à l'ELISA-Ag (24).

Dans cette étude, l'IFI s'est révélé comme le test le plus sensible mais le moins spécifique. Les cas douteux étaient considérables par rapport à ceux révélés par le CATT et l'ELISA. La sensibilité et la spécificité étaient satisfaisantes avec le CATT qui est, par ailleurs, un test facile à effectuer sur le terrain. Diall et coll. ont pu faire les mêmes observations lors de l'évaluation de ce test au Mali (7).

Facteurs de variation de l'épidémiologie

Région et stratégie de conduite d'élevage

La région est un important facteur de variation. L'infection à *T. evansi* a été observée dans toutes les régions mais surtout dans le Trarza, en particulier dans le sud de cette région, riche en cours d'eau. Il semblerait ainsi qu'une corrélation existe entre la prévalence de l'infection et la présence d'arbres et d'arbustes près de ces cours d'eau. En effet, les premiers éléments de cette enquête sur l'entomofaune menée dans le sud du Trarza ont permis d'identifier trois espèces de tabanides et deux espèces de stomoxe susceptibles de transmettre *T. evansi*. Ces insectes, présents toute l'année dans la zone, étaient très abondants en fin d'hivernage (octobre-novembre). Or, en Adrar, les éleveurs connaissaient peu ces insectes. Au Hodh El Chargui, seuls des hippobosques ont été récoltés à l'aide de filets à main et leur importance épidémiologique a paru moindre que celle des tabanides et des stomoxes.

La stratégie de conduite du troupeau est aussi un facteur non négligeable. Les résultats de l'examen parasitologique, du CATT et de l'ELISA, principalement, ont révélé que les dromadaires transhumant vers le sud étaient les plus affectés.

Effet troupeau

Dans une même région, le taux d'infection variait d'un troupeau à un autre. Dans certains troupeaux les séroprévalences étaient supérieures à 60 p. 100, alors que dans d'autres elles étaient nulles. Ceci variait selon la situation des éleveurs, l'utilisation plus ou moins grande de trypanocides étant favorisée par la facilité pour s'en procurer ou par la proximité des services vétérinaires. Des bergers ont fréquemment demandé conseil aux auteurs à propos des trypanocides remis par le propriétaire des animaux (souvent cadre supérieur).

Age des animaux

Des trypanosomes ont été observés dans le sang périphérique de jeunes animaux âgés de 8-10 mois. Ceci remet en cause le constat d'absence d'infection chez le jeune chamelon signalée par certains auteurs (6, 10).

La séroprévalence était la plus élevée chez les animaux âgés de 5-10 ans pour décroître ensuite. Si l'accroissement de la séroprévalence de l'infection à partir de 2 ans jusqu'à 10 ans peut s'expliquer par l'augmentation de la probabilité de rencontre avec des insectes porteurs de *T. evansi*, il est difficile en revanche de se prononcer sur la diminution constatée chez les animaux âgés de 0-2 ans et surtout chez les plus de 10 ans. Pour les plus âgés, cela pourrait s'expliquer par une immunisation progressive contre des trypanosomes, ou par une baisse de la longévité lorsqu'ils ont été infectés par des trypanosomes, ou par leur envoi rapide à la boucherie par des éleveurs avertis. En effet, dans une autre étude menée à l'abattoir de Nouakchott, les auteurs ont trouvé des prévalences de l'ordre de 30 p. 100.

■ CONCLUSION

La trypanosomose cameline à *T. evansi* est bien présente en Mauritanie. Elle se répartit de façon variable selon les régions et la stratégie de conduite du troupeau. L'importance de la maladie serait probablement liée à la présence d'eaux de surface favorisant les couverts végétaux, fréquentés par les animaux, offrant ainsi des conditions favorables au développement d'insectes vecteurs de ce parasite.

La prévalence parasitologique est très faible par rapport à la séro-prévalence. Celle-ci est plus forte avec l'IFI qu'avec le CATT et l'ELISA. Elle atteint un maximum chez les animaux âgés de 10 ans pour décroître ensuite. La sensibilité est meilleure avec l'IFI et la spécificité est excellente avec l'ELISA. Avec le CATT, la sensibilité et la spécificité sont satisfaisantes.

Remerciements

Ce travail a reçu l'appui financier de l'Unité de coordination d'élevage des camelins (UCEC) du CIRAD-EMVT, de la Fondation internationale pour la science (IFS) et de l'AUPELF. Nous remercions également Cheikh Lebchir et Alioune M'Rezig pour leur aide très précieuse.

BIBLIOGRAPHIE

1. BAILEY J.W., SMITH D.H., 1992. The use of acridine orange QBC technique in the diagnosis of African trypanosomosis. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **86**: 630.
2. BAJYANA SONGA E., HAMERS R., 1988. A card agglutination test (CATT) for veterinary use based on an early VAT RoTat 1/2 of *T. evansi*. *Ann. Soc. belge Med. trop.*, **68**: 233-240.
3. BOCQUENTIN R., VERY P., DUVALLET G., 1990. Cinétique des anticorps après traitement trypanocide chez les bovins infectés expérimentalement ou naturellement. Intérêt épidémiologique. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **43**: 479-483.
4. CAMUS E., 1983. Diagnostic de la trypanosomose bovine sur le terrain par la méthode de centrifugation hématocrite. *Revue sci. tech. Off. int. Epiz.*, **2**: 751-769.
5. CHRISTY P., 1987. Enquête sur les trypanosomes du dromadaire en Mauritanie. Nouakchott, Mauritanie, CNERV, p. 5-9. (Rapport d'activité)
6. DIALL O., BAJYANA SONGO E., MAGNUS E., KOUYATE B., DIALL O., VAN MEIRVENNE N., HAMERS R., 1994. Evaluation d'un test sérologique d'agglutination directe sur carte dans le diagnostic de la trypanosomose cameline à *T. evansi*. *Revue sci. tech. Off. int. Epiz.*, **13**: 793-800.
7. DIALL O., BOCOUM Z., DIARRA B., SANOGO Y., COULIBALY Z., WAIGALO Y., 1993. Epidémiologie de la trypanosomose à *T. evansi* chez le dromadaire au Mali : résultats d'enquêtes parasitologiques et cliniques. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **46**: 455-461.
8. FAO, 1993. Développement de l'élevage en République islamique de Mauritanie. Rome, Italie, FAO, 168 p. (Rapport de Nouakchott, 1993)
9. INSTITUT PASTEUR, 1973. Cours sur les techniques de l'immunofluorescence appliquées aux problèmes d'intérêt vétérinaire. Paris, France, Institut Pasteur, p. 9-19.
10. JACQUIET P., DIA M.L., CHEIKH D., THIAM A., 1994. La trypanosomose cameline à *Trypanosoma evansi* (Steel 1885), Balbiani 1888, en République islamique de Mauritanie : Résultats d'enquêtes dans le Trarza. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **47**: 59-62.
11. LEVINE R.A., WARDLAW S.C., PATTON C.L., 1989. Detection of haematoparasites using quantitative buffy coat analysis tubes. *Parasitol. Today*, **5**: 132-133.
12. LUCKINS A.G., 1977. Detection of antibody in trypanosome-infected cattle by means of a microplate enzyme-linked immunosorbent assay. *Trop. Anim. Health Prod.*, **9**: 52-63.
13. LUCKINS A.G., MEHLITZ, 1980. Evaluation of an indirect fluorescent antibody test, enzyme-linked immunosorbent assay and quantification of immunoglobulins in the diagnosis of bovine trypanosomosis. *Trop. Anim. Health Prod.*, **10**: 149-159.
14. MAHMOUD M.M., GRAY A.R., 1980. Trypanosomosis due to *T. evansi* (Steel, 1885) Balbiani, 1888. A review of recent research. *Trop. Anim. Health Prod.*, **12**: 35-47.
15. MASAKE R.A., MOLOO S.K., NANTULYA V.M., MINJA S.H., MAKAU J.M., NJUGUNA J.T., 1995. Comparative sensitivity of antigen detection enzyme immunosorbent assay and microhematocrit centrifugation technique in the diagnosis of *Trypanosoma brucei* infections in cattle. *Vet. Parasitol.*, **56**: 37-46.
16. NANTULYA V.M., 1989. Surratex: A simple latex agglutination antigen test for diagnosis of *Trypanosoma evansi* infections (Surra). *Trop. Med. Parasitol.*, **45**: 9-12.
17. NANTULYA V.M., LINDQVIST K.J., DIALL O., OLAHO M.W., 1989. Two simple antigen-detection immunoassays for the diagnosis of *Trypanosoma evansi* infections in the dromedary camel (*Camelus dromedarius*). *Trop. Med. Parasitol.*, **40**: 415-418.
18. OLAHO M.W., MUNYUA W.K., MUTUGI M.W., NJOGU A.R., 1993. Comparison of antibody-and antigen-detection enzyme immunoassays for the diagnosis of *Trypanosoma evansi* infections in camels. *Vet. Parasitol.*, **45**: 231-240.
19. RAE P.F., LUCKINS A.G., 1984. Detection of circulating trypanosomal antigens by enzyme immunoassays. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, **78**: 587-596.
20. RAE P.F., LUCKINS A.G., 1992. Problems in the diagnosis of cameline trypanosomosis. In: Proc. first int. camel conf., Dubai, United Arab Emirates, February 2-6, 1992, p. 29-31.
21. SINGH V., CHHABRA M.B., 1993. Counter immuno-electrophoresis for rapid detection of circulating antigens of *T. evansi*. *Indian J. Anim. Sci.*, **63**: 625-627.
22. VENKATEJAN P., WAKELIN D., 1993. Elisas for parasitologists: or lies, damned lies and Elisas. *Parasitol. Today*, **9**: 228-232.
23. VERMA B.B., GAUTAM O.P., 1977. Serological diagnosis of experimental bovine surra (*Trypanosoma evansi* infection). A comparison of passive haemagglutination, gel diffusion and indirect fluorescent antibody tests. *Indian vet. J.*, **54**: 809-813.
24. WAITUMBI J. N., NANTULYA V. M., 1993. A comparison of the antigen detection ELISA and parasite detection for diagnosis of *Trypanosoma evansi* infections in camels. *Vet. Parasitol.*, **49**: 159-178.
25. WAITHANJI E.M., NANTULYA V.M., MBIUKI S.M., 1983. Use of antigen capture tube enzyme-linked immunosorbent assay for the diagnosis of *Trypanosoma evansi* infections in dromedary camels (*Camelus dromedarius*). *Revue sci. tech. Off. int. Epiz.*, **12**: 665-672.
26. WOO P.T.K., 1970. The haematocrit centrifuge technique for the diagnosis of African trypanosomosis. *Acta Trop.*, **27**: 384-386.

Reçu le 3.1.97, accepté le 7.7.97

Summary

Dia M.L., Van Meirvenne N., Magnus E., Luckins A.G., Diop C., Thiam A., Jacquet P., Hamers R. Evaluation of four diagnosis tests: blood smears, CATT, IFAT and ELISA-Ag detection in a study of the epidemiology of *T. evansi* camel trypanosomosis in Mauritania

A study was conducted on the epidemiology of camel trypanosomosis caused by *T. evansi* in Mauritania using 2078 one-humped camels of different ages from four regions with different climates and ecology (Trarza, Gorgol, Adrar and Hodh El Chargui). The prevalence of the infection was determined by blood smear examinations and three serological tests, the card agglutination test for trypanosomosis (CATT), an indirect fluorescent antibody test (IFAT) and an enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) for the detection of trypanosomal antigens. The overall parasitological prevalence of the infection was 1.4%; seropositivity rates were 16.5% with CATT, 24.3% with IFAT and 14.1% using antigen-detection ELISA. Prevalence rates changed depending on the region, the herd, the age of the camels and herd management strategy. The study showed that camel trypanosomosis was widespread in Mauritania, especially in the wooded areas close to waterways used by animals.

Key words: Dromedary - *Trypanosoma evansi* - Agglutination tests - Immunofluorescence - ELISA - Agroclimatic region - Livestock management - Epidemiology - Mauritania.

Resumen

Dia M.L., Van Meirvenne N., Magnus E., Luckins A.G., Diop C., Thiam A., Jacquet P., Hamers R. Evaluación de cuatro tests diagnósticos: frotis sanguíneos, CATT, IFI y ELISA-Ag en el estudio de la epidemiología de la tripanosomosis de los camélidos por *Trypanosoma evansi* en Mauritania

Se llevó a cabo una encuesta sobre la epidemiología de la tripanosomosis en el camello por *T. evansi* en Mauritania, en una muestra de 2 078 dromedarios de todas las edades, en cuatro regiones (Trarza, Gorgol, Adrar, Hodh El Chargui) con características climáticas y ecológicas diferentes. La prevalencia de la infección se determinó mediante el examen de frotis sanguíneos y por tres tests serológicos, el test de aglutinación en carta para tripanosomosis (CATT), la inmunofluorescencia indirecta (IFI) para la detección de anticuerpos y el ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA) para la detección de antígenos. La prevalencia global de la infección fue de 1,4% mediante el examen parasitológico. La seroprevalencia fue de 16,5% por el CATT, de 24,3% por el IFI y de 14,1% por el ELISA-Ag. La prevalencia varió según la región, la estrategia de prácticas de manejo de los productores, los hatos y la edad de los animales. Esta encuesta demuestra que la tripanosomosis en los camélidos está presente en Mauritania, sobretudo en las zonas boscosas, cerca de los lechos de agua frecuentados por los animales.

Palabras clave: Dromedario - *Trypanosoma evansi* - Reacción de aglutinación - Inmunofluorescencia - ELISA - Region agroclimática - Manejo del ganado - Epidemiología - Mauritania.

Cas de coccidiose cæcale chez des poules pondeuses après diverses manipulations

A. Maho ¹ B. Ndobale ²

Mots-clés

Volaille - Poule pondeuse - Coccidiose - *Eimeria tenella* - Mortalité - Tchad.

Résumé

Suite à plusieurs manipulations effectuées le même jour sur une bande de poules pondeuses Lohmann brown dans une ferme située dans la banlieue de N'Djaména, une mortalité de 6,6 p. 100 a été enregistrée six jours après ces manipulations. Les autopsies et les analyses parasitologiques et bactériologiques ont permis d'identifier *Eimeria tenella* comme responsable et de conclure que les effets associés de ces manipulations ont baissé la résistance des oiseaux et occasionné l'apparition de cette pathologie.

■ INTRODUCTION

Les coccidies sont des protozoaires difficiles à éviter en élevage industriel, sévissant principalement sur de jeunes sujets et souvent lors d'altération de l'environnement. Toutefois, elles peuvent affecter des sujets adultes lorsque les conditions de leur développement dans l'organisme sont favorisées (1, 2, 4, 7). Ce sont probablement ces conditions qui ont permis aux coccidies d'affecter les poules pondeuses, objets de cette communication.

■ MATERIEL ET METHODES

Neuf cadavres et trois malades appartenant à une bande de 1 252 poules pondeuses de race Lohmann brown âgées de neuf mois et provenant d'une ferme située en banlieue de N'Djaména ont été apportées au Laboratoire de recherches vétérinaires et zootechniques de Farcha. Cette mortalité fait suite aux débecquage, trempage et transfert des oiseaux dans un nouveau bâtiment, effectués le 20 septembre 1996, sans traitement préalable aux anti-stress. La mortalité a commencé trois jours après ces manipulations et a entraîné, en six jours, 83 morts (6,6 p. 100).

Au laboratoire, les oiseaux ont été autopsiés selon les procédures classiques : examens externes, puis internes. Les organes présentant des lésions ont été analysés parasitologiquement et bactériologiquement. En parasitologie, les matières fécales et la muqueuse

cæcale des douze oiseaux autopsiés ont été observées au microscope optique entre lame et lamelle et après réalisation de frottis frais, pour rechercher les parasites.

En bactériologie, les organes suspects ont été observés au microscope optique après la réalisation de frottis colorés au gram. Les organes présentant une bactérioscopie positive ont été cultivés sur les milieux d'isolement d'entérobactéries :

- milieu EMB (milieu de Levine) ;
- milieu MacConkey ;
- bouillon pasteurelle (pour la recherche de *Pasteurella*) ;
- bouillon sélénite (milieu enrichi pour la recherche de *Salmonella*). Après 24 h d'incubation, les cultures ont été isolées dans un milieu plus spécifique (milieu *Shigella-Salmonella*).

Après isolement, les cultures suspectes ont été identifiées à l'aide de la galerie Api20E.

■ RESULTATS

Le résultat des examens macroscopiques, microscopiques et bactériologiques effectués sur les 3 malades et les 9 cadavres après autopsie sont présentés dans le tableau.

Examens macroscopiques

Huit poules présentaient un cloaque souillé de matières fécales striées de sang et quatre autres ne présentaient aucun signe de diarrhée. Sept oiseaux étaient maigres et les autres en état d'embonpoint satisfaisant.

1. Laboratoire de Recherches Vétérinaires et Zootechniques de Farcha, BP 433, N'Djaména, Tchad

2. Ecole Nationale des Agents Techniques de l'Elevage, BP 750, N'Djaména, Tchad

Tableau

Résultat des examens macroscopiques, microscopiques et bactériologiques effectués sur les 3 malades et les 9 cadavres après autopsie

Lésions observées	Nombre de cadavres positifs	Nombre de malades positifs
Typhlite	9	3
Hépatomégalie	4	2
Splénomégalie	3	1
Gonflement de l'intestin	5	1
Diarrhée	7	1
Maigreux	6	1
Présence des coccidies dans les matières fécales	8	2
Présence des coccidies dans la muqueuse cæcale	9	3
Présence d' <i>Escherichia coli</i>	3	0
Présence de <i>Proteus mirabilis</i>	3	1

L'examen interne a mis en évidence une typhlite sur l'ensemble des oiseaux autopsiés. D'autres poules ont montré par ailleurs une splénomégalie (4 poules), une hépatomégalie (6 poules) et un gonflement de l'intestin (6 poules).

Examens microscopiques

Parasitologie

Les examens des matières fécales et de la muqueuse cæcale ont révélé la présence d'oocystes d'*Eimeria tenella* sur tous les oiseaux autopsiés. La présence très élevée de ce parasite était surtout remarquée sur la muqueuse des oiseaux sans diarrhée et en bon état d'embonpoint.

Bactériologie

Les cultures des organes suspects (foie, rate) et des matières fécales ont permis d'isoler *Escherichia coli* et *Proteus mirabilis* sur respectivement 3 et 4 cadavres.

DISCUSSION

La vaccination contre la coccidiose aviaire n'en est qu'à ses débuts et l'immunité naturelle en élevage industriel est souvent insuffisante ; toute agression par un agent pathogène ou par un stress d'élevage baisse la résistance des animaux (1). La mortalité constatée trois jours après les manipulations des oiseaux, alors que la période prépatente de ces protozooses varie de 4-7 jours, montre que les oiseaux hébergeaient déjà les coccidies mais de façon latente. En effet, il est rapporté qu'une forte immunité antiparasitaire entraîne une baisse, voire l'inhibition, d'excrétion d'oocystes d'*Eimeria tenella* tandis qu'une faible immunité augmente l'excrétion d'oocystes et baisse l'ingestion alimentaire, l'efficacité de la conversion alimentaire et le taux leucocytaire plasmatique (3, 6). Par ailleurs, Ugochukwu (6) décrit en 1982 une épidémie de coccidiose cæcale avec une sévère mortalité lors d'une vaccination intramusculaire contre la maladie de Newcastle. Oluigbo et Enurah (5) rapporte en 1989 une mortalité de 75 p. 100 lors d'une

infection simultanée « maladie de Gumboro et coccidiose cæcale ». Le stress est probablement un facteur favorisant cette expression de la coccidiose. Il est donc dangereux de soumettre les oiseaux à plusieurs stress simultanés ou successifs, leurs effets pouvant s'additionner et déprimer l'état immunitaire des animaux. En outre, il serait prudent de faire précéder toute manipulation par l'administration d'un anti-stress.

McKee et Harrison (4) ont montré que l'administration d'acide ascorbique comme anti-stress avant le trempage des oiseaux, augmente l'ingestion, l'efficacité de la conversion alimentaire et limite la réduction du taux leucocytaire plasmatique.

BIBLIOGRAPHIE

1. BIESTER H.E., SCHWARTE L.H., 1965. Diseases of poultry. Ames, Iowa, USA, The Iowa State University Press, 1382 p.
2. BRUGERE J.P., SILMIN A., 1992. Manuel de pathologie aviaire. Maisons-Alfort, France, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, 381 p.
3. TORTINEAU O., TRONCY P.N., 1985. Coccidiose, maladie animale majeure - II. Les coccidioses du poulet. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., Nouvelle Calédonie* (6) : 9-17.
4. MCKEE J.S., HARRISON P.C., 1995. Effect of supplemental ascorbic acid on the performance of broiler chickens exposed to multiple concurrent stress. *Poult. Sci.*, **74** (11): 1972-1985.
5. OLUIGBO F., ENURAH L.U., 1989. Infection simultanée par la maladie de Gumboro et la coccidiose chez le poulet de race locale. Etude d'un cas. *Revue Méd. trop.*, **42** (3) : 330.
6. UGOCHUKWU E.I., 1982 : Coccidiose cæcale chez le poulet après une vaccination intramusculaire contre la maladie de Newcastle. *Bull. Santé Prod. Anim. Afr.*, **30** (47) : 397-401.
7. WILLIAM R.B., 1995. Epidemiological studies of coccidiosis in the domesticated fowl (*Gallus gallus*): IV. Reciprocity between the immune status of floor-reared chickens and their excretion of oocysts. *Appl. Parasitol.*, **36** (4): 290-298.

Reçu le 19.11.96, accepté le 12.6.97

Summary

Maho A., Ndobale B. Occurrence of caecal coccidiosis in laying hens following various experiments

Several experiments were conducted the same day using Lohmann brown laying hens from a farm located at the periphery of Ndjamen. A 6.6% mortality rate was recorded six days later. Post-mortem examinations, parasitological and microbiological analyses helped identify *Eimeria tenella* as the causal agent. In conclusion, the combined effects of these experiments have decreased the resistance of the birds and induced the onset of the disease.

Key words: Poultry - Layer chicken - Coccidiosis - *Eimeria tenella* - Mortality - Chad.

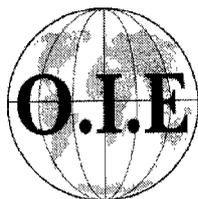
Resumen

Maho A., Ndobale B. Caso de coccidiosis cecal en gallinas ponedoras después de diversas manipulaciones

Seis días después de varias manipulaciones efectuadas el mismo día, sobre un grupo de gallinas ponedoras Lohman café, en una finca situada en los suburbios de N'Djamena, se registró una mortalidad de 6,6%. Las autopsias y los análisis parasitológicos y bacteriológicos permitieron la identificación de *Eimeria tenella* como responsable y llevaron a la conclusión de que los efectos asociados de esas manipulaciones disminuyeron la resistencia de las aves, provocando la aparición de esta patología.

Palabras clave: Ave de corral - Gallina ponedora - Coccidiosis - *Eimeria tenella* - Mortalidad - Chad.

Office international
des épizooties
Organisation mondiale de la
santé animale



**OIE Manual of Standards
for Diagnostic Tests and Vaccines**

**Manuel des normes de l'OIE pour les tests
de diagnostic et les vaccins**

Troisième édition, 1996

Ce *Manuel* (OIE *Manual of Standards for Diagnostic Tests and Vaccines*) a pour objectif de contribuer à l'harmonisation des méthodes de surveillance et de contrôle des principales maladies animales. Il décrit les normes approuvées pour les diagnostics de laboratoire et pour la production et le contrôle des produits biologiques à usage vétérinaire utilisés dans le monde entier, principalement les vaccins. La définition de ces normes devrait permettre de renforcer l'efficacité des actions menées en vue d'améliorer la santé animale dans le monde.

Le *Manuel* est le complément indispensable du *Code zoo-sanitaire international* de l'OIE : il précise quelles sont les méthodes recommandées pour le diagnostic et pour le contrôle des produits biologiques mentionnés dans le *Code*. Le *Manuel* a été rédigé et révisé par des spécialistes de renommée internationale ; il présente la caractéristique unique d'avoir été entièrement approuvé par tous les Pays Membres de l'OIE.

La section d'introduction présente des informations générales sur les méthodes de prélèvement, les bonnes pratiques de laboratoire, la validation des épreuves de diagnostic, les épreuves de stérilité, la sécurité dans les laboratoires, la production de vaccins et la biotechnologie. Les chapitres suivants traitent chacun d'une maladie particulière et éventuellement d'autres maladies du même groupe. Chaque chapitre comporte un résumé, destiné aux responsables des Services vétérinaires et à tous ceux qui doivent avoir un aperçu global des tests de diagnostic et des vaccins disponibles pour la maladie considérée. Puis une monographie détaillée destinée aux responsables de laboratoire donne tous les détails concernant ces épreuves de diagnostic et, s'il y a lieu, les normes recommandées pour les vaccins et les autres produits biologiques. Enfin, chaque chapitre est complété par des références bibliographiques.

Les volumes I, II et III du *Manuel* avaient été publiés respectivement en 1989, 1990 et 1991. Puis une deuxième édition est parue en un seul volume en octobre 1992. La troisième édition a été mise à jour. Elle décrit en détail tous les tests de diagnostic prescrits par le *Code* et devant être appliqués aux animaux avant leur transport dans le cadre des échanges internationaux. La plupart des maladies des Listes A et B de l'OIE (à l'exception de celles des poissons), ainsi que d'autres maladies pouvant avoir une incidence sur les échanges économiques, sont présentées dans ce volume.

Présenté sous une couverture en matière plastique et solidement cousu, ce *Manuel* a été conçu pour être consulté facilement au laboratoire.

Le texte complet de l'OIE *Manual of Standards for Diagnostic Tests and Vaccines* n'est disponible qu'en langue anglaise. Toutefois, les épreuves de laboratoire les plus importantes, c'est-à-dire celles requises pour les échanges internationaux d'animaux et des produits animaux par le *Code zoo-sanitaire international*, sont décrites en français et en espagnol dans un livret annexe au *Manuel*.

ISBN 92-9044-423-1
723 + xxxii pages

Prix* : 800 FF/ US\$ 160
* Frais d'envoi en sus

Office international des épizooties

12, RUE DE PRONY – 75017 PARIS – FRANCE – TÉL. : 33 – (0)1 44.15.18.88 – FAX : 33 – (0)1 42.67.09.87
E-MAIL : 100765.546@compuserve.com

Fire management in communal rangelands in the Western Province of Zambia

R.M.T. Baars^{1,2*} D.M. Kalokoni¹

M.A.I. De Koning³

Key words

Cattle - Rangeland - Burning - Fire -
Regrowth - Dry season - Wet season -
Farmer - Zambia.

Summary

Cattle farmers were subjected to a questionnaire survey to elucidate their practices and ideas with regard to fires. Eighty percent considered fires beneficial because they provided green grass. However, 15% of the farmers complained about a grass shortage due to burning. A follow-up study monitored the regrowth of grass during the early- to mid-dry season. The dry matter yield three weeks after burning was 0.12 t/ha as opposed to 1.3 t/ha before burning and did not increase further unless re-clipped. The crude protein concentration was higher in regrowth (8.2%) than in unburnt grass (2.8%). Phosphorus levels were influenced more by the site than by burning. Strategic burning of areas with a potential regrowth (loamy soils) is necessary to obtain sufficient quality forage.

■ INTRODUCTION

Annual dry season fires are widespread in the Western Province (WP) of Zambia. Among other reasons, fire is used to provide a green flush for grazing cattle. Whether the use of fire is justified depends on the balance of the advantage of increased quality and the disadvantage of decreased quantity of low quality forage. It can be argued that the sustained use of fire, despite official disapproval, indicates that the users of fire in the WP currently consider the benefits to outweigh the disadvantages (4).

Collaboration on fire management between farmers and extension staff in the WP has been limited, partly due to a lack of technical data. For this reason, a programme was initiated with the aim of developing a policy on fire management. The objectives of the present study were to assess: 1) farmers' perception of fire management; and 2) the regrowth of grass after fire. The second objective resulted from the study on farmers' perception.

1. Department of Veterinary and Tsetse Control Services, Ministry of Agriculture, PO Box 910034, Mongu, Zambia

2. Department of Agronomy, Agricultural University Wageningen, PO Box 341, 6700 AH, Wageningen, The Netherlands

3. Department of Terrestrial Ecology and Nature Conservation, Agricultural University Wageningen, PO Box 8080, 6700 DD Wageningen, The Netherlands

* Address for correspondence: Department of Animal Sciences, Alemaya University of Agriculture, PO Box 138, Dire Dawa, Ethiopia

■ MATERIALS AND METHODS

The WP has an area of 122,000 km² (5) and is located 22-25°E longitude and 14-17°S latitude (13). The rangelands are communally grazed and management is characterized by low inputs. The average annual precipitation ranges from about 1200 mm in the North to 700 mm in the South (13). The wet season runs from November to April. Precipitation in the 1991/92 wet season preceding the measurements was slightly higher compared to the long term average but with a normal distribution.

Cattle farmers' perception was surveyed by way of an open questionnaire during the dry season of 1991 among 56 cattle owners in four representative high cattle density areas. The distance between the homesteads of each individual participant was at least 15 km.

In two out of these four areas, the regrowth of grass was monitored during the months of June to August 1992, the early- to mid-dry season, after it was burnt in May 1992 by farmers. The period between the last rains and burning was about 10 weeks. One area was the Bulozhi flood plain (FP) with sandy to loamy soils where woodlands were absent. The other was the Siloana sand plain comprising: 1) treeless plains (PL) on fine sands dissected by 2) elevated woodlands (WL) on coarse sands.

The most important perennial grass species in FP were *Hyperthelia dissoluta*, *Aristida* spp., *Monocymbium ceresiiforme*

and *Panicum repens*. In PL, *Tristachya nodiglumis* and *T. superba* dominated grasslands were associated with *Aristida congesta*. WL was characterized by *Andropogon brazzae*, *Eragrostis* spp. and *Digitaria milaniana* grasses as well as *Terminalia sericea*, *Erythrophleum africanum*, *Burkea africana* and *Guibourtia coleosperma* trees (5).

In each of the three vegetation types, four plots of 3 by 3 meters were fenced. The distance between plots was at least 100 m. Three out of four plots were used to measure regrowth. The fourth one was a control plot in nearby unburnt vegetation, protected with fire breaks, as it would have been burnt later in the dry season. In each plot, four sub-plots of 1 m² were established. Sub-plot A was used to measure the height of undisturbed growth, using a calibrated stick of one meter (N = 25 per sub-plot), to check whether the length of grasses could reach 50% of the mature height according to the proposed recommendation for the WP (4). Sub-plot B was clipped 3, 7 and 11 weeks after burning; sub-plot C was clipped 7 weeks after burning; and sub-plot D was clipped 11 weeks after burning. The re-clipping of sub-plot B was undertaken to simulate grazing cattle. The weight of cut grass was measured, and samples were collected and dried for 24 h at 105°C.

The cutting height was 5 cm. Dry matter (DM), nitrogen and phosphorus (P) concentrations were determined. The one-way ANOVA was used to test for statistical differences.

In the months of June and July, grazing behaviour was monitored in five herds of the PL/WL region. All herds were monitored one day per week with a total of 41 observation days. Every 15 min, the activity of five randomly selected animals and the type of forage grazed were recorded, based on Dicko et al. (3). Approximately 50% of the area had been burnt at that time. All herds had a herdsman but cattle were normally left free to roam around.

■ RESULTS AND DISCUSSION

Farmers' perception of fire management

Fires were widespread (table I). They occurred throughout the dry season, but mainly from April to June, shortly after the grass had matured, or from June to August in flooded land. The majority of cattle farmers perceived burning as beneficial because of the regrowth of grass, as also mentioned elsewhere (9, 10, 11). However, they were aware of the shortage of biomass due to the absence of control.

The control of bush encroachment was not mentioned, probably because of the abundance of large plains with relatively low stocking rates (1). There are several additional reasons for the use of fire, such as: clearing of paths between settlements or fields, smoking out bees for honey collection, large game hunting, charcoal production (4, 10), but these were of minor importance to cattle farmers.

Observations on the regrowth of grass

In PL, the height of unburnt grass was 60 ± 11 cm. Three weeks after burning the average height of regrowth was 15 ± 1 cm, while 7 and 11 weeks after burning it was 18 ± 2 cm. In FP, the height of unburnt grass was 75 ± 21 cm. Three weeks after burning the average height of regrowth was 10 ± 3 cm, while 7 and 11 weeks after burning it was 13 ± 4 cm. Therefore, the proposed recommendation (4) not to graze the regrowth until it has reached approximately 50% of the height of unburnt grass cannot be

applied. Maybe late-wet instead of early-dry season fires would allow such a regrowth, but the digestibility and crude protein (CP) concentration of DM will decline with increased quantity.

The amount of unburnt grass DM was 1.3 t/ha, whereas that of regrowth was 0.12 t/ha, and remained the same 3, 7 and 11 weeks after burning. The re-clippings of both unburnt and burnt regrowth resulted in lower yields than in plots clipped for the first time at 7 or 11 weeks (P < 0.05) (table II). However, the cumulative yields of regrowth in FP and PL of sub-plots B, at 11 weeks, were 275% (0.33 t/ha) and 161% (0.21 t/ha), respectively, of the yields at 3 weeks. Regrowth after clipping of unburnt plots was higher than of burnt plots. At 23 sites spread across different lowlands of the WP, the average regrowth was 0.26 t/ha (1). The higher regrowth rates may have been caused by: wetter depressions compared to the present study, different vegetation and soil types and differences in the period between the last rain and fire. Soil texture appeared to influence the amount of regrowth. WL, which is found on coarse sandy soils, showed no regrowth at all. This was also previously found (1).

The CP concentration of unburnt grass (2.8% of DM) was below maintenance, whereas that of regrowth (8.2% of DM) was above (7% of DM (7)) (P < 0.001). The CP levels of regrowth 3, 7 and 11 weeks after burning were the same (table II). No difference in CP concentrations was found between the two regions. A grazing capacity study found 2.9% of DM for the yellow parts, 5.1 for the green parts and 8.3 for regrowth (1). The very low levels of CP in unburnt grass were as expected (11).

There was a difference between the P concentrations of unburnt grass and regrowth of PL (P < 0.05) but not of FP (P = 0.15). However, there were differences between the regions FP and PL (P < 0.001) of both regrowth and unburnt grass. Within regions, the P levels of regrowth 3, 7 and 11 weeks after burning were the same. Jeanes and Baars (5) found P levels of 0.08% of DM for yellow, 0.11% for green unburnt grass and 0.16% for regrowth. The present study, however, revealed an effect per region rather than an effect of burning. All the grasses of FP, whether burnt or not (0.12-0.19% of DM), had more than the level required for maintenance, and all the grasses of PL, whether burnt or not (0.01-0.10% of DM), had P levels below maintenance requirements (0.12%) (6).

Too low a P concentration in the diet affects (re)productive performance (8). The combination of burning and mineral supplementation showed a positive effect on cattle performance (14). This would most likely be the case in the WP also, especially in PL where P levels were far below maintenance. However, calving intervals in PL were shorter than in FP (12).

Grazing behaviour

The cattle were kraaled at night. In FP, they were 7.9 ± 0.3 h outside the kraal, of which 6.0 ± 0.2 h were spent on grazing. In PL, they were 9.0 ± 0.9 h outside the kraal, of which 6.0 ± 0.7 h were spent on grazing. Grazing in the PL/WL region was mainly on regrowth (table III).

Application of results

Farmers perceived burning as beneficial; burning of grass is required to obtain regrowth of a sufficient quality; grazing on regrowth was already considerable in the early- to mid-dry season. Once it is acknowledged that burning is necessary, the next step is to estimate the proportion of the area to be burnt.

Table I
Farmers' perception of fire management in the Western Province of Zambia

	Yes %	No %	Both %
Area is burnt annually	98	2	
Area is entirely burnt annually	94	6	
Burning is beneficial	69	22	9
Burning is always beneficial/bad		12	88
Fires are planned	24	76	
Fires are controlled		100	
Fires can be controlled	82	18	
	%		%
Main advantage of burning:		Main disadvantage of burning:	
- regrowth of grass	80	- shortage of forage	80
- tick control	14	- not related to range management	20
- not related to range management	6		
Why do people burn?		Who starts a fire?	
- regrowth of grass	74	- not known	76
- tick control	13	- other villagers	18
- not related to range management	13	- travelers	3
		- non-cattle owners	3
Who decides when to burn?		Who decides where to burn?	
- anyone	63	- anyone	68
- traditional rulers	26	- traditional rulers	23
- non-cattle owners	11	- non-cattle owners	9
Good burning is defined as:		Bad burning is defined as:	
- applied in correct month	57	- uncontrolled	53
- coordinated	14	- applied in wrong month	35
- vegetation partly burnt	11	- not related to range management	12
- not related to range management	18		
Who is responsible for the control of fires?		Fires are not controlled:	
- people themselves	42	- not known who starts a fire	27
- government	30	- lack of cooperation	23
- traditional rulers	28	- lack of awareness	20
		- government does not assist	14
		- fading away traditions	14
		- difficult to catch culprit	3
Fires can be controlled:		Fires cannot be controlled:	
- if people get organized	53	- lack of cooperation	55
- if government helps	29	- non-cattle owners apply	27
- fire breaks	9	- not known who starts a fire	18
- not known	9		

The following formula calculates the amount of regrowth required to supplement unburnt grass to obtain a maintenance diet of 7% CP in DM:

$$CP_{\text{diet}} = X * CP_{\text{burnt}} + (1-X) * CP_{\text{unburnt}}$$

$$\text{or } 7 = X * 8.2 + (1-X) * 2.8, \text{ where } X = 78\%.$$

Thus 1 kg DM unburnt grass must be supplemented with $78/22 = 3.5$ kg DM regrowth. In a grazing capacity study of the WP, calculations were based on a proper use factor of 5% for poor

quality unburnt grass and 50% for good quality regrowth (1). In the present study this would mean a DM intake of $0.05 * 1.3 \text{ t} = 0.065 \text{ t/ha}$ and $0.5 * 0.12 \text{ t} = 0.06 \text{ t/ha}$ for unburnt and regrowth grass, respectively. This implies that $0.065/0.06 * 3.5 = 3.8$ ha of regrowth is required for each ha of unburnt grass. In other words, approximately $3.8 \text{ ha}/4.8 \text{ ha} = 79\%$ of the area must be burnt. This is also suggested by the relative large proportion of time that cattle graze on regrowth (table III). If the diet is assumed to contain 10% browse of 12.5% CP (2), the proportion of burnt area required would be 68%. These results are influenced by soil and vegetation

Table II

DM yields (t/ha), CP and P concentrations (% of DM) (first, second and third block, respectively) of unburnt grass (UB) and regrowth (RE)

Weeks post burning	Bulozi floodplain		Siloana sand plain		Siloana woodland	
	UB	RE	UB	RE	UB	RE
Dry Matter (t/ha DM)						
3	1.0	0.12	0.8	0.13	0.6	0
7	1.8	0.11	1.4	0.11	0.8	0
11	1.4	0.14	1.4	0.11	0.6	0
7 reclip	0.2	0.13	0	0.03	0	0
11 reclip	0.2	0.08	0.2	0.05	0	0
Crude Protein (% of DM)						
3	2.9	10.5	2.6	8.8	3.6	**
7	2.3	7.4	2.9	6.3	3.6	**
11	2.5	8.3	3.8	7.6	3.5	**
7 reclip	2.7	8.5	**	9.7	**	**
11 reclip	5.4	9.0	6.2	10.8	**	**
Phosphorus (% of DM)						
3	0.12	0.19	0.01	0.09	0.01	**
7	0.16	0.17	0.01	0.07	0.01	**
11	0.15	0.16	0.01	0.06	0.01	**
7 reclip	0.16	0.16	**	0.09	**	**
11 reclip	0.12	0.18	0.03	0.10	**	**

** No data due to negligible regrowth

Table III

Type of forage grazed (% of time) in the Siloana sand plain region in the months of June and July 1991

	Woodland	Grassland	Fields	Total
Regrowth	2	34	1	37
Unburnt area	4	25	34	63
Total	6	59	35	100

types, selective grazing, and the number of days between the last rains and fire. But no matter what realistic assumptions are made, the outcome will be that a large proportion of the area must be burnt to allow cattle to graze a diet of sufficient quality. Strategic burning is therefore recommended on good soils in the late-wet or early-dry season, coupled with the planned conservation of standing dry forage.

CONCLUSION

Large areas are burnt every year. Farmers perceived the use of fire as beneficial and the observations on the regrowth indicate the need to burn large grazing areas to obtain a good quality diet. This requires a control of fires to some extent which might be very difficult to implement. Strategic burning on soils with a good texture, found in depressions, seems appropriate. Further investigations on the effect of burning and mineral supplementation on cattle performance are required.

Acknowledgements

The Dutch-funded Livestock Development Programme provided technical and financial support throughout the study. Mr. Peter Frost from the University of Harare, Zimbabwe, played a leading role in getting a policy and research programme on fire management in the WP off the ground.

REFERENCES

1. BAARS R.M.T., JEANES K.W., 1997. The grazing capacity of natural grasslands in the Western Province of Zambia. *Trop. Grassl.*, **31** (in press).
2. BAYER W., 1990. Use of native browse by Fulani cattle in Nigeria. *Agrofor. Syst.*, **12**: 217-228.
3. DICKO M.S., LAMBOURNE J., DE LEEUW P.N., DE HAAN C., 1983. Recherche sur les systèmes des zones arides du Mali : résultats préliminaires. Addis Abeba, Ethiopie, CIPEA, p. 96-101. (Rapport de recherche n° 5)
4. FROST P.G.H., 1992. A policy framework for fire management in the Western Province of Zambia. Consultancy report. Mongu, Zambia, LDP, DVTCS, DoA; Harare, Zimbabwe, University of Harare; Zeist, The Netherlands, RDP Livestock Services BV, 71 p.
5. JEANES K.W., BAARS R.M.T., 1991. The vegetation ecology and rangelands resources of the Western Province, Zambia. Mongu, Zambia, LDP, DVTCS; Lusaka, Zambia, DoA; Zeist, The Netherlands, RDP Livestock Services BV, 208 p.
6. LITTLE D.A., 1980. Observations on the phosphorus requirement of cattle for growth. *Res. vet. Sci.*, **28**: 258-260.
7. MILFORD R., MINSON D.J., 1966. Intake of tropical pasture species. *Proc. 9th int. Grassl. Congr., Sao Paulo*, **9**: 815-822.

8. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989. Nutrient requirements of dairy cattle, 6th ed. Washington DC, USA, National Academy Press, 157 p.
9. PRESSLAND A.T., 1982. Fire in the management of grazing lands in Queensland. *Trop. Grassl.*, **16**: 104-112.
10. TANTON N.M., 1981. Veld and Pasture Management in South Africa. Pietermaritzburg, South Africa, Shuter & Shooter, University of Natal Press, 481 p.
11. TOTHILL J.C., 1971. A review of fire in the management of native pasture with particular reference to north-eastern Australia. *Trop. Grassl.*, **5**: 1-10.
12. VAN KLING E.G.M., 1994. Aspects of productivity of traditionally managed barotse cattle in the Western Province of Zambia. Ph.D. thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 227 p.
13. VERBOOM W.C., BRUNT M.A., 1970. An ecological survey of Western Province, Zambia: Volume 1, The environment; Volume 2, the grasslands and their development. Tolworth, United Kingdom, Land Resources Division, Directorate of Overseas Surveys. (Land resource study No. 8)
14. WINTER W.H., 1987. Using fire and supplements to improve cattle production from monsoon tallgrass pastures. *Trop. Grassl.*, **21**: 71-81.

Reçu le 19.10.95, accepté le 3.7.97

Résumé

Baars R.M.T., Kalokoni D.M., De Koning M.A.I. La gestion du feu dans les pâturages collectifs de la Province de l'Ouest de la Zambie

Une enquête a été réalisée auprès d'éleveurs de bovins afin de comprendre leurs motivations et leur comportement dans la gestion du feu. Quarante-vingt pour cent des personnes interrogées considèrent le brûlage comme bénéfique car il favorise la repousse d'herbe verte. En revanche, 15 p. 100 des fermiers se plaignent qu'il en résulte un appauvrissement des pâturages. Une étude a permis d'évaluer la repousse de l'herbe durant la première moitié de la saison sèche. La production de matière sèche, de 1,3 t/ha avant brûlage, n'atteignait que 0,12 t/ha trois semaines après brûlage, sauf s'il y avait des coupes ultérieures des repousses. La teneur en matières azotées totales était plus élevée dans les repousses après brûlage (8,2 p. 100) que dans le pâturage initial (2,8 p. 100). Les taux de phosphore dépendaient davantage de la situation du pâturage que de l'effet du feu. La stratégie qui consiste à brûler les zones à fort potentiel de croissance (limons) est nécessaire afin d'obtenir un fourrage de qualité satisfaisante.

Mots-clés : Bovin - Parcours - Brûlage - Incendie - Repousse - Saison sèche - Saison humide - Agriculteur - Zambie.

Resumen

Baars R.M.T., Kalokoni D.M., De Koning M.A.I. El manejo del fuego en pastos comunales en la Provincia de Oeste de Zambia

Con el fin de determinar las prácticas e ideas con respecto al fuego, se llevó a cabo una encuesta entre los ganaderos. Ochenta por ciento consideraron los fuegos beneficiosos, porque proveen pasto verde. Por otro lado, 15% de los finqueros se quejaron de la falta de pasto ocasionada por las quemaduras. Un estudio de seguimiento registró el crecimiento de pasto durante la estación seca temprana y media. La producción de materia seca después del fuego fue de 0,12 t/ha, contra 1,3 t/ha antes del fuego y sin aumento posterior, excepto en caso de recorte del pasto. La concentración de proteína cruda fue más elevada en la fase de crecimiento después del fuego (8,2%) que en el pasto que no fue quemado (2,8%). Los niveles de fósforo fueron más influenciados por la ubicación que por el fuego en sí. Las quemaduras estratégicas de zonas con un alto potencial de crecimiento (suelos limosos) es necesaria para obtener suficiente calidad de forraje.

Palabras clave: Ganado bovino - Pastizales - Quema - Incendio - Rebrote - Estación seca - Estación húmeda - Agricultor - Zambia.

Données nouvelles sur le métabolisme des principaux éléments-traces chez le dromadaire

B. Faye ^{1*} M. Bengoumi ²

Mots-clés

Dromadaire - Cuivre - Zinc - Fer - Manganèse - Oligoélément - Métabolisme des minéraux - Complément alimentaire - Maroc.

Résumé

Dans un essai effectué sur cinq dromadaires recevant une ration de base couvrant leurs besoins d'entretien, une complémentation minérale à base de sulfates de cuivre, zinc, manganèse et cobalt, d'iodure et de sélénite a été distribuée pendant trois mois, après trois semaines d'adaptation. Après arrêt de la complémentation, les animaux ont été suivis pendant trois autres mois. Des prélèvements de sang, de fèces et de foie par biopsie ont été régulièrement effectués pour doser le cuivre et le zinc. Le fer et le manganèse ont été analysés dans les fèces et les rations seulement. Au cours des trois phases de l'essai, la cuprémie moyenne était de 44, 63 et 57 µg/100 ml et la zincémie de 35, 36 et 42 µg/100 ml. La complémentation minérale a donc augmenté les concentrations en cuivre au niveau plasmatique et hépatique, mais n'a pas modifié les teneurs en zinc. La concentration fécale de cuivre, zinc et manganèse a augmenté pendant la phase de complémentation, mais le taux d'absorption a globalement diminué de 15 à 20 p. 100, sauf celui du zinc qui est resté stable. La concentration du fer fécal a augmenté pendant la phase de complémentation en dépit de l'absence d'apport ferrique, indiquant une interaction négative entre minéraux mineurs et fer. L'ensemble des résultats permet de considérer les besoins du dromadaire en éléments-traces comme étant plus faibles que pour les autres ruminants.

■ INTRODUCTION

De nombreux travaux récents ont permis de préciser en quoi consistait, sur le plan physiologique, l'adaptation légendaire du dromadaire aux conditions d'élevage extensif en milieu aride. Notamment, la régulation endocrinienne du métabolisme hydrominéral a pu être précisée (9, 21) ainsi que les mécanismes d'adaptation à la restriction hydrique (5). Concernant les éléments-traces, les études relatives au dromadaire sont demeurées éparses (11) et essentiellement descriptives (7, 8). Pourtant, les variations physiologiques observées et les réponses à la complémentation minérale (14) laissaient suggérer un métabolisme particulier du dromadaire, par comparaison avec les autres espèces de ruminants domestiques.

L'essentiel des données disponibles dans la littérature est centré sur les valeurs observées des concentrations plasmatiques ou sériques (1, 12). Bien que ces valeurs constituent des indicateurs du statut nutritionnel en éléments-traces, elles ne renseignent pas sur le métabolisme de ceux-ci. Aussi la présente publication expose les données acquises récemment sur la régulation en éléments-traces dans l'espèce caméline et évalue ainsi les relations entre l'ingestion, le stockage hépatique et l'excrétion fécale. Bien entendu, la méthode factorielle classique utilisée pour déterminer le coefficient d'absorption réelle (CAR) n'est pas applicable dans le cas des éléments-traces, les besoins nets n'étant pas bien connus (17). Cette étude a été limitée aux éléments principaux dont le dosage est relativement aisé et les références disponibles dans la littérature : cuivre, zinc, manganèse et fer.

■ MATERIEL ET METHODES

L'essai a été réalisé à la station expérimentale du Gharb de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Maroc.

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

2. Département de biochimie clinique et nutritionnelle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202, Rabat Instituts, Maroc

* Adresse pour la correspondance

Les animaux

Cinq dromadaires âgés de 5 à 7 ans et en provenance du sud marocain ont été utilisés. Ils s'agissait de femelles tarées non-gestantes. Leur poids était approximativement de 400 kg. Elles étaient traitées contre les parasitoses externes et internes avec de l'ivermectine (Ivomec ND). Les animaux sont restés en bonne santé pendant toute la durée de l'expérience. Simultanément, cinq vaches tarées de race Pie-noire ont été utilisées dans le même essai. Elles recevaient la même ration alimentaire et étaient soumises au même protocole de prélèvements. Cependant, seuls les résultats concernant les dromadaires ont été exposés ici, ceux relatifs aux bovins n'intervenant que dans la discussion.

Procédure expérimentale

Pendant toute la durée de l'essai, les animaux ont été maintenus dans des box individuels. Ils recevaient une ration de base comprenant 3 kg de paille de blé, 1,5 kg de farine de riz et 1,5 kg de mélasse. Cette ration était distribuée individuellement. Il n'y eut aucun refus au cours de l'expérimentation. Cette ration était censée couvrir globalement les besoins d'entretien des animaux. La distribution d'eau de boisson était *ad libitum*. Après une période d'adaptation au régime de base pour conférer aux cinq animaux un statut nutritionnel comparable, la période expérimentale (195 jours) a comporté 3 phases :

1. Une période de contrôle (J1-J21) au cours de laquelle les animaux ne recevaient que la ration de base sans aucune adjonction d'éléments minéraux.
2. Une période de supplémentation minérale (J22-J112) au cours de laquelle a été préparé quotidiennement un complément minéral distribué individuellement. Ce complément contenait, pour l'ensemble des dix animaux, 9,5 g de sulfate de cuivre, 44 g de sulfate de zinc, 30,1 g de sulfate de manganèse, 153,5 mg d'iodure de calcium, 95,2 mg de sulfate de cobalt et 43,6 mg de sélénite de sodium, ce qui correspondait à un apport individuel quotidien de 240 mg de cuivre, 1 g de zinc, 1 g de manganèse, 10 mg d'iode, 2 mg de cobalt et 2 mg de sélénium. Ces quantités représentaient globalement le double des besoins estimés du dromadaire (14). Le complément minéral était mélangé à de la mélasse, puis à de la farine de riz et distribué individuellement chaque matin. Les auteurs se sont assurés que la totalité du complément était consommée.
3. Une période de post-supplémentation (J113-J195) pendant laquelle tout apport minéral complémentaire a été stoppé. Les animaux ne recevaient donc que la ration de base.

Prélèvements

Prélèvement de sang

Les prélèvements de sang étaient réalisés par ponction de la veine jugulaire dans des tubes vacutainer contenant un anticoagulant (héparine ND) non-contaminant en zinc. Après centrifugation, le plasma était collecté avec une pipette et congelé jusqu'à l'analyse. Tous les prélèvements sanguins étaient réalisés le matin, avant la distribution de nourriture et d'eau. Au cours de la première phase de l'essai, les prélèvements ont été effectués au J1, J7 et J21. Douze prélèvements ont été effectués au cours de la seconde phase, soit pratiquement chaque semaine (J24, 31, 38, 48, 55, 62, 69, 80, 87, 94, 101 et 108). Le même rythme de prélèvement a été proposé pendant le début de la phase 3 (J115, 122, 129, 136), puis chaque quinzaine jusqu'à la fin de l'expérimentation (J150, 164, 178, 195).

Biopsie hépatique

Le stockage hépatique étant un important indicateur du statut en éléments-traces, des biopsies du foie ont été réalisées régulièrement afin d'évaluer la dynamique du stockage et du déstockage dans le tissu hépatique. La technique utilisée était une adaptation de celle proposée par Cherrier et coll. (10) chez le chamelon. L'animal était contenu en position de decubitus sternal et recevait un sédatif par voie générale (1 cc de Xylazine, Rompun ND). Le point de ponction, situé sur le côté droit dans le 9^e espace intercostal, à égale distance de la base de la bosse et de l'intersection d'une ligne joignant la pointe de l'épaule à la pointe de la hanche, était lavé et désinfecté avec de l'alcool iodé. Une courte incision (1 cm) et une anesthésie locale avec de la xylocaïne 2 p. 100 (5 ml) permettaient d'enfoncer une sonde (trocard spécial pour biopsie hépatique) à travers le muscle et le péritoine. La sonde était dirigée vers l'avant. Le tissu hépatique était reconnaissable à sa consistance. A chaque biopsie, 100 à 500 mg de tissu hépatique frais étaient prélevés, puis conservés dans 0,5 ml d'acide sulfurique. Les biopsies étaient suivies d'une désinfection locale et d'une injection intramusculaire (10 cc d'oxytétracycline, TLA ND).

Deux biopsies ont été réalisées au cours de la première phase (J1 et J17), puis chaque mois au cours de la seconde phase (J48, 80, 108) et de la troisième (J136, 164, 195).

Prélèvement de fèces et d'urine

Pour chaque animal, les matières fécales de 24 h ont été prélevées, pesées puis séchées (à 100°C en étuve) et stockées dans des sacs en plastique en attendant d'être analysées. Le rythme de prélèvement était identique à celui des prélèvements de sang. L'urine de 24 h a également été collectée selon une méthodologie publiée par ailleurs (5) et selon le même calendrier que les fèces.

Echantillonnage de la ration alimentaire

Les éléments de la ration de base ont été échantillonnés au début de l'expérimentation, séchés et stockés en attendant d'être analysés. La composition de la ration étant la même tout au long de l'essai, un seul prélèvement a été effectué.

Analyses de laboratoire

Dans les aliments composant la ration de base, les éléments-traces (Cu, Zn, Fe, Mn) ont été mesurés par spectrophotométrie à absorption atomique selon la technique classique proposée par Bellanger (3). La méthode de Bellanger et Lamand, décrite en 1975 (4) et utilisant également la spectrophotométrie d'absorption atomique, a prévalu pour le dosage des éléments-traces dans le plasma (Cu, Zn) et l'urine (Cu, Zn).

Les échantillons de tissu hépatique ont été minéralisés par l'utilisation d'acides perchlorique et nitrique selon la méthode préconisée par Bellanger (3). Les échantillons de fèces ont été minéralisés par passage au four à 550°C pendant 12 h. Après minéralisation, les échantillons de fèces et de tissu hépatique ont été analysés par spectrophotométrie à absorption atomique. Seuls le cuivre et le zinc ont été recherchés au niveau hépatique. Cette recherche s'est étendue au fer et au manganèse dans l'analyse des fèces.

Méthodes statistiques

Les analyses de variance ont été réalisées avec le logiciel SYSTAT. Pour chaque variable à expliquer (éléments-traces), les effets de la période de complémentation minérale (3 niveaux : avant, pendant,

après) et du jour du prélèvement (23 niveaux pour le sang et les matières fécales ; 8 niveaux pour le foie) ont été testés. La normalité des distributions a été vérifiée au préalable par le test W (test d'asymétrie et d'aplatissement). Les corrélations entre deux variables sont testées par l'estimation du coefficient de corrélation de Pearson.

■ RESULTATS

Composition minérale de la ration de base et ingestion des minéraux

Une partie de la ration de base s'est avérée très carencée en cuivre et en zinc (tableau I). En effet, la paille de blé ne contenait que 2,9 ppm de cuivre et 21,3 ppm de zinc (par rapport à la matière sèche). La teneur en manganèse était particulièrement faible dans la mélasse (4 ppm). Au total, l'ingestion quotidienne de cuivre était de 35 mg pendant les phases 1 et 3 et de 275 mg pendant la phase de complémentation. Ces valeurs étaient respectivement de 145 et de 1 145 mg pour le zinc, de 293 et de 1 293 mg pour le manganèse. Aucun complément ne contenant du fer, l'apport ferrique a été constant tout le long de l'essai et représentait 330 mg par jour.

Régulation au niveau plasmatique

La valeur moyenne de la cuprémie était de 61 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (valeurs extrêmes de 41 à 69 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$). Au cours des 3 phases de l'essai, la cuprémie moyenne observée était respectivement de 44, 63 et 57 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. L'évolution de la cuprémie est illustrée dans la figure 1 et indique un léger effet de la complémentation ($p < 0,05$).

La zincémie observée était nettement plus faible (38 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ en moyenne avec des valeurs extrêmes de 32 à 45 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) et l'évolution au cours des 3 phases de l'essai (figure 1) n'indiquait aucun effet notable de la phase de complémentation. Les valeurs moyennes étaient respectivement de 35, 36 et 42 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ pour les 3 phases et les différences étaient non significatives.

Stockage hépatique du cuivre et du zinc

La concentration en cuivre hépatique a varié en moyenne de 10 ppm (par rapport à la MS) pendant la période de contrôle à 26 ppm au cours de la phase de complémentation minérale, puis à 18 ppm pendant la phase de post-complémentation. Pour le zinc, les valeurs étaient respectivement de 43, 36 et 45 ppm. Comme pour les valeurs plasmatiques, la complémentation minérale n'a eu d'effet significatif que sur la concentration en cuivre. La figure 2 illustre la dynamique de stockage et de déstockage au cours de l'essai.

Tableau I

Composition de la ration de base en éléments-traces (en ppm)

Élément-trace	Paille de blé	Farine de riz	Mélasse
Cuivre	2,9	6,8	17,0
Zinc	21,3	53,6	14,0
Manganèse	39,1	135,5	4
Fer	28,8	130	68

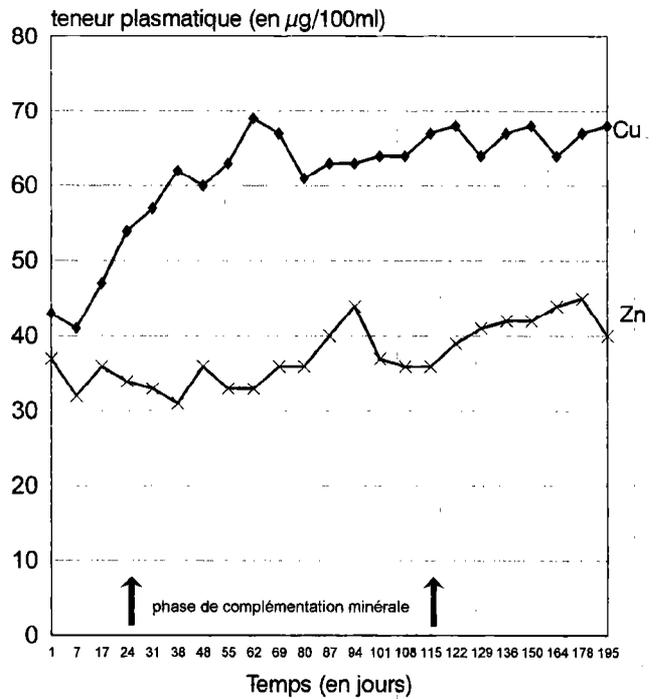


Figure 1 : évolution des valeurs plasmatiques du cuivre et du zinc chez le dromadaire au cours de l'expérimentation. Chaque point représente la moyenne des cinq animaux.

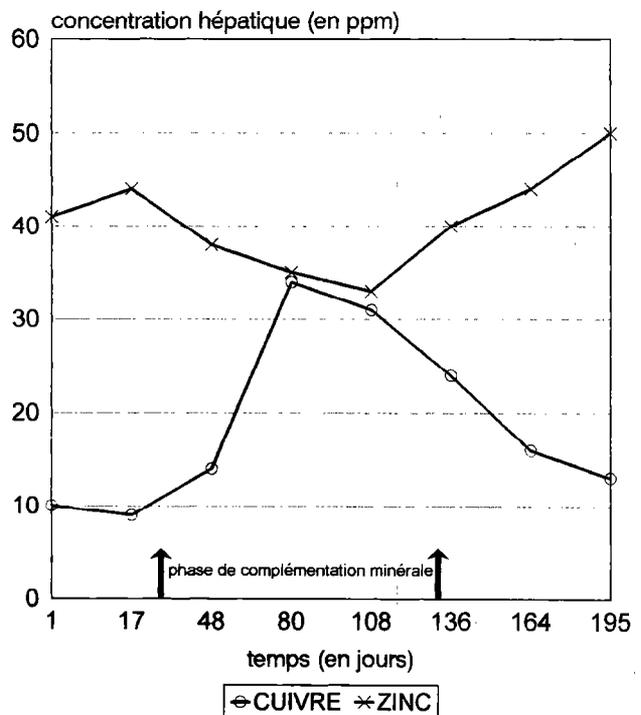


Figure 2 : évolution de la concentration en cuivre et en zinc dans le tissu hépatique du dromadaire.

Excrétion fécale et urinaire

La forte augmentation de l'ingestion d'éléments-traces au cours de la phase de complémentation était clairement associée à l'augmentation de la concentration fécale en éléments-traces aussi bien pour le cuivre, le zinc que le manganèse (figure 3). Entre les phases 1 et 2, l'ingestion de cuivre a été multipliée par 7,8 et l'excrétion fécale par 13,8. Ces valeurs sont respectivement de 4,5 et 7,1 pour le zinc, et de 4,4 et 3,2 pour le manganèse. Concernant le fer, en dépit de l'absence d'apport en sels ferriques, l'excrétion fécale a également augmenté. Elle a été multipliée par 4,3 et est demeurée élevée pendant la phase 3 (145 mg/kg de MS fécales en moyenne).

Absorption apparente

Les concentrations urinaires en cuivre et zinc sont demeurées anecdotiques, y compris pendant la phase de complémentation. L'urine n'entre donc pas en jeu de façon significative dans les processus d'excrétion. La quantité de MS fécale excrétée quotidiennement n'a, en moyenne, pas changé pendant les deux premières phases, soit 2,2 kg/j. Le taux d'absorption apparente n'est donc pas influencé par la quantité de matières fécales excrétées. En revanche, cette quantité a nettement diminué pendant la phase 3, passant à 1,5 kg/j, ce qui implique qu'en dépit d'un taux d'excrétion sensiblement plus élevé qu'en phase 1, la quantité totale excrétée de minéraux a retrouvé des valeurs comparables à la période précédant la supplémentation, à l'exception du zinc. L'absorption apparente a nettement diminué pendant la phase de complémentation, à l'exception également du zinc dont le rapport excrété/ingéré est demeuré assez faible comparativement aux autres minéraux (figure 4). En moyenne, l'absorption apparente du zinc

est passée de 61 p. 100 pendant la phase 1 à 56 p. 100 pendant la phase 2 et 54 p. 100 au cours de la phase d'arrêt de la complémentation. Ces valeurs ont été respectivement de 80, 65 et 75 p. 100 pour le cuivre, 78, 65 et 81 p. 100 pour le manganèse, et 88,62 et 81,5 p. 100 pour le fer.

DISCUSSION

A l'exception des travaux déjà anciens de Tartour au Soudan (23, 24), il existe peu d'études faisant le point sur la régulation des minéraux mineurs chez le dromadaire. A la connaissance des auteurs, aucun bilan métabolique (ingestion, stockage, excrétion) n'a été réalisé. Les résultats disponibles dans cette espèce demeurent épars et partiels. Les éléments exposés ici apportent donc des informations nouvelles sur le sujet. La forte augmentation de la digestibilité apparente observée chez les dromadaires lors de la période 3 reste inexplicée. En effet, la ration est restée inchangée alors que la quantité de matières sèches excrétées a diminué. En l'absence d'explications évidentes, l'interprétation des données de l'excrétion des éléments-traces et des taux d'absorption apparente chez les dromadaires pendant cette période est à considérer avec précaution.

Métabolisme du cuivre

La complémentation minérale assurait un apport quotidien de l'ordre de 60 mg par kg de matière sèche, c'est-à-dire un apport largement supérieur à celui généralement préconisé chez des ruminants tels que les bovins (19). En dépit de cet apport jugé considérable, la cuprémie est restée faible, en moyenne à un niveau

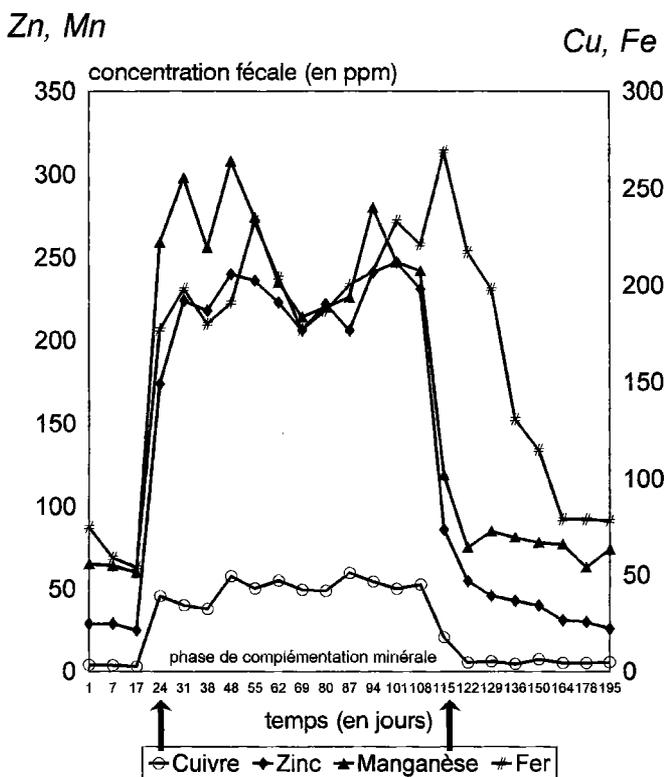


Figure 3 : évolution de la concentration fécale en cuivre, en zinc, en fer et en manganèse chez le dromadaire

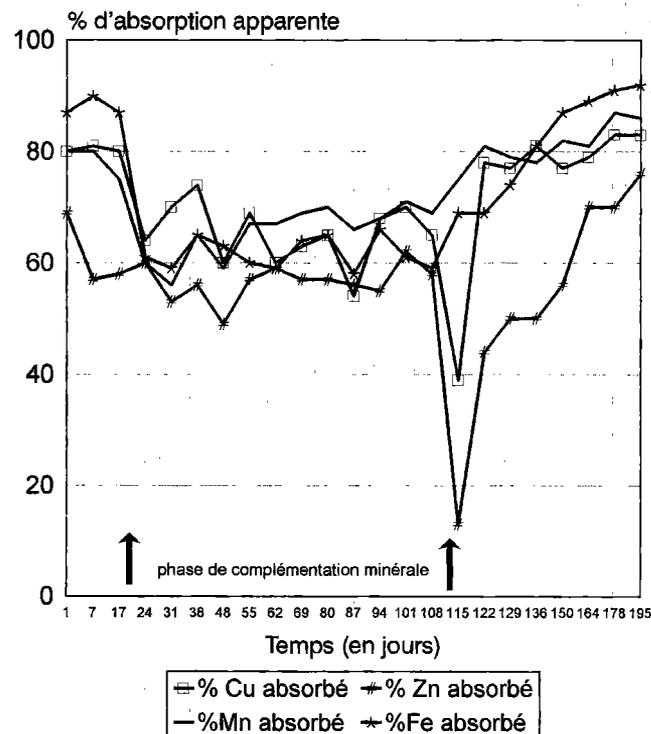


Figure 4 : évolution du taux d'absorption apparente en éléments-traces chez le dromadaire.

inférieur à la limite de carence préconisée chez les bovins (70 µg/100 ml) sauf après plusieurs semaines de complémentation. La cuprémie a cependant augmenté significativement pendant la période de complémentation. Néanmoins, elle est demeurée faible par rapport aux résultats de la littérature (8, 11). On peut donc suspecter une situation de subcarence au début de cet essai. En effet, la ration de base, n'apportant qu'environ 7,5 ppm de cuivre par kg de matière sèche, était juste suffisante pour satisfaire les besoins en la matière. En comparaison des bovins, dans des situations d'alimentation analogues, les valeurs de la cuprémie chez les dromadaires sont inférieures (6). Du fait sans doute de la situation de subcarence prévalant au début de cet essai, le stockage hépatique est demeuré peu important et un temps de latence a été observé avant que la concentration hépatique ne se soit améliorée. L'apport complémentaire en cuivre a donc été utilisé en priorité pour rétablir la cuprémie. Inversement, le déstockage hépatique du cuivre a été très rapide en fin de période de complémentation, ce qui a permis un relatif maintien de la cuprémie. Les concentrations en cuivre hépatique sont demeurées faibles par rapport aux bovins (6), mais correspondent aux observations les plus récentes répertoriées chez le dromadaire (14, 26).

Cependant, une partie notable du cuivre a été excrétée. Comme pour tous les ions positifs, l'essentiel de l'excrétion se fait par voie fécale. Celle-ci inclut la partie non-absorbée au niveau intestinal et la partie endogène provenant des retours dans la lumière intestinale des minéraux préalablement absorbés. Dans le cas présent, seule la différence entre l'ingéré et l'excrété a pu être mesurée, donnant une estimation grossière de l'absorption apparente. Le pourcentage de cuivre absorbé, de l'ordre de 80 p. 100 en l'absence de complémentation, a diminué sensiblement lors d'apport cuprique. Cette diminution de l'absorption en cuivre pendant la phase de complémentation peut en partie s'expliquer par l'interaction négative cuivre-zinc, celle-ci étant plus importante pour le cuivre que pour le zinc chez le dromadaire (8). Les taux d'absorption chez les dromadaires non-complémentés étaient sensiblement plus faibles que ceux observés chez des bovins (85-86 p. 100 chez les bovins contre 75-80 p. 100 chez les dromadaires) soumis au même régime alimentaire (6), mais plus élevés en cas de complémentation (65 p. 100 chez les dromadaires contre 61 p. 100 chez les bovins). Ces résultats tendent à montrer que les besoins en cuivre du dromadaire pourraient être moins importants que chez les autres espèces de ruminants. Cependant, en cas de complémentation spécifique, le dromadaire semble présenter une meilleure capacité d'absorption apparente, mettant ainsi à profit un contexte nutritionnel provisoirement favorable. Par ailleurs, le comportement alimentaire du dromadaire en milieu semi-aride (ration plus riche en fourrages ligneux dont beaucoup de légumineuses) lui permet d'accéder plus facilement que les autres ruminants à une alimentation plus riche en azote (22) et en minéraux mineurs (15). Ceci explique, étant donnée l'interaction positive azote-cuivre (14), que le dromadaire « s'en sort » globalement mieux que les bovins, ou même les petits ruminants, dans des conditions naturelles (12, 24).

Métabolisme du zinc

Malgré un apport quotidien de 250 ppm de zinc environ par kg de MS pendant la phase de complémentation, la zincémie observée est restée à des niveaux très faibles, confirmant les résultats récents sur le sujet, aussi bien à Djibouti (14), au Maroc (8) qu'en France (13). Les dromadaires présentent normalement une zincémie faible qui n'est pas influencée par la complémentation minérale. On peut affirmer que la limite de carence se situe plutôt vers 40 µg/100 ml. De plus, la complémentation en zinc ne modifie pas

non plus l'état de stock hépatique dont les valeurs observées dans la présente étude sont en général inférieures à celles rapportées dans la littérature (14, 27), excepté au Soudan (1). L'excrétion urinaire et pileaire du zinc étant insignifiante, l'excrétion fécale demeure la voie principale d'exportation du zinc d'origine alimentaire et endogène. Or, le rapport excrété/ingéré était de l'ordre de 40 p. 100 pendant la phase 1 et 45 p. 100, en moyenne, pendant les phases 2 et 3. Le taux d'absorption a donc très peu diminué pendant la phase de complémentation, l'interaction cuivre-zinc jouant plutôt en la défaveur du cuivre (8). De plus, contrairement au cuivre, la quantité de zinc excrétée pendant la phase d'arrêt de la complémentation (phase 3) ne s'est pas retrouvée à la hauteur des valeurs de la phase 1. Il est d'ailleurs remarquable qu'immédiatement après l'arrêt de la complémentation, la quantité de zinc excrétée ait été sensiblement égale à l'ingéré, ce qui ne se produit pas chez les bovins soumis au même régime alimentaire (6). On peut penser que le maintien d'une excrétion fécale élevée après une période de forte complémentation est dû à l'état des stocks endogènes, suffisants pour assurer la demande biologique de l'organisme. Il a fallu attendre un mois après l'arrêt de la complémentation pour observer un rétablissement du taux d'absorption apparente, sans pour autant observer de changement de la zincémie.

L'ensemble de ces résultats permet de considérer que, globalement, les besoins en zinc du dromadaire paraissent faibles. Cependant, ces résultats indiquent aussi qu'il existe un site de stockage extérieur au foie (pas d'augmentation du zinc hépatique) et au système sanguin (peu de changement de la zincémie). L'importante activité enzymatique du rein (5) pourrait conduire à considérer cet organe comme un point potentiel de stockage (20).

Métabolisme du manganèse

Le dosage du manganèse dans le plasma ou dans le foie ne présente pas d'intérêt clinique (19). Aucun de ces tissus, en effet, ne constitue un reflet fidèle des situations de carence en manganèse. Aussi, cet essai s'est-il limité à l'évaluation de l'ingéré et de l'excrété. En l'absence d'apport minéral, le rapport excrété/ingéré a été de l'ordre de 20 p. 100, en moyenne, et a sensiblement augmenté pendant la phase de complémentation (35 p. 100 en moyenne). Par comparaison avec le cuivre, l'absorption apparente a donc diminué pendant la phase de complémentation. Le taux d'absorption apparente en manganèse paraît deux fois plus élevé chez les dromadaires que chez les bovins soumis au même régime alimentaire : 32-48 p. 100 selon la complémentation minérale (6). Il est admis que l'absorption du manganèse est faible chez la plupart des ruminants. Selon certains auteurs, 95 p. 100 environ de cet élément est excrété chez les bovins (18). Le dromadaire présenterait donc une plus grande capacité d'absorption du manganèse que les autres ruminants. En l'absence de stockage hépatique notable (1, 2, 27) et de stockage rénal (1) ou adipo-musculaire (28), il existe d'autres formes de stockage dans l'organisme, en particulier dans le tissu osseux. On peut considérer qu'à l'instar du zinc les besoins du dromadaire sont globalement couverts par la ration de base, en dépit de la très faible teneur bien connue de la mélasse.

Métabolisme du fer

Il n'existe pas de carence en fer chez les ruminants pâturant dans des conditions naturelles (26). De ce fait, le dosage du fer plasmatique ne présente pas d'intérêt clinique. Dans les quelques références sur le sujet, le dromadaire présente une sidéremie plutôt plus faible que chez les autres espèces de ruminants (12, 16, 25).

Si certains auteurs ont dosé le fer hépatique (2, 27), son intérêt demeure limité, l'essentiel du stockage ferrique étant réalisé au niveau sanguin.

Dans cet essai, la concentration de fer fécal (principale voie d'excrétion) a fortement augmenté pendant la phase de complémentation minérale. L'apport alimentaire n'ayant pas changé, cela signifie qu'il y avait une forte interaction avec les autres éléments minéraux apportés par la complémentation minérale. Autrement dit, la complémentation en éléments-traces modifie l'absorption du fer au niveau intestinal. Il existe donc une forte synergie entre les éléments-traces, le cuivre, le zinc ou le manganèse déprimant l'absorption du fer, à l'instar de l'interaction négative observée entre le cuivre et le zinc par compétition de l'absorption au niveau intestinal (8). Toutefois, l'effet déprimant paraît moins marqué chez le dromadaire que chez les bovins soumis au même régime alimentaire (6) : le taux d'absorption chez les bovins complémentés n'est que de 50 p. 100 contre 62 p. 100 chez les dromadaires complémentés. Inversement, en l'absence de complémentation minérale, le taux d'absorption ferrique est plus important chez les bovins (environ 90 p. 100) que chez les dromadaires (environ 85 p. 100).

■ CONCLUSION

Le dromadaire a sans doute la capacité d'être moins affecté par les déficits en éléments-traces, ses besoins paraissant moins importants que les autres ruminants en ces nutriments. Ceci est surtout le cas pour le zinc qu'il a la capacité de réguler à des niveaux nettement inférieurs à ceux des autres ruminants. Cependant, le zinc joue un rôle très important dans certaines fonctions enzymatiques en relation avec les capacités immunitaires des animaux, ainsi qu'au niveau de l'intégrité cutanée. Il y a sans doute là des éléments à approfondir, à mettre peut-être en relation avec la forte mortalité des jeunes et la sensibilité de l'espèce aux maladies de la peau. Si les normes des différents éléments-traces chez le dromadaire commencent à être bien décrites, si le métabolisme général devient plus explicite, il reste des points à préciser relatifs aux relations entre les taux circulants et les performances des animaux.

Remerciements

Ce travail a pu être en grande partie réalisé grâce au soutien de la Fondation internationale pour la science qui a décerné une bourse (B/2293 1) au Dr Bengoumi. Nous remercions également K. Zro, étudiant à l'IAV Hassan II, pour son active participation à la réalisation de cet essai.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABU DAMIR H., TARTOUR G., ADAM S.E.I., 1983. Mineral contents in livestock in Eastern Sudan. *Trop. Anim. Health Prod.*, **15**: 15-16.
2. AWAD Y.L., BERSCHNEIDER F., 1977. Values for certain minerals and trace-elements in some tissues of the camel (*Camelus dromedarius*). *Egypt. J. vet. Sci.*, **14**: 31-35.
3. BELLANGER J., 1971. Le dosage des oligo-éléments dans les fourrages. *Ann. Nutr. Alim.*, **25**: 59-96.
4. BELLANGER J., LAMAND M., 1975. Méthode de dosage du cuivre et du zinc plasmatique. *Bull. tech. INRA Theix*, **20**: 53-54.
5. BENGOUMI M., 1992. Biochimie clinique du dromadaire et mécanismes de son adaptation à la déshydratation. Thèse doct. Sciences agronomiques, IAV Hassan II, Rabat, Maroc, 184 p.
6. BENGOUMI M., ESSAMADI A.K., TRESSOL J.C., FAYE B., 1996. Comparative study of copper and zinc metabolism on cattle and camel (soumis pour publication).
7. BENGOUMI M., FAYE B., EL KASMI K., TRESSOL J.C., 1995. Facteurs de variation des indicateurs plasmatiques du statut nutritionnel en oligo-éléments chez le dromadaire au Maroc. I. Valeurs usuelles et variations physiologiques. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48**: 271-276.
8. BENGOUMI M., FAYE B., TRESSOL J.C., BENGOUMI D., 1995. Facteurs de variation des indicateurs plasmatiques du statut nutritionnel en oligo-éléments chez le dromadaire au Maroc. II. Effet d'une complémentation minérale. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48**: 276-280.
9. BENGOUMI M., RIAD F., GIRY J., DE LA FARGE F., SAFWATE A., DAVICCO M.J., BARLET J.P., 1993. Hormonal control of water and sodium in plasma and urine of camels during dehydration and rehydration. *Gen. comp. Endocr.*, **89**: 378-386.
10. CHERRIER R., SUMBORO M., FAYE B., 1991. Note sur une méthode de biopsie hépatique chez le jeune dromadaire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **44**: 131-133.
11. FAYE B., BENGOUMI M., 1994. Trace-elements status in camels: a review. *Biol. Trace Elem. Res.*, **41**: 1-11.
12. FAYE B., GRILLET C., TESSEMA A., 1986. Teneur en oligo-éléments dans les fourrages et le plasma des ruminants domestiques en Ethiopie. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **39**: 227-237.
13. FAYE B., JOUANY J.P., CHACORNAC J.P., RATOYONANAHARY M., 1995. L'élevage des grands camélidés. Analyse des initiatives réalisées en France. *INRA Prod. Anim.*, **8**: 3-17.
14. FAYE B., SAINT-MARTIN G., CHERRIER R., ALI RUFFA M., 1992. The influence of high dietary protein, energy and mineral intake on deficient young camel: II. Changes in mineral status. *Comp. Bioch. Physiol.*, **102A**: 417-424.
15. FAYE B., TISSERAND J.L., 1989. Problèmes de la détermination de la valeur alimentaire des fourrages prélevés par le dromadaire. *Options méditerran.*, **2**: 61-65.
16. GHOSAL A.K., DWARAKNATH P.K., JATKAR P.R., 1976. A note on serum iron levels in domestic animals of north-western Rajasthan. *Indian J. Anim. Sci.*, **46**: 449.
17. GUEGUEN L., LAMAND M., MESCHY F., 1988. Nutrition minérale. In : Jarrige, éd., Alimentation des bovins, ovins et caprins. Paris, France, INRA, p. 95-111.
18. KHALILI M., LINDGREN E., VARVIKKO T., 1993. A survey of mineral status of soil, feed and cattle in the Selale Ethiopian highlands. II. Trace-elements. *Trop. Anim. Health Prod.*, **25**: 193-201.
19. LAMAND M., 1987. Place du laboratoire dans le diagnostic des carences en oligo-éléments chez les ruminants. *Rec. Méd. vét.*, **163**: 1071-1083.
20. McDOWELL L.R., 1992. Minerals in animals and human nutrition. San Diego, USA, Academic Press, 237 p.
21. RIAD F., BENGOUMI M., GIRY J., DAVICCO M.J., SAFWATE A., BARLET J.P., 1994. Renin-aldostérone axis and arginine-vasopressin responses to sodium depletion in camels. *Gen. comp. Endocr.*, **95**: 240-247.
22. RUTAGWENDA T., LECHNER-DOLL M., SCHWARTZ H.J., SCHULTKA W., VON ENGELHARDT W., 1990. Dietary preference and degradability of forage on a semi-arid thornbush savannah indigenous ruminants, camels and donkeys. *Anim. Feed Sci. Tech.*, **35**: 179-192.
23. TARTOUR G., 1966. Study of the role of certain trace-elements in relation to the health of livestock in the Sudan. PhD Thesis, University of London, London, United Kingdom.
24. TARTOUR G., 1975. Copper status in livestock, pasture and soil in Western Sudan. *Trop. Anim. Health Prod.*, **7**: 87-94.
25. TARTOUR G., IDRIS O.F., 1970. Studies of copper and iron metabolism in the camel fetus. *Acta vet. Brno*, **39**: 397-403.
26. UNDERWOOD E.J., 1977. Trace-elements in human and animal nutrition, 4th ed. New York, USA, NY Academic Press.
27. WENSVOORT J., 1992. Copper, iron, manganese and zinc concentrations in livers of race animals. In: Proc. First int. camel symp., Dubai, United Arab Emirates, February 2-7, 1991.
28. ZAMIL LE-FAER M., RAWDAH T.N., ATTAR K.M., DAWSON M.V., 1991. Mineral and proximate composition of the meat of the one-humped camel (*Camelus dromedarius*). *Food Chem.*, **42**: 139-143.

Reçu le 25.2.97, accepté le 30.6.97

Summary

Faye B., Bengoumi M. New data on the metabolism of main trace-elements in the one-humped camel

In an experiment, a mineral supplementation with copper, zinc, manganese and cobalt sulphates, iodide and selenite had been given for three months, after a three week adaptation period, to five one-humped camels fed with a basal diet covering maintenance requirements. After stopping supplementation, camels were monitored for three more months. Blood, feces samples and liver biopsies were performed regularly to measure copper and zinc levels. Manganese and iron were analyzed in feces and diet only. During the three stages of the experiment, mean blood copper levels were 44, 63 and 57 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ and mean blood zinc levels 35, 36 and 42 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Therefore, mineral supplementation increased copper concentrations in plasma and liver, but zinc concentrations did not change. Fecal copper, zinc and manganese concentrations increased during the supplementation stage, but the overall absorption rate decreased from 15 to 20%, except for zinc levels that remained stable. Apparent iron absorption also decreased during the supplementation period, in spite of no iron supplementation, showing a negative interaction between minor minerals and iron. These results suggest that trace-elements requirements in one-humped camels are lower than for other ruminants.

Key words: Dromedary - Copper - Zinc - Iron - Manganese - Trace-elements - Mineral metabolism - Supplements - Morocco.

Resumen

Faye B., Bengoumi M. Nuevos datos sobre el metabolismo de los principales elementos traza en el dromedario

Durante un ensayo involucrando cinco dromedarios que recibieron una ración de base para cubrir las necesidades de mantenimiento, se distribuyó un complemento mineral a base de sulfatos de cobre, zinc, manganeso y cobalto, de yoduro y selenita, durante tres meses y después de tres semanas de adaptación. Después de la suspensión de la suplementación, los animales se siguieron durante otros tres meses. Se tomaron regularmente muestras de sangre, de heces y de hígado por biopsia, para dosificar el cobre y el zinc y para una parte de los sustratos, el hierro y el manganeso. Durante el curso de las tres fases del ensayo, la cupremia media fue de 44, 63 y de 57 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ y el nivel de zinc en sangre de 35, 36 y 42 $\mu\text{g}/100\text{ml}$. Por lo tanto, la suplementación mineral aumento las concentraciones de cobre a nivel plasmático y hepático, pero no modificó la tenencia en zinc. La concentración fecal de cobre, zinc y manganeso aumentó durante la fase de suplementación, pero la tasa de absorción disminuyó globalmente de 15 a 20%, excepto la del zinc, que se mantuvo estable. La concentración de hierro fecal aumentó durante la fase de sulementación, a pesar de la ausencia del aporte férrico, indicando una interacción negativa entre los minerales menores y el hierro. El conjunto de los resultados lleva a considerar que las necesidades del dromedario en elementos traza son más bajas que para los otros rumiantes.

Palabras clave: Dromedario - Cobre - Cinc - Hierro - Manganeso - Oligoelemento - Metabolismo de minerales - Suplemento - Marruecos.

Note de lecture :

Tropical animal feeding

A manual for research workers

□ Cet ouvrage, en langue anglaise, publié par la FAO en 1995, n'a pas pour vocation d'être un guide complet d'alimentation des animaux en conditions tropicales, mais plutôt de proposer des réflexions et des conseils pratiques sur les spécificités de la pratique de l'alimentation animale et des recherches associées dans les pays tropicaux en développement. L'approche des systèmes d'élevage et d'alimentation est basée sur des critères de « durabilité » biologiques, écologiques et socio-économiques. Le sujet, très vaste, a conduit l'auteur à des choix : d'une part, il ne s'attarde pas sur les modèles techniques « occidentaux » dont il récuse l'application directe aux conditions des pays tropicaux et qui sont, par ailleurs, très abondamment exposés dans la littérature scientifique ; d'autre part, l'ouvrage est axé sur deux facettes complémentaires : un ensemble de réflexions très générales sur les systèmes d'alimentation, les priorités à donner aux recherches, etc., et d'autres sections, au contraire, extrêmement concrètes sur des méthodes simples qui peuvent être réalisées avec des moyens limités. C'est donc un ouvrage qui ne couvre pas l'ensemble du sujet, mais qui fait part d'idées originales ayant pour but de sortir de la « pensée unique » des modèles intensifs occidentaux.

Les deux premiers chapitres sont consacrés à l'exposé de principes généraux sur les systèmes d'alimentation. L'auteur préconise en particulier une évaluation des systèmes par des indicateurs multiples au lieu de ne juger que le niveau de performances. Il recommande notamment la réduction du niveau des intrants, l'optimisation des recyclages dans les exploitations (systèmes intégrés), la recherche de ressources alimentaires locales (ra-

cines et tubercules, tourteaux locaux, plantes pérennes). Certaines pistes pour optimiser la production de biomasse (manioc, canne à sucre) et son utilisation sont rapidement évoquées.

Les chapitres 3 à 6 concernent la description des besoins des animaux (monogastriques et ruminants) et la discussion des ressources alimentaires potentiellement disponibles. Pour les monogastriques, l'accent est mis particulièrement sur l'utilisation du manioc sous diverses formes, de la canne à sucre et de ses dérivés, de sous-produits ménagers ou agro-industriels. La faible teneur en protéines des ressources énergétiques tropicales conduit à rechercher des sources de protéines. Pour les ruminants, le point principal porte sur les effets bénéfiques de la complémentation des rations de base (par exemple : blocs mélasse-urée) ou du traitement des fourrages (traitement par l'ammoniac). L'intégration de l'élevage dans l'exploitation (utilisation des sous-produits et déchets) et l'utilisation de sous-produits industriels (bouts blancs et bagasse de canne à sucre, etc.) sont également évoqués. Le chapitre 7 traite plus spécifiquement de l'intégration des productions dans des systèmes cohérents et dans l'apport de certaines technologies pour l'amélioration de la valeur alimentaire : neutralisation des facteurs antinutritionnels, conservation des aliments (ensilage).

Les chapitres 8 à 13 sont davantage destinés à la planification et à la réalisation d'expériences sur la valeur alimentaire. Les notions de planification expérimentale sont présentées sous un angle statistique très concret, avec le souci de bien prévoir l'expérience pour pouvoir en tirer le maximum d'informations lors de l'interprétation. Le détail des procédures statistiques exposées ne permet probablement pas au néophyte d'acquérir un réel savoir-faire dans ce domaine mais peut permettre de prendre conscience des idées clés à avoir lors de l'écriture d'un protocole. La partie consacrée aux méthodes d'investigation sur animaux porte notamment sur l'exposé très concret de méthodes de canulation ruminale pour pouvoir étudier *in*

situ la dégradation des aliments chez les ruminants. Les principales méthodes chimiques utilisées pour l'analyse des aliments et des matières fécales sont également décrites. Des conseils pour la réalisation d'expériences en station ou sur le terrain sont ensuite discutées, en se basant sur des exemples concrets. La portée générale de ces chapitres est néanmoins limitée car ce genre d'expériences dépend énormément de la situation locale, des objectifs de recherche et des moyens disponibles. Enfin, un dernier chapitre est consacré à la diffusion des résultats de la recherche, en insistant sur le fait qu'une expérience non publiée est une perte de temps et d'argent. Un accent particulier est mis sur l'utilisation des nouvelles technologies de l'information, notamment du courrier électronique et des publications (conférences ou journaux) électroniques.

Plan de l'ouvrage :

1. Managing natural resources for sustainable livestock-based agriculture
2. Identifying priority areas for research on tropical feed resources
3. Nutrition of non-ruminants
4. Feed resources for non-ruminants
5. Nutrition of ruminants
6. Feed resources for ruminants
7. Technologies for improving the use of renewable natural resources
8. Design and analysis of experiments
9. Biological and chemical analytical methods
10. Animal feeding trials
11. On-farm research : a discussion of some practical examples and procedures
12. Guidelines for the evaluation of feed resources
13. Presentation of result resources

Denis Bastianelli
CIRAD-EMVT

.....
Preston T.R., 1995. Tropical animal feeding. A manual for research workers. Rome, Italy, FAO, 310 p. (Animal production and health paper No. 126)

Note de lecture :

Agriculture africaine et traction animale

1. Origine et objet de l'ouvrage

Cet ouvrage a été rédigé par le Département des systèmes agro-alimentaires et ruraux (CIRAD-SAR), en collaboration avec le Département d'élevage et de médecine vétérinaire (CIRAD-EMVT), à la demande du Ministère de la coopération.

Le Ministère de la coopération a souhaité mettre à la disposition des agents intervenant dans les projets et organismes, publics et privés, de recherche, de développement et d'enseignement agricoles des Etats africains un nouveau guide leur permettant non seulement de conseiller et de former techniquement les producteurs, mais aussi de discuter l'intégration de la traction animale au sein de l'unité de production.

Il existe déjà un certain nombre d'ouvrages et de manuels sur ce thème de la traction animale (CEEMAT, 1968 ; GTZ, 1982 ; FAO, 1972, 1984, 1994, etc.) ; ils donnent en général la priorité aux aspects techniques à travers la présentation des animaux, du matériel et de l'artisanat. Ces documents étaient destinés aux ingénieurs et techniciens des structures publiques ou parapubliques pour les aider à préparer et à conduire des opérations de mécanisation faisant intervenir la traction animale dans le cadre de projets de développement.

Ce nouvel ouvrage a été élaboré dans le but de développer une capacité à intégrer la traction animale au sein des systèmes agraires existants. Il tente de mieux répondre aux besoins d'un monde agricole en restructuration où les tâches d'encadrement et de gestion de projets laissent la place aux activités de conseil. On ne propose plus d'animaux et d'équipements au paysan uniquement à partir de normes techniques. On l'aide à choisir en fonction de ses besoins, dans le cadre de son unité de production.

Cet ouvrage est divisé en quatre parties. La principale originalité réside dans la première partie « Systèmes agraires et traction animale » qui présente les facteurs favorables et défavorables à la traction animale, en

s'appuyant sur des analyses de cas concrets. Les trois autres parties « Les animaux de traction », « la maîtrise de l'élevage » et « techniques culturelles et équipement » reprennent et actualisent les aspects techniques relatifs aux animaux, aux matériels et à l'artisanat. Elles insistent sur les contraintes pratiques rencontrées par les utilisateurs et sur les solutions à y apporter.

Cet ouvrage est principalement orienté sur l'emploi de la traction animale dans les régions intertropicales d'Afrique (et particulièrement dans les pays francophones) et à Madagascar.

2. Le point sur la traction animale en Afrique francophone

En Afrique, au Sud du Sahara, l'écart s'est creusé entre la croissance démographique et celle de la production agricole. Les taux ont été de 3 p. 100 par an pour la première, de 1,8 p. 100 pour la seconde au cours des trois dernières décennies. Cette situation a conduit à une diminution du produit agricole par habitant, et s'est répercutée sur l'alimentation, notamment, dans les centres urbains dont le nombre et la taille se sont accrus. Les importations de produits alimentaires tendent donc à augmenter. Dans certaines régions, la pression sur la terre résultant de la croissance démographique ne permet plus au système traditionnel de jachère de longue durée d'assurer la pérennité de l'environnement.

L'exploitation mal maîtrisée des terres a des conséquences néfastes (défrichements, érosion, baisse de fertilité) diminuant les potentialités de production du milieu. Il n'est pas aisé de renverser cette tendance ; une meilleure association de l'agriculture et de l'élevage apparaît comme une solution et l'utilisation de l'énergie animale peut y contribuer. La culture avec traction animale doit permettre d'améliorer la productivité du travail ainsi que la gestion de la fertilité.

Mais l'énergie animale ne contribuerait, pour le moment, qu'à environ 50 p. 100 de l'énergie utilisée pour la production agricole des pays tropicaux.

En 1990, sur près d'un milliard et demi de têtes de bétail domestique dans le monde, environ 400 millions étaient utilisés comme animaux de trait ou de bât. Dans les pays industrialisés, les animaux de trait ont été progressivement remplacés par des moteurs, éliminant ainsi les acteurs les moins performants de la production agricole. Dans les pays en développement, la culture attelée apparaît comme une technique adaptée sans constituer toutefois la panacée. En Afrique subsaharienne, le cheptel de trait continue à augmenter : de 10 millions de têtes en 1980 à 12-13 millions en 1995.

3. Intérêt de la traction animale et évolutions récentes

L'emploi des animaux de trait met en jeu des puissances plus grandes que celles permises par le seul travail de l'homme. Il facilite une activité essentielle de transport (sur l'exploitation et à l'extérieur). Il incite à la sédentarisation des animaux et à leur intégration dans l'exploitation et de ce fait entraîne une évolution dans les systèmes de production. En outre, il fournit des produits d'alimentation humaine (lait et viande) et de fertilisation des sols (fumier). En matière d'organisation du travail et des chantiers, la traction animale aide à supprimer certains goulets d'étranglement, en écrêtant des pointes de travaux. Dans les régions arides, les animaux aptes au travail existent en nombre suffisant, mais l'agriculture est peu développée. La traction animale sert aussi à l'exhaure de l'eau et au transport. Dans les régions humides, l'élevage d'animaux aptes au travail est plus difficile pour des raisons sanitaires. C'est dans les régions d'altitude que la traction animale est la plus développée et la plus ancienne de toute l'Afrique subsaharienne (Ethiopie). Ces trente dernières années, en Afrique francophone, la traction animale s'est fortement développée dans les zones semi-arides et sub-humides, grâce aux cultures de rente, coton et arachide, qui ont permis le financement des équipements et des animaux.

D'importants programmes et projets ont encadré ces filières de la production à la commercialisation. Dans le domaine de la traction animale, leurs actions ont porté sur la formation, le financement à crédit et la distribution des matériels, la modernisation de l'artisanat, et la mise en place d'une

fabrication industrielle nationale. Les chevaux, les dromadaires, les zébus et les ânes sont les mieux adaptés aux zones les plus sèches, les bovins trypanotolérants à celles plus humides. Les taux d'adoption sont variables selon les pays et à l'intérieur de ceux-ci, allant de 90 p. 100 des exploitations équipées dans le Bassin arachidier au Sénégal à moins de 20 p. 100 dans d'autres régions, comme la Haute et la Moyenne Guinée. Les zones à tradition d'élevage sont beaucoup plus favorables à la traction animale et la répartition du cheptel peut évoluer de diverses manières. L'élevage de reproduction n'est cependant pas indispensable pour la traction animale quand des zones d'élevage existent à proximité. Contrairement aux espoirs des promoteurs de nombreux schémas de développement, l'introduction de la traction animale dans les exploitations n'a pas toujours répondu à l'objectif d'intensification des systèmes de culture. Elle a permis, dans de nombreux cas, de satisfaire les stratégies paysannes d'extensification, de diminuer la charge de travail à certaines périodes et de mieux contrôler le foncier. La quantité totale de travail fourni diminue rarement dans les exploitations équipées, car toutes les interventions ne sont pas mécanisées. Lorsqu'il y a accroissement des surfaces, les semis, les sarclages, les récoltes et les transports nécessitent un travail manuel supplémentaire. La traction animale a entraîné des modifications dans les systèmes de culture et d'élevage. Ses effets sur les revenus, souvent reconnus positifs, sont difficiles à évaluer. Enfin, la qualité du travail des opérations mécanisées peut souvent être améliorée.

Cette extension des surfaces, liée à la traction animale, donne une part plus large aux cultures commerciales, mais avec des rendements qui ne sont pas toujours supérieurs à ceux des exploitations en culture manuelle. Dans les zones fortement peuplées et aux réserves foncières limitées, l'introduction de la traction animale n'entraîne pas systématiquement de modifications importantes des superficies cultivées par personne. Le travail à l'entreprise peut alors être une source importante de revenus. Dans certaines situations (Mali-Sud, Bassin arachidier au Sénégal), l'accroissement de la population des dernières décennies s'est traduit par la mise en culture de nouvelles terres jusqu'à la saturation

foncière. La terre y est devenue une ressource rare et des dégradations du milieu naturel sont constatées : réduction du temps de jachère, disparition des ligneux, accentuation des phénomènes érosifs. En absence de mesures conservatoires, la culture attelée peut contribuer à accentuer ces risques de dégradation en permettant une augmentation rapide des superficies cultivées.

Actuellement, les structures des exploitations non équipées et le contexte socio-économique sont différents et moins favorables pour le déploiement de la traction animale. Les Etats se sont désengagés des programmes d'équipement agricole. La dévaluation, théoriquement plus favorable à la traction animale qu'à la motorisation, en termes de coûts en produits importés, rend plus difficile l'acquisition d'animaux de trait dont les prix ont fortement augmenté dans de nombreux cas.

Les matériels diffusés en Afrique francophone (multiculteurs, charrues, charrettes et semoirs, mais aussi herses, butteurs et souleveuses d'arachide) permettent de mécaniser le travail du sol, les semis, l'entretien des cultures, la récolte de l'arachide et les transports. En matière de fabrication et de maintenance des matériels agricoles, la plupart des unités industrielles ont été confrontées à des difficultés économiques et de gestion. Certaines ont diversifié leurs activités, d'autres ont disparu. Les nombreux programmes d'appui à l'artisanat ont permis de prendre en charge l'entretien des matériels, mais rarement leur fabrication. Les agriculteurs ont été peu sollicités pour le choix des matériels et, en absence de programmes d'équipement, ils achètent des matériels de fabrication locale à faible coût, mais de qualité médiocre.

4. L'utilisation de cet ouvrage

Le point de convergence de cet ouvrage est l'unité de production, particulièrement au travers des liaisons et interactions entre les facteurs et éléments qui agissent sur celle-ci et guident les décisions concernant la traction animale. Pour cela, le conseil à la traction animale aura à se placer à différents niveaux de compréhension allant du plus général au particulier pour analyser les situations, porter un diagnostic et proposer des choix. Aux

échelles nationale et locale, les services et organismes chargés de la mécanisation doivent intégrer dans leurs réflexions l'influence des politiques agricoles nationales, des facteurs et acteurs internationaux, nationaux et locaux sur l'organisation socio-économique et institutionnelle des sociétés concernées. Ils doivent aussi tenir compte du marché des produits et des équipements, et du financement des opérations.

A l'échelle des systèmes agraires, ces services doivent avoir une bonne compréhension des contraintes et atouts des systèmes dans lesquels évoluent les paysans afin de réfléchir avec ces derniers aux choix techniques possibles. La décision d'utiliser des animaux de trait et des équipements est, en effet, étroitement liée à la diversité et à l'évolution des systèmes agraires.

A l'échelle de l'unité de production, le conseil en équipement agricole s'intéressera aux conditions de gestion des unités de production. Le premier point de la réflexion concerne les décisions qui se prennent au niveau villageois et qui ont des répercussions sur l'unité de production : la gestion de l'espace (superficies, modes d'attribution...), l'acquisition d'équipements collectifs (d'exhaure, de transformation...). Le second point porte sur l'étude des stratégies du producteur (activités agricoles, non agricoles...) et les moyens dont il dispose (main-d'œuvre, équipements...) pour atteindre ses objectifs. Cette approche doit permettre aux conseillers d'aider le producteur à évaluer ses besoins.

Cet ouvrage complet et abondamment illustré, constitue donc un outil de travail actualisé de première utilité pour les agents de développement chargé de promouvoir la traction animale, ainsi que pour tous ceux qui souhaitent s'informer sur cette technologie d'avenir pour les paysannats africains.

Michel Havard
CIRAD-SAR

Philippe Lhoste
CIRAD-EMVT

.....
Agriculture africaine et traction animale, 1996.
Ouvrage coordonné par G. Le Thiec.
Montpellier, France, CIRAD, 560 p.
(Collection : Techniques)

Microbiological quality aspects of cow's milk at a smallholder cooperative in Turrialba, Costa Rica

T. de Graaf ^{1*} J.J. Romero Zuñiga ²
M. Caballero ² R.H. Dwinger ³

Key words

Dairy cattle - California Mastitis Test - Microbiological analysis - Somatic cell count - Dairy hygiene - Quality control - Producer cooperative - Dairy industry - Milk production - Costa Rica.

Summary

Some of the critical moments and factors influencing the hygienic quality of milk were investigated at a smallholder cooperative in Costa Rica from which all the members delivered milk to a processing plant. Twenty-two farmers provided data for this study. Milk from all lactating cows was examined with the California Mastitis Test (CMT). Apparent mastitic milk was processed for bacteriological investigation (BI). Additionally, milk samples were collected from storage containers for somatic cell count (SCC) and for BI. Out of the 22 farms 10 were selected for further study on the hygienic quality of the milk sampled at specific critical moments during handling, storage and after transportation to the processing plant. Point prevalence for CMT-positive samples was 21.8%, 36.6% and 28.4% for the months of June, August and October, respectively. The incidence rate for CMT-positive samples for this period was 27.8%. Eighty-three out of 126 milk samples taken from storage containers for SCC contained less than 400,000 cells/ml. Eight percent of the CMT-positive milk samples contained *S. aureus*. Twenty-eight percent of the milk samples from storage containers contained *S. aureus* and 79% of the samples *E. coli*. All milk samples from storage containers obtained at the processing plant had CFU counts exceeding 2.10^6 cells/ml. This milk was severely contaminated with bacteriological agents from environmental origin. Cooling of the milk was found to be inadequate. The udder preparation method, unclean milk equipment and the water used for cleaning purposes were the main sources of milk contamination.

■ INTRODUCTION

Milk and milk products play an important role in human nutrition throughout the world. Consequently, the products must be of high

hygienic quality. In less developed areas and especially in the hot tropics high quality and a safe product are most important but not easily accomplished.

Milk quality is determined by parameters of composition and hygiene. The compositional quality of milk is mainly influenced by nutritional, managerial and genetic factors. Furthermore, it is affected by proteolytic enzymes. These are either inherent to milk secretion, associated with leukocytes in mastitic milk, or synthesized by psychrotrophic bacteria that contaminate milk (10, 26). Proteolytic activity seems to be partly related to elevated somatic cell counts of raw milk (8, 23, 24). The hygienic quality of milk is influenced by pathogenic organisms, saprophytic microorganisms, residues, and other contaminants (18). Hygienic control measures are necessary in order to achieve a "clean, safe,

1. Herd Health Project, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

2. Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

3. Animal Production and Health Section, IAEA, PO Box 100, A-1400 Vienna, Austria

* Corresponding author: Postgraduate Studies in Tropical Veterinary Medicine, Freie Universität Berlin, Luisenstrasse 56, 10117 Berlin, Germany

Tel: (49) 30 20 93 60 63; Fax: (49) 30 20 93 63 49

E-mail: tgraaf@city.vetmed.fu-berlin.de

sound and wholesome" product (12). In addition, various communicable diseases are associated with the consumption of milk and dairy products (3, 21).

In Costa Rica, apart from two larger dairy plants which are well organized and have conclusive control of the produced dairy products, there is a fair amount of small dairy product selling cooperatives whose members are smallholder dairy farmers. These cooperatives can be found in the more remote rural areas where milk collection and transport can be difficult due to a poor infrastructure. Dairy products such as cheese and cream are usually produced at the cooperative dairy processing plant and products are distributed mainly locally, but can also be transported to supermarkets in larger cities. Hygienic quality control of the end product is usually not practiced on a routine basis. Apart from these cooperatives, door-to-door milk delivery in the urban and periurban areas is practiced as well, with virtually no quality control at all.

Because of product quality inflections suffered by one of the smaller cooperatives, the present study was conducted to determine some of the factors influencing the quality of the raw milk collected and processed by the cooperative. Therefore, milk was sampled at critical moments from the cow's udder to the milk processing plant.

The objective of this descriptive study is to indicate some of the critical points in milk handling.

■ MATERIALS AND METHODS

Study area

The study area was located near the village of Santa Cruz de Turrialba, on the slopes of the Turrialba volcano, Costa Rica. The area can be characterized as "premountain wet cloud forest" (19). The cooperative investigated had 26 members, who each had one or more lactating cows.

Twenty-two members of the cooperative participated in the study and provided the data presented below. The selected farms were visited three times: in June, August and October 1994.

Farm characteristics

All farms participating in the study had Jersey cattle, except one farm which had the Holstein breed. The estimated average milk yield was 10 kg/cow/day. The number of lactating cows present at the farms ranged from 1 to 54, with an average of 12.7 animals per farm. All animals were identified by eartag numbers or by name. All farms were accessible by road. The farmers did not receive technical assistance.

The following two milking procedures have to be distinguished:

1. Hand milking farmers milk directly into a bucket. When the cow is milked, the bucket is then emptied into a churn. Therefore, a churn contains milk from different cows, whereas the bucket contains milk from one identifiable cow;
2. Farmers who apply machine milking milk direct into a churn. After a cow is milked, the milking equipment is connected to another cow. The churn thus contains milk from different cows.

In both situations churns are topped up with milk from other churns, to lower the amount of churns to be transported. These topped up churns will be referred to as storage containers, since the milk is cooled in these churns and transported to the processing plant.

All farmers milked twice daily, early in the morning and late in the afternoon.

Sampling procedures

General data sampling

In all farms, basic farm data and data on milking technique, udder preparation, milk handling, hygiene and storage were obtained through a questionnaire.

Milk data sampling

■ Milk sampled at the farm

All lactating cows at the 22 participating farms were examined three times (in June, August and October 1994) with the California Mastitis Test (CMT) (29) in order to detect the presence of elevated somatic cell counts (SCC), which may be indicative of mastitis (clinical or subclinical). Scores were given in accordance with Schalm and Noorlander (29). A milk sample was taken aseptically for bacteriological investigation from the samples with apparently elevated SCC.

■ Milk sampled at the processing plant

In addition, milk samples were collected from all farms' storage containers delivered at the processing plant to establish SCC microscopically and to assess the presence of bacteriological agents.

■ Milk sampled at critical moments during handling, storage and after transportation

At ten selected farms, additional evening milk samples were collected at critical moments that can be regarded as critical control points; these moments can be associated with a hazard, when a measurement can be conducted and when control measures can be taken in order to reduce the hazard to an acceptable level.

The presence of bacteriological agents was assessed and a CFU count performed on pooled evening milk samples collected at random at the following critical moments:

1. Directly taken from the cows' udders from five randomly selected animals;
2. From the bucket or the churn;
3. From the storage container before cooling;
4. From the storage container after cooling;
5. From the storage container upon arrival at the plant.

These moments are graphically displayed in figure 1.

Additionally, the temperatures of the evening milk were measured at moment 2, moment 3, moment 4 and moment 5, as well as the time elapsed between measurements. Successive milk samples were collected each time from the same storage container.

The morning milk temperature was measured upon arrival at the plant.

Figure 1: moments at which milk samples were taken.

Water samples

Water samples were collected at the ten selected farms, from water sources that provided water used on the farm for cleaning milk equipment and from water that remained in the churns after cleaning (rest water), in order to assess hygienic quality.

Laboratory examinations

Milk and water samples were processed in the laboratory of the School for Veterinary Medicine within 48h after sampling. Between sampling and processing the samples were stored at approximately 4°C.

Determination of the somatic cell count of the milk sampled from the churns and storage containers was done microscopically as described by Schalm *et al.* (28). The samples were processed according to standard laboratory methods. Partial differentiation of bacterial agents took place after 24h incubation at 37°C. Twenty-five samples of *Staphylococcus* spp. and all samples of *Streptococcus* spp. were examined more intensively using API (API Staph and API 20 Strep, BioMérieux, France). The *Staphylococcus* spp. which acted coagulase-positive were presumed to be *S. aureus*.

Water samples were processed according to WHO standards (31) and examined for the presence of coliform bacteria.

Statistical analyses

Microsoft EXCEL (Version 5.0) basic descriptive statistics was used to analyze the data.

Because of the log-normal distribution of the bacterial counts, multiple comparisons of means using ANOVA was applied after log transformation, in order to calculate statistical differences between the five moments of sampling.

■ RESULTS

General data

Udder preparation and hygiene

All farmers used water from a hose or a basin to wet the cows and clean them from soil and dirt. The water source was either a small stream or a spring. Twelve farmers used to wash the hindquarters and the udder, whereas ten farmers cleaned only the udder. Either one towel or one brush was used for cleaning purposes for all cows. None of the udders was properly dried. Though in four cases the practice of teat dipping was mentioned, this practice was not confirmed by personal observation. The use of detergents and disinfectants for cleaning milk equipment, as recommended by the FAO (11), was not observed. Hot water, indispensable for cleaning milking equipment, was not available at the farms.

Milking technique, milk cooling and transport

Fifteen farmers milked by hand and seven farmers applied machine milking. All farmers cooled the evening milk, but applied different methods:

- 15 farmers put the storage container in a basin with water at ambient temperature (about 15°C);

- 3 farmers put the storage container in a basin with mechanically cooled water (about 5°C);

- 4 farmers used a *cortina*, a surface cooler based on a counter-flow principle, to cool the milk before putting the storage container in one of the above mentioned types of basins.

The evening milk was cooled during the first hours after milking and subsequently put aside overnight at ambient temperatures ranging from about 5 to 15°C. The morning milk was delivered to the plant without cooling. The milk was transported either in plastic or aluminum storage containers to the processing plant every morning. The storage containers were put alongside the road to await transportation.

Milk data

CMT results

Crude point prevalence of mastitis based on a positive CMT result for the months of June, August and October was calculated at 21.8%, 36.6% and 28.4%, respectively, for all cows. Based on the CMT results, there were 194 cows at risk in June (negative CMT), of which 54 became positive in the successive sampling periods. The incidence rate for the period June-October can therefore be calculated at 27.8%.

Somatic cell count of milk sampled from storage containers

A total of 126 milk samples were collected from storage containers upon delivery at the plant. In 83 samples the number of somatic cells did not exceed 400,000 somatic cells/ml. Thirty milk samples had a somatic cell count between 400,000 and 700,000 somatic cells/ml, while 13 milk samples contained more than 700,000 somatic cells/ml.

Bacterial agents

■ Bacterial isolates of milk sampled from the udder

A total of 262 CMT positive samples were bacteriologically processed. Forty percent of the samples did not result in any growth, whereas 60% did ($n = 157$). The results of the bacteriological investigation of the CMT positive milk samples are shown in table I.

Twenty-two out of the 157 bacteriologically positive samples contained *S. aureus*. API-test results on 25 coagulase-negative *Staphylococcus* spp. and API-test results on all *Streptococcus* spp. ($n = 12$) are shown in table II.

Table I

Bacterial isolates from bacteriologically positive milk samples ($n = 157$) taken from the udder

Bacterial agent	Number of isolates
<i>Staphylococcus</i> spp. coagulase +	22
<i>Staphylococcus</i> spp. coagulase -	88
<i>Streptococcus</i> spp.	12
<i>E. coli</i>	14
<i>Klebsiella</i> spp.	4
<i>Proteus</i> spp.	4
Non fermenting G-	3
Mixed cultures	10

Table II

API results of *Staphylococcus* spp. and *Streptococcus* spp. isolates

	Bacterial agent	Number of isolates
API Staph	<i>S. epidermidis</i>	17
	<i>S. simulans</i>	3
	<i>S. xylosus</i>	3
	<i>S. chromogenes</i>	2
API Strep 20	<i>Str. agalactiae</i>	7
	<i>Str. uberis</i>	4
	<i>Str. faecium</i>	1

Table III

Bacterial isolates of milk samples (n = 126) from storage containers upon delivery to the milk processing plant

Bacterial agent	Number of isolates	% of infected samples
<i>Staphylococcus aureus</i>	35	28
<i>Staphylococcus</i> spp.		
Coagulase-negative	102	81
<i>E. coli</i>	100	79
Non fermenting G-	37	29
<i>Klebsiella</i> spp.	24	19
<i>Streptococcus</i> spp.	23	18
<i>Proteus</i> spp.	7	6
<i>Enterobacter</i> spp.	3	2
<i>Citrobacter</i> spp.	3	2
<i>Corynebacterium</i> spp.	2	2

Table IV

Bacterial isolates of milk sampled at critical moments during handling, storage and after transportation

Farm	Moment of sampling				
	Udder	Bucket/churn	Before cooling	After cooling	Upon arrival at plant
1*	neg	EC, Sta	EC, Sta, Cit	idem	idem
2**	Sta	EC, Sta, Kleb, NF	idem	idem	idem
3**	neg	EC, Sta, Str, NF	idem	idem	idem
4**	neg	EC, Prot, Sta, Cit	idem	idem	idem
5*	neg	EC, NF	idem	idem	idem
6*	EC, Sta	idem	EC, Sta, Kleb, Cit	idem	idem
7**	neg	EC, Sta, Kleb	idem	idem	idem
8*	EC, Sta, Kleb	EC, Sta, Kleb, NF, Ent	idem	idem	idem
9**	EC, NF	EC, Sta, NF	idem	idem	idem
10*	EC, Sta	EC, Sta, NF, Ent	idem	idem	idem

* Farm which applied handmilking ** Farm which applied machine milking

neg: no growth; EC: *E. coli*; Sta: *Staphylococcus* spp.; Cit: *Citrobacter* spp.; Kleb: *Klebsiella* spp.; NF: non-fermenting bacterial agents; Str: *Streptococcus* spp.; Prot: *Proteus* spp.; Ent: *Enterobacter* spp.

■ Bacterial isolates of milk sampled from storage containers

Out of a total of 126 milk samples collected from storage containers upon delivery at the milk processing plant, 2 proved to be negative on culture. In most of the positive samples mixed cultures were found with *E. coli* and negative *Staphylococcus* spp. prevailing. The isolates obtained from positive cultures are displayed in table III.

■ Bacterial isolates of milk sampled at critical moments during handling, storage and after transportation

At the cow site level (moment 1), 50% of the pooled milk samples proved to be bacteriologically negative. In the positive cases most of the samples showed cow specific agents, i.e. *Staphylococcus* spp. In addition, environmental bacterial

agents, i.e. *E. coli*, *Klebsiella* and non fermenting bacterial agents were detected (table IV).

When milk was sampled at a later stage (churn - plant), the milk appeared to be severely contaminated with environmental bacterial agents, i.e. *E. coli*, *Proteus* spp., *Citrobacter* spp., *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp., and non fermenting bacterial agents.

Bacterial counts

■ Bacterial counts of milk sampled at critical moments during handling, storage and after transportation

CFU counts of milk sampled at critical moments during handling, storage and after transportation are shown in table V. Almost all subsequent CFU counts showed a significant increase, however, during the cooling process the CFU count did not increase significantly.

Table V

Colony forming unit CFU counts of pooled milk sampled at critical moments during handling, storage and after transportation - counts x 1000 CFU/ml

Farm	Moment of sampling		Before cooling	After cooling	Upon arrival at plant
	Udder	Bucket/churn			
1*	0	20	160	1230	15,500
2**	126	1200	1460	3700	> 30,000
3**	0	1780	5100	9600	> 30,000
4**	0	2120	4300	10,100	> 30,000
5*	0	300	1700	4800	19,700
6*	12	28	800	7800	> 30,000
7**	0	2340	4800	12,100	> 30,000
8* ¹	1340	2130	3240	217	2300
9**	183	2300	19,000	30,000	> 300,000
10*	43	1230	27,000	30,000	170,000

ANOVA and Multiple Range Test results show a significant difference between all means ($p < 0.00$), except for the difference of the means between the moments before and after cooling ($p > 0.05$)

* Farm which applied handmilking

** Farm which applied machine milking

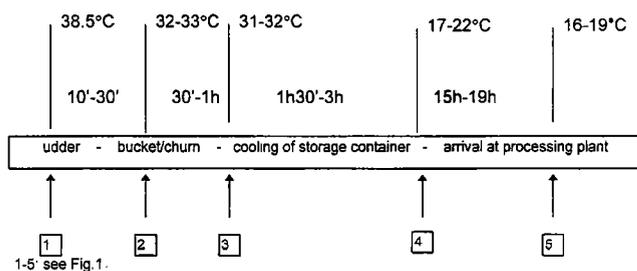
¹ This farm administered potassium nitrate to the milk

Temperature of the milk at critical moments and time elapsed between measurements

The temperature of the milk at critical moments and the time elapsed between measurements are represented in figure 2. A decrease in temperature of the milk was present on all farms during the cooling operation. The average temperature of the cooled evening milk upon arrival at the plant the next morning was 18.2°C (15.6-19.3°C), that of the non cooled morning milk 28.9°C (18.3-31.5°C). The cooling operation lasted 1h30'-3h, thereafter it took 15-19h for the milk to arrive at the processing plant, during which the temperature lowered a few degrees, due to the low ambient night temperature.

Water quality

One water sample proved to be of good quality and one was acceptable. The other eight samples originated from water of poor (not drinkable) quality with CFU counts of coliform bacteria exceeding 1100 cells/ml.



1-5 see Fig. 1.

Figure 2: temperature of the milk at critical moments and time elapsed between measurements.

DISCUSSION

The results from the questionnaire show that no warm water was used for milk equipment cleaning. Insufficient milk equipment cleaning is a major cause of milk contamination. Furthermore, no detergents were used at the farms involved in this study. Detergents are chemical agents that assist in the cleaning process by dissolving the deposited dirt, making its removal easier. However, prior to using detergents the equipment has to be washed with cold water to remove as much milk and dirt as possible, then with warm water to remove fatty deposits. After using detergents the equipment has to be washed again with warm water. The equipment has to be stored afterwards in a clean, dry and dustfree area.

Subsequently, premilking udder preparations play an important part in the contamination of milk during milking as reported by Galton *et al.* (13, 14, 15). All farmers in the present study cleaned the cows' udders and teats with water from a hose or basin in order to remove soil and dirt. Drying the udders and teats was not or insufficiently practiced. Preparing the udders by wetting both udder surfaces and teats had a higher standard plate count in milk compared with methods that wetted teats only (15). Procedures that allowed water laden with bacteria to drain into teat cups during milking resulted also in elevated numbers of bacteria on the standard plate count. Manual drying of teats was found essential as part of any procedure in order to achieve the greatest reduction in bacterial counts (14). Udder surfaces should be dry and teats should be clean and dry at machine attachment (13).

The CMT positive results, demonstrating elevated SCC, are indicative of clinical or sub-clinical mastitis. The prevalence of mastitis found in this study is comparatively similar to the prevalence of mastitis found in other Costarican dairy farms by de Graaf and Dwinger (17).

In this study about one third of the milk samples taken from the storage containers at the moment of delivery to the plant had

somatic cell counts that exceeded 400,000 cells/ml. Somatic cell counts above 500,000 cells/ml will reduce cheese yield (9), causing economic loss. Furthermore, protein deterioration in milk starts at a low somatic cell count, as low as 250,000 cells/ml (23).

The compositional quality of milk is affected by proteolytic enzymes, the activity of which is partly related to a somatic cell count (16, 23, 24). Proteolytic enzymes cause time- and temperature-dependent breakdown of casein, the major milk protein (27). Another consequence of the presence of proteolytic enzymes such as heat resistant proteinase is a reduced shelf-life of milk following pasteurization or UHT treatment (6, 30).

The hygienic quality of milk is influenced by the type and number of bacteria present in the milk. About 8% of the CMT positive samples contained *S. aureus*. This may be of concern for human health since some strains of *S. aureus* are capable of producing heat stable enterotoxins. Another potential hazard may be the fact that 28% of the milk samples obtained from the storage containers at the plant contained *S. aureus*. However, compared with data obtained from a similar study in Trinidad, where 95% of the milk sampled at the processing plant were contaminated with *S. aureus*, the number found in the present study is relatively low (1).

Fifty percent of the pooled milk samples collected directly from the udders were agent free. A few samples contained *E. coli*, non-fermenting coliform bacteria and *Klebsiella* spp. However, all samples collected from churns or buckets contained bacterial agents. They were consistently in larger numbers than those collected from the udders. High bacterial counts are indicative of an elevated number of psychrotrophic bacteria (*Pseudomonas* spp., *Flavobacterium*, *Achromobacter*) which in turn are responsible for an elevated production of proteinase and lipase (2). Although most emphasis was placed on the detection of udder pathogens, one might assume, based on the high bacterial counts, that psychrotrophic bacteria were present in high numbers. Psychrotrophic bacteria are important because, although mostly not thermophilic, many of them produce extracellular thermostable proteolytic and lipolytic enzymes which can survive pasteurization (6), thus affecting the shelf-life and quality of the dairy product.

The result from the sampling at the critical control points showed significant increases in CFU count at the moments 2, 3 and 5. The first contamination occurs upon collection of the milk into the bucket or churn, followed by further contamination due to additional handling of the milk such as topping up of the buckets or churns in storage containers. The high CFU count at moments 2 and 3 is assumed not to be caused by bacterial growth, because of the relatively short time elapsed between these moments and the foregoing sampling moment and because of the existence of bacteriostatic compounds in fresh raw milk. However, the high CFU count at moment 5 is assumed to be caused by bacterial growth supported by the long storage time of the milk at moderate temperatures. Under tropical circumstances, high CFU counts of milk delivered at milk processing plants are more often encountered in smallholder dairy cooperatives (20). Even then the CFU count observed in this study has to be considered too high.

When sampled directly from the udder, the milk was either bacteriologically negative or contaminated with less bacterial agents than the milk sampled from the bucket or churn, thus indicating possible contamination from outside the udder. This was confirmed by the bacteriological cultures indicating bacteria from environmental origin. Environmental bacterial contamination of milk can be airborne or depend on udder preparation, teat

dipping and the cleaning procedures of milking equipment (7). In the case of hand milking, milk contamination might be caused by water droplets falling into the bucket when the hindquarters have been washed but not sufficiently dried, as well as when neighboring cows defecate.

The increase in CFU count between the samples taken before and after cooling indicates that the cooling operation is not very efficient, the differences between the sample means is, however, not significant, which may be due to the short cooling period.

All the water samples showed the presence of coliform bacteria, which are particularly undesirable in water. Eight out of the 10 water samples were of undrinkable quality according to WHO standards (30). The presence of coliform bacteria may indicate pollution of water by sewage and the possible presence of pathogenic bacteria (25). The bacterial flora of most water supplies in the tropics consists mainly of Gram negative rods. Many of these may be proteolytic and lipolytic and will cause spoilage of milk and milk products if processing and storage conditions are not correct. Water of good bacteriological quality is important to protect human health and to avoid milk contamination.

At farm 8, the administration to the milk of potassium nitrate acting as a bacteriostatic agent resulted in a considerable decrease in CFU count. An alternative method for raw milk preservation has been advocated, i.e. the lactoperoxidase antibacterial system (4, 5, 22).

■ CONCLUSION

Udder health was not a major constraint for good quality milk. Results from sampling at critical control points clearly showed that severe contamination started from the first moment the milk left the udder. The differences between CFU counts and bacterial isolates at critical control points clearly demonstrated exogenous sources of milk bacterial contamination. This occurred primarily at the very initial phase of the milking procedure and was most probably due to the use of contaminated water, improper milking technique and unclean milk equipment. Adequate udder preparation, especially drying of the udder, and a hygienic milking technique, together with the use of disinfected milk equipment could considerably improve the milk hygienic quality. The desired permanent storage milk temperature of 4°C was never achieved. The cooling is inefficient and inadequate, resulting in clearly measurable increases in CFU counts throughout the process at the farm until delivery at the milk processing plant. Based on the high CFU counts found in the milk upon delivery at the plant, one may suppose that this milk may pose a public health risk.

Efficient milk cooling is required not only at the farm but also during transportation. Since there is a long time interval between milking and delivery at the plant, the use of additional milk preservation methods such as the lactoperoxidase system may be considered. Improving farmers' knowledge by the implementation of technical assistance may also lead to a good quality product.

The cooperative investigated in the present study is one of many existing and similarly operating cooperatives in Costa Rica. The conclusions drawn based on this study may also be applicable to similar cooperatives in other parts of mountainous Costa Rica.

Acknowledgements

Financial support was obtained from the Dutch Ministry of Foreign Affairs through the interuniversity collaborative project between the Universidad Nacional in Costa Rica and the University of Utrecht, The Netherlands. We are grateful for the logistical support provided by the Proyecto Salud de Hato.

REFERENCES

1. ADESIYUN A.A., WEBB L., RAHAMAN S., 1995. Microbiological quality of raw cow's milk at collection centers in Trinidad. *J. Food Prot.*, **58**: 139-146.
2. BACHMAN M.R., 1987. Milk collection and raw milk hygiene: possibilities and limitations. In: Dairy development in East Africa. Proc. IDF seminar on appropriate dairy technology transfer for social and economic development in East Africa, Nairobi, Kenya, March 9-13, 1987. Brussels, Belgium, IDF, p. 69-71. (Bulletin)
3. BARRETT N.J., 1986. Communicable disease associated with milk and dairy products in England and Wales: 1983-1984. *J. Infect.*, **12**: 265-272.
4. BJÖRCK L., 1979. Enzymatic stabilization of milk - Utilization of the milk peroxidase for the preservation of raw milk. In: Proc. IDF Annual Sessions, Montreux, Switzerland, September 9-14, 1979.
5. BJÖRCK L., ROSEN C.G., MARSHALL V., REITER B., 1975. The antibacterial activity of the lactoperoxidase system in milk against *Pseudomonas* and other Gram-negative bacteria. *Appl. Microbiol.*, **30**: 199.
6. COLLINS S.J., BESTER B.H., MCGILL A.E., 1993. Influence of psychrotrophic bacterial growth in raw milk on the sensory acceptance of UHT skim milk. *J. Food Prot.*, **56**: 418-425.
7. COUSINS C.M., 1978. Milking techniques and the microbial flora of milk. In: XX International Dairy Congress, Paris, France, June 26-30, 1978, sci. & tech. Sessions, Part 60.
8. DE RHAM O., ANDREWS A.T., 1982. Qualitative and quantitative determination of proteolysis in mastitic milk. *J. Dairy Res.*, **49**: 587-596.
9. EVERSON T.C., 1984. Concerns and problems of processing and manufacturing in super plants. *J. Dairy Sci.*, **67**: 2095-2099.
10. FAIRBAIRN D.J., LAW B.A., 1986. Proteinases of psychrotrophic bacteria: their production, properties, effects and control. *J. Dairy Res.*, **53**: 139-177.
11. FAO, 1989. Milking, milk production hygiene and udder health. Rome, Italy, FAO. (Animal production health paper No. 78)
12. FAO, WHO, 1992. Codex Alimentarius Commission: "Revised general principles of food hygiene". Rome, Italy, FAO, Geneva, Switzerland, WHO. (Unpublished document CL/1992/30-FH)
13. GALTON D.M., ADKINSON R.W., THOMAS C.V., SMITH T.W., 1982. Effects of premilking udder preparation on environmental bacterial contamination of milk. *J. Dairy Sci.*, **65**: 1540-1543.
14. GALTON D.M., PETERSSON L.G., MERRIL W.G., 1986. Effects of premilking udder preparation practices on bacterial counts in milk and on teats. *J. Dairy Sci.*, **69**: 260-266.
15. GALTON D.M., PETERSSON L.G., MERRIL W.G., BANDLER D.K., SHUSTER D.E., 1984. Effects of premilking udder preparation on bacterial population, sediment, and iodine residue in milk. *J. Dairy Sci.*, **67**: 2580-2589.
16. GILLIS W.T., CARTLEDGE M.F., RODRIGUEZ I.R., SUAREZ E.J., 1985. Effect of raw milk quality on ultra-high temperature processed milk. *J. Dairy Sci.*, **68**: 2875-2879.
17. GRAAF T. de, DWINGER R.H., 1996. Estimation of milk production losses due to sub-clinical mastitis in dairy cattle in Costa Rica. *Prev. vet. Med.*, **26**: 215-222.
18. HEESCHEN W., REICHMUTH J., 1995. Mastitis: Influence on qualitative and hygienic properties of milk. In: IDF Proc. 3rd International mastitis seminar, Tel Aviv, Israel, May 28-June 1, 1995.
19. HOLDRIDGE L.R., 1967. Live zone ecology. San José, Costa Rica, Tropical Science Centre, 206 p.
20. IDF, 1986. Milk collection in developing countries. Brussels, Belgium, IDF. (Bulletin No. 205)
21. JOHNSTON A.M., 1990. Veterinary sources of foodborne illness. *Lancet*, October: 856-858.
22. KORHONEN K., 1980. A new method for preserving raw milk - the lactoperoxidase antibacterial system. *World Anim. Rev.*, **35**: 23-29.
23. LE ROUX Y., COLIN O., LAURENT F., 1995. Proteolysis in samples of quarter milk with varying somatic cell counts. 1. Comparison of some indicators of endogenous proteolysis in milk. *J. Dairy Sci.*, **78**: 1289-1297.
24. LE ROUX Y., GIRARDET J.M., HUMBERT G., LAURENT F., LINDEN G., 1995. Proteolysis in samples of quarter milk with varying somatic cell counts. 2. Component PP3 and -Casein-1P f29-105 and f29-107 of the proteose-peptone fraction. *J. Dairy Sci.*, **78**: 1298-1305.
25. O'CONNOR C.B., 1994. Rural dairy technology. Addis Ababa, Ethiopia, ILRI, 119 p. (Training manual 1)
26. POLITIS I., NG KWAI HANG K.F., GIROUX R.N., 1989. Environmental factors affecting plasmin activity in milk. *J. Dairy Sci.*, **72**: 1713-1718.
27. SAEMAN A.I., VERDI R.J., GALTON D.M., BARBANO D.M., 1988. Effect of mastitis on proteolytic activity in bovine milk. *J. Dairy Sci.*, **71**: 505-512.
28. SCHALM O.W., CAROLL E.J., JAIN N.C., 1971. Bovine Mastitis. Philadelphia, USA, Lea & Febiger.
29. SCHALM O.W., NOORLANDER D.O., 1957. Experiments and observations leading to the development of the California Mastitis Test. *JAVMA*, **130**: 199-207.
30. SHELLY A.W., DEETH H.C., MACRAE I.C., 1986. Growth of lipolytic psychrotrophic *Pseudomonas* in raw and ultra-heat-treated milk. *J. Appl. Bact.*, **61**: 395-400.
31. WHO, 1972. International standards for drinking water, 3rd ed. Geneva, Switzerland, WHO.

Reçu le 24.12.96, accepté le 21.5.97

Résumé

de Graaf T., Romero Zuñiga J.J., Caballero M., Dwinger R.H.
Aspects de la qualité microbiologique de lait de vache dans une coopérative de petits éleveurs à Turrialba au Costa Rica

Des facteurs et des moments critiques influant sur la qualité hygiénique du lait ont été examinés au Costa Rica dans une coopérative de petits éleveurs laitiers qui livraient tous leur lait à une laiterie. Vingt-deux éleveurs ont participé à cette étude. Le lait de toutes les vaches en lactation a été examiné avec le CMT (California Mastitis Test). Le lait positif au CMT a subi un examen bactériologique (EB). En outre, des échantillons de lait ont été prélevés dans les cuves de stockage pour le comptage des cellules somatique (CCS) et EB. Parmi ces 22 élevages, 10 ont été choisis pour subir un examen plus approfondi de la qualité hygiénique du lait à des stades spécifiques critiques lors de manipulations diverses, du stockage, ainsi qu'après transport à la laiterie. La prévalence d'échantillons positifs au CMT a été de 21,8 p. 100, 36,6 p. 100 et 28,4 p. 100, respectivement pour les mois de juin, août et octobre. Le taux d'incidence de ces échantillons a été de 27,8 p. 100 pour cette période. Quatre-vingt-trois échantillons sur 126 prélevés dans les cuves de stockage pour CCS contenaient moins de 400.000 cellules/ml. Huit pourcent des échantillons positifs au CMT ont révélé la présence de *S. aureus*. Vingt-huit pourcent des échantillons prélevés dans les cuves de stockage contenaient *S. aureus* et 79 p. 100 des échantillons contenaient *E. coli*. Tous les échantillons pris dans les cuves de stockage de la laiterie avaient un nombre de CFU supérieur à 2.10^6 cellules/ml. Ce lait était fortement contaminé par des agents bactériologiques provenant de l'environnement. Le refroidissement du lait était inadéquat. La méthode de préparation des mamelles, les appareils de traite insuffisamment aseptisés et l'eau de nettoyage étaient les principales sources de contamination du lait.

Mots-clés : Bovin laitier - California Mastitis Test - Analyse microbiologique - Numération cellulaire somatique - Hygiène du lait - Contrôle de qualité - Coopérative de producteurs - Industrie laitière - Production laitière - Costa Rica.

Resumen

de Graaf T., Romero Zuñiga J.J., Caballero M., Dwinger R.H.
Aspectos de la calidad microbiológica de la leche bovina en una cooperativa de pequeños productores de Turrialba en Costa Rica

Algunos de los factores y los momentos críticos que influyen en la calidad higiénica-sanitaria de la leche fueron investigados en una cooperativa de pequeños productores en Costa Rica, en la que todos los miembros entregan leche a una planta procesadora. Veintidos miembros de dicha cooperativa proveyeron los datos para este trabajo. Todas las vacas en producción fueron examinadas con el California Mastitis Test (CMT). Aquellas muestras con conteos celulares elevados fueron procesadas para posterior chequeo bacteriológico (CB). Además fueron recolectadas muestras de leche de los tarros para determinar la cantidad de células somáticas (CCS) y para un CB. De estos 22 miembros se seleccionaron 10, para un estudio adicional sobre la calidad higiénica de la leche colectada en momentos específicos durante el manipuleo, almacenamiento y después del transporte a la usina láctea. La prevalencia de muestras positivas al CMT fue destacada a 21,8%, 36,6% y 28,4% en Junio, Agosto y Octubre, respectivamente. La incidencia de muestras positivas al CMT en este período fue 27,8%. Ochenta y tres de las 126 muestras de leche tomadas de los tarros para obtener el conteo de células somáticas (CCS) conteneron menos de 400.000 células/ml. Ocho por ciento de las muestras positivas al CMT fue contaminado con *S. aureus*. Veintiocho por ciento de las muestras obtenidas de los tarros fue contaminado con *S. aureus* y un 79% con *E. coli*. Todas las muestras colectadas de los tarros en la usina láctea tuvo un conteo bacteriológico más de 2.10^6 células/ml. Este leche fue contaminada severo con agentes bacteriológicos del origen del medio ambiente. El enfriado de la leche fue encontrado inadecuado. Los resultados indican que los métodos de preparación de la ubre, el equipo de leche sucio y el agua utilizada para la limpieza fueron tomadas las principales fuentes de contaminación de la leche.

Palabras clave: Ganado de leche - Prueba California - Análisis microbiológico - Conteo de células somáticas - Higiene de la leche - Control de calidad - Cooperativa de productores - Industria lechera - Producción lechera - Costa Rica.

Etude du comportement du poulet de chair dans un élevage intensif tropical au Venezuela

P. Richard¹ M. Vilariño² J.M. Faure³
A. León² M. Picard³

Mots-clés

Poulet de chair - Aviculture - Comportement - Adaptation - Croissance - Logement de volailles - Elevage intensif - Elevage au sol - Climat tropical - Venezuela.

Résumé

Pour identifier des indicateurs comportementaux d'adaptation au milieu, des mesures comportementales par *scanning* et *focal sampling* ont été effectuées dans un élevage intensif tropical de 19 500 poulets de chair pendant un cycle de production (40 jours). La densité animale autour des mangeoires et abreuvoirs était 2 à 3 fois supérieure à la densité moyenne de l'élevage. La durée d'une séquence d'activité (« couché-couché ») incluant au moins un picorage de l'aliment, de l'eau, de la litière ou une toilette était en moyenne de $133,5 \pm 9,5$ s à 10 jours et diminuait régulièrement pour atteindre $50,0 \pm 1,6$ s à 40 jours. Avec l'âge, les séquences devenaient presque toutes dédiées à une seule activité (mono-comportementales, essentiellement manger ou boire), le comportement d'exploration par picorage de la litière quant à lui régressait. Au cours d'une journée, la durée d'une séquence d'activité diminuait pendant les périodes les plus chaudes et augmentait le soir, mais le poulet, lorsqu'il était actif, présentait le même éthogramme quelle que fût l'heure. En cas de problème d'élevage les comportements d'exploration de la litière augmentaient à nouveau, ce qui pouvait constituer un signal précoce. Les mesures de la densité de répartition des animaux, de la durée d'une séquence d'activité et de la fréquence du picorage de la litière ont un intérêt pratique à condition d'être très précisément définies et réalisées dans des conditions calmes.

■ INTRODUCTION

L'aviculture est un secteur de l'élevage en réelle croissance dans les pays tropicaux. Les productions avicoles représentent 40 p. 100 des protéines d'origine animale consommées par une population vénézuélienne essentiellement urbaine. L'élevage rationnel de souches spécialisées a connu une expansion rapide. Les productions avicoles ont quadruplé depuis les années 70. Cependant, comme dans la plupart des pays tropicaux, la dépendance économique, induite par l'importation d'une grande proportion des matières premières alimentaires, impose une efficacité de transformation élevée à cette filière (10).

La distribution *ad libitum* d'un aliment complet équilibré a longtemps fait sous-estimer l'importance de l'observation du comportement alimentaire des animaux. Les recherches sur l'alimentation des volailles sont basées sur l'étude de la composition du régime, de sa valeur nutritionnelle et de sa rentabilité économique globale, en tenant peu compte des comportements individuels des volailles. L'éthologie a développé depuis de nombreuses années des méthodes précises pour étudier le comportement de différentes espèces animales. La convergence de ces deux types de recherche peut permettre de mieux comprendre comment l'animal évolue et s'adapte à son environnement en utilisant pour cela l'expression de ses comportements (6).

Les observations faites sur des volailles en élevage intensif montrent qu'elles effectuent des accès alimentaires courts et fréquents (7) et que le temps consacré à la consommation d'aliment varie beaucoup en fonction des autres activités possibles (3). Le « milieu de vie » de l'animal dans les élevages intensifs se résume à la présence d'une litière, de congénères, de l'eau et d'un aliment « bien »

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

2. Instituto de Investigaciones Zootécnicas, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Apdo. Postal 4653, Maracay 2101, Venezuela

3. Station de recherches avicoles, INRA, 37380 Nouzilly, France

équilibré disponible en permanence à quelques centimètres de son bec. Dans un tel environnement, l'accès à l'aliment nécessite moins d'effort qu'en milieu ouvert et peut représenter une « occupation sociale » (11). Les volailles dans leurs stratégies d'ingestion alimentaire, maximisent le rapport profit/coût (effort) défini comme la quantité d'énergie ingérée par unité d'effort consacré à la prise de l'aliment (4).

Dans un poulailler tropical, de nombreux facteurs environnementaux (lumière, température, hygrométrie, pratiques d'élevage...) diffèrent des conditions de l'élevage avicole dans les pays tempérés. Les techniques d'observation du comportement des volailles ont surtout été pratiquées en station de recherche sur un nombre restreint d'animaux (19). Par contre peu d'études ont eu lieu dans des conditions réelles de production (7, 8, 12, 13). L'objectif du travail présenté ici a été de mesurer les activités des poulets de chair dans un élevage tropical intensif au Venezuela, en utilisant plusieurs techniques d'observation, pour analyser l'intérêt et les limites de leur applicabilité.

■ MATERIEL ET METHODES

Les observations se sont déroulées au cours de la saison des pluies, de mai à juillet, dans un élevage industriel de poulets de chair intégré au groupe Protinal (Valencia, Venezuela). Les observations étaient réparties en cinq phases de quatre jours pendant l'ensemble de la période de croissance d'un lot de poulets (3-5, 9-12, 19-22, 30-32 et 37-40 jours d'âge, tableau I). La température au cours de la période expérimentale était en moyenne de $24,7 \pm 2,8^\circ\text{C}$ pour les minima et $32,1 \pm 2,7^\circ\text{C}$ pour les maxima, l'hygrométrie était en moyenne de 59 ± 11 p. 100 pour les minima et 88 ± 8 p. 100 pour les maxima.

Le poulailler d'élevage au sol était un bâtiment à structure ouverte orienté selon un axe est-ouest. Les parois latérales étaient constituées d'un grillage reposant sur un muret d'une hauteur d'environ 20 cm en moyenne ce qui permettait une admission basse d'air au niveau des volailles (figure 1). La ventilation, de type statique (en fonction des vents dominants) au cours des 4 premières phases, devenait dynamique (cinq ventilateurs) au cours de la dernière phase. La toiture constituée de tôles d'aluminium était largement débordante de manière à protéger les animaux de la pluie et du soleil. A partir du 31^e jour d'élevage un système d'arrosage du toit fonctionnait pendant les heures les plus chaudes de la journée. La litière était composée de balles de riz (hauteur = 10 cm en moyenne). Le bâtiment d'une surface totale de 2 160 m² (180 m x 12 m) était compartimenté au cours de la période d'élevage, la surface disponible augmentant progressivement avec l'âge des poulets (tableau I). Les mangeoires à remplissage manuel (type « trémie », Ø : 40 cm) et les abreuvoirs automatiques (type « cloche », Ø : 35 cm) étaient répartis de manière linéaire selon un ordre régulier (figure 1). Pendant les 7 premiers jours d'élevage, des plateaux d'alimentation (Ø : 40 cm) étaient ajoutés et 16 radiants à gaz (1,20 m au-dessus du sol) assuraient une régulation de la température ambiante entre 30 et 35°C. Des rideaux en plastique fermaient le bâtiment pendant la première semaine d'élevage et étaient ensuite enlevés progressivement en fonction des conditions climatiques. Les 19 500 poussins de chair de 1 jour, non sexés, de souche Cobb avaient un poids moyen de 40 g le jour de la livraison.

L'alimentation était distribuée sous forme de farine du 1^{er} au 19^e jour et sous forme de granulés friables à partir du 20^e jour. L'éclairage était constant 24 h sur 24 (lumière naturelle diurne + lumière artificielle nocturne) tout au long de la période d'élevage. La température et l'hygrométrie ambiantes étaient relevées lors de chaque période d'observation ; les températures minima et maxima étaient lues chaque matin à 8 h.

Tableau I

Caractéristiques de la conduite d'élevage au cours des différentes phases d'observation

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Age des poulets (en jours)	3 à 5	9 à 12	19 à 22	30 à 32	37 à 40
Température (°C) (1)	$31,8 \pm 1,7$	$30,2 \pm 2,5$	$30,5 \pm 2,1$	$29,4 \pm 2,1$	$25,8 \pm 1,9$
Hygrométrie (%) (1)	65 ± 5	63 ± 13	65 ± 9	70 ± 9	79 ± 6
Surface de l'élevage (m ²)	540	720	1 404	2 160	2 160
Densité (poulets/m ²)	36	27	14	9	9
Nombre de mangeoires	146	223	438	680	680
Surface de la mangeoire (m ²) (2)	0,20	0,28	0,38	0,50	0,50
Nombre d'abreuvoirs	71	71	140	212	212
Surface de l'abreuvoir (m ²) (2)	0,16	0,24	0,33	0,44	0,44
Nombre de plateaux	49	-	-	-	-
Surface du plateau (m ²) (2)	0,20	-	-	-	-
Nombre de radiants	16	-	-	-	-
Nombre d'ampoules (3)	6	8	16	25	25

(1) Moyennes et écarts-types aux heures d'observation.

(2) Surface correspondant à la somme de la surface théorique occupée par une mangeoire (ou un abreuvoir) plus l'espace occupé par un poulet « proche » (à moins d'un poulet de distance) autour de cette mangeoire (ou abreuvoir).

(3) Puissance d'une ampoule : 160 watts.

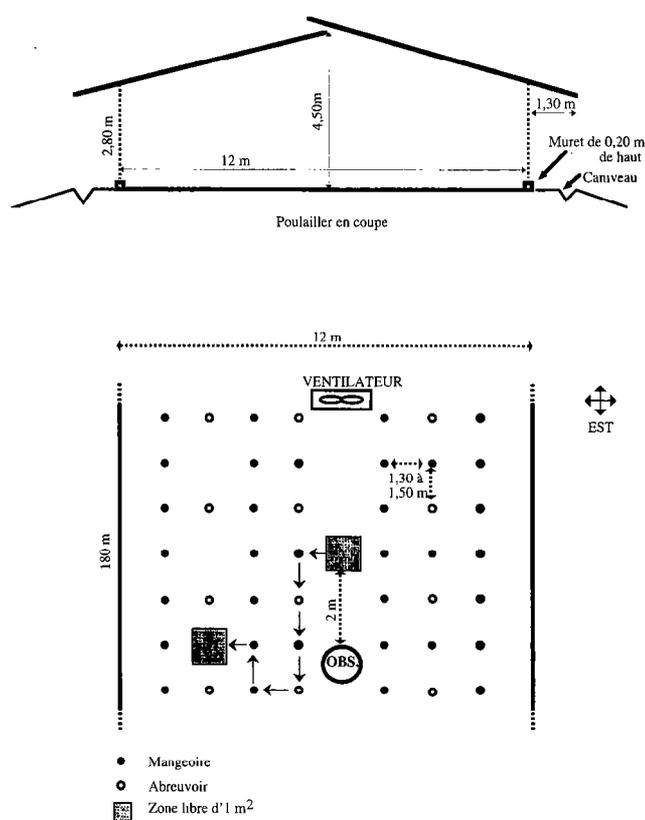


Figure 1 : représentation d'une section de poulailler et des zones observées par scanning.

Les observations comportementales étaient effectuées au cours de cinq phases de quatre jours consécutifs, chaque phase correspondant à une tranche d'âge du poulet (tableau I).

Deux méthodes d'observation étaient utilisées : l'échantillonnage instantané répété ou *scanning* et l'échantillonnage focalisé sur un individu ou *focal sampling* (5).

Le *scanning* consistait en un comptage, à intervalles réguliers chronométrés, du nombre de poulets ayant une même activité sur un site donné précisément délimité et identifié (mangeoire, abreuvoir, zone libre marquée par des pierres). Un *scan* représentait le comptage successif de 8 sites d'observation (figure 1), soit 4 mangeoires, 2 abreuvoirs et 2 zones d'une surface d'environ 1 m² ne contenant ni mangeoire ni abreuvoir. A chaque *scan*, le nombre de poulets était enregistré dans les situations suivantes :

- les poulets proches (à moins d'un poulet de distance, taille variable en fonction de l'âge) d'une mangeoire (ou d'un abreuvoir) en train de manger (ou de boire) ;
- les poulets proches des équipements mais qui ne mangeaient pas (ou ne buvaient pas) ;
- les poulets debout et les poulets couchés au niveau des zones libres.

La périodicité des *scans* était fixée à 2 min, soit 30 *scans* successifs par heure.

Le *focal sampling* est l'enregistrement continu de l'activité d'un poulet, pris au hasard, à partir de l'instant où il se lève jusqu'à l'instant où il se recouche ; il s'agit donc d'une séquence dite « couché-couché ». Les observations de *focal sampling* étaient en-

registrées directement sur un micro-ordinateur portable (AST) utilisant le logiciel d'observation « The Observer 3.0 » (Noldus, Netherlands). Ce logiciel a permis de redéfinir les touches du clavier de l'ordinateur en attribuant à chacune un comportement, ce qui permettait d'enregistrer en temps réel les différentes activités des animaux. A partir de chaque fichier séquentiel la durée, la fréquence, la latence et les enchaînements des différentes activités du poulet étaient calculés.

Les variables comportementales enregistrées ont pris en compte trois types d'information :

- la proximité du poulet par rapport à la mangeoire : proche = à moins d'un poulet de distance, loin = à plus d'un poulet de distance (au départ dans la zone « loin », les poulets observés étaient choisis au hasard) ;

- l'activité du poulet : cinq comportements exclusifs ont été définis :

- « Mange » : le poulet était en face de la mangeoire - action de manger ;

- « Boit » : le poulet était en face de l'abreuvoir - action de boire ;

- « Toilette » : le poulet se nettoyait les plumes ;

- « Explore la litière » : le poulet grattait ou picorait la litière ;

- « Debout » : le poulet était debout, immobile, ou se déplaçait, mais ne pratiquait aucune des activités décrites précédemment ;

- le picorage (comportement non exclusif) comptabilisait le nombre de coups de bec donnés à l'aliment, à l'eau, à la litière ou aux congénères.

De plus, pour chaque fichier, le jour d'observation, la période de la journée (heures d'observation), la température et l'hygrométrie, ainsi que diverses remarques concernant le déroulement de l'enregistrement (météo, interventions diverses du personnel, animaux extérieurs...) étaient enregistrés. L'observateur se plaçait dans l'axe médian du poulailler (figure 1), assis sur une chaise surélevée (figure 2). Les observations commençaient chaque fois après une période de 5-10 min d'adaptation des poulets à la présence de l'observateur.

Les contrôles se déroulaient pour chaque phase selon des horaires répartis au cours du nyctémère et permettant d'alterner les deux méthodes d'observation, soit de la manière suivante :

- 1^{er} jour :

- focal sampling* de 16 à 18 h et de 20 à 22 h ;

- 2^e et 3^e jour :

- scanning* de 9 h 30 à 10 h 30 et de 15 h 30 à 16 h 30 ;

- focal sampling* de 8 à 9 h, de 11 à 12 h, de 14 à 15 h et de 17 à 18 h ;

- 4^e jour :

- focal sampling* de 4 à 6 h et de 10 à 12 h.

Les *scannings* étaient d'abord relevés sur papier dans le poulailler puis enregistrés sur le tableur Excel. Le nombre de poulets « actifs », c'est-à-dire proches des équipements et en train de manger ou de boire, était dissocié du nombre de poulets « passifs », c'est-à-dire proches des équipements mais ayant une activité autre que celle de manger ou de boire. Le nombre total de poulets actifs ou passifs était ensuite calculé par type de site, par jour et par période (matin/après-midi) au cours d'une heure de *scanning*.

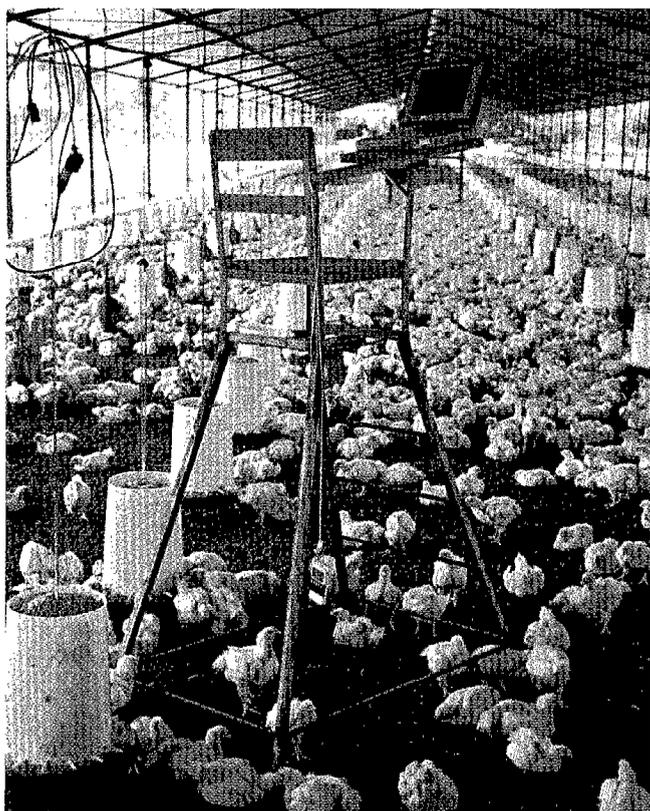


Figure 2 : photo du poste d'observation.

Les enregistrements obtenus par *focal sampling* permettaient de déterminer la latence, la fréquence, la durée, ainsi que les enchaînements des différentes séquences d'activité du poulet de chair. Ces informations pouvaient être regroupées, pour chacune des activités, sur l'ensemble de la période d'observation (cinq phases), phase par phase, jour par jour ou bien encore par tranche horaire. C'est à partir de ces données totales que les pourcentages de temps consacré à chaque activité (durée totale d'une activité/durée totale des fichiers), la durée des séquences (durée totale d'une activité pour l'ensemble des fichiers/fréquence totale de cette activité), la durée des coups de bec à l'aliment (durée totale de l'activité alimentaire/nombre total de coups de bec correspondants), etc., étaient calculés.

Pour les deux méthodes, les données obtenues étaient analysées (moyennes, erreurs standards, tests non paramétriques, graphiques) à l'aide du logiciel d'analyse statistique Statview.

■ RESULTATS

Après avoir éliminé les fichiers de *focal sampling* d'une durée inférieure à 5 s (poulet qui se levait lors d'une bousculade et qui se recouchait aussitôt) et ceux de la première phase (trop variables, perte de vue des poussins en cours d'observation, équipements supplémentaires par rapport aux autres phases), les observations par *focal sampling* ont permis d'obtenir 1 716 fichiers (séquences « couché-couché », soit 29 h d'observation au total pour quatre phases de quatre jours. Les *scannings* correspondaient à 16 h d'observation.

Les résultats des quatre phases ont été présentés en analysant, dans un premier temps, les observations faites par *scanning*, puis les informations apportées par *focal sampling*. Seules les principales observations ont été illustrées par des figures. D'autres résultats ont été présentés précédemment et les principales données de base ont été documentées par Richard (14). Les résultats ont été analysés successivement autour de quatre thèmes : occupation de l'espace, évolution des activités en fonction de l'âge, évolution des activités au cours du nyctémère, détection précoce d'un problème d'élevage.

Occupation de l'espace en fonction de l'âge

A partir des mesures de *scanning*, le nombre moyen d'animaux observés dans les différents secteurs du poulailler (mangeoires, abreuvoirs, zones libres) a été divisé par la surface disponible correspondante. La figure 3 représente l'évolution, au cours de la période d'élevage, de la densité des poulets dans les zones libres d'équipement et dans les zones dites « proches » (c'est-à-dire à moins d'un poulet de distance pour ajuster la zone à la taille des poulets) des mangeoires et des abreuvoirs, en distinguant le nombre total de poulets et le nombre de poulets « inactifs » (c'est-à-dire ne consommant pas ou couchés dans les zones libres).

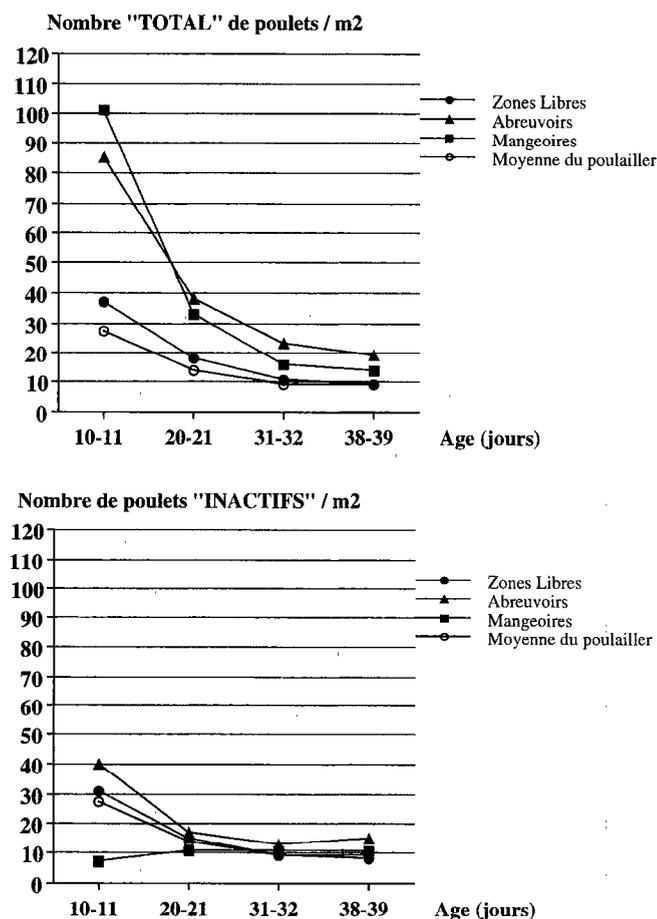


Figure 3 : - En haut : évolution de la densité totale observée par *scanning* dans les zones libres, proches des abreuvoirs et mangeoires en fonction de l'âge (poulets/m², 1 point = moyenne de 120 mesures) comparée à la densité moyenne de l'élevage.

- En bas : évolution de la densité d'animaux inactifs (couchés ou ne consommant pas) observée par *scanning* dans les différents secteurs de l'élevage.

La densité observée au niveau des mangeoires et des abreuvoirs était 2 à 3 fois supérieure à celle mesurée dans les zones libres d'équipement et diminuait au cours de la période d'élevage, proportionnellement à la densité moyenne du poulailler. Cette diminution était cependant plus rapide pour les mangeoires et les abreuvoirs entre les phases 2 et 3 que pour la densité moyenne. Cela était dû à la réduction, avec l'âge, du temps passé dans les activités respectives et aussi à la différence de taille des poulets (et donc de leur encombrement). La croissance des poulets de chair était telle que 100 poulets de 10 jours représentaient une charge animale de 25 kg/m² alors que 20 poulets de 38 jours correspondaient à 36 kg/m². Le poids rendait cependant mal compte de l'encombrement et de la production de chaleur exacte.

Toutes les mesures relevées par *scanning* étaient supérieures à la moyenne du poulailler ce qui confirmait un relatif regroupement des animaux vers le centre (partie où les mesures étaient faites, figure 1). De plus, le nombre de poulets « inactifs » près des mangeoires tendait à augmenter avec l'âge.

Evolution des activités du poulet en fonction de l'âge

L'évolution des activités et des transitions observées par *focal sampling* est résumée par les schémas de la figure 4 pour les comportements « mange », « boit », « toilette » et « explore ». L'attitude « debout » a été supprimée car il s'agit d'une position intermédiaire entre tous les comportements qui masque les transitions essentielles. La taille des cercles est proportionnelle au pourcentage du temps consacré à chacune des activités considérées, à partir des données de *focal sampling*; la taille de flèches est proportionnelle au nombre de transitions observées pendant une heure d'activité.

Après s'être levé, le poulet de chair avait tendance, en vieillissant, à privilégier les activités « mange », « boit », et « toilette » au détriment de l'activité « explore ». Par ailleurs, le nombre de transitions

entre ces quatre activités lors d'une séquence « couché-couché » diminuait avec l'âge et certaines transitions disparaissaient. Avec l'âge, les séquences d'activité devenaient plus courtes et mono-comportementales, le poulet se levait pour réaliser, la plupart du temps, une seule des quatre activités représentées (à l'âge de 40 jours, 417 fichiers sur 458 contenant au moins l'une des activités boire, manger, explorer ou faire une toilette étaient « mono-comportementaux », c'est-à-dire présentaient une seule de ces activités).

Il existe très peu de séquences montrant une activité alimentaire et de consommation d'eau dans le même fichier : les fichiers incluant une séquence alimentaire et une séquence de boisson par rapport aux nombres de fichiers totaux ayant une séquence alimentaire sont au nombre de 17 sur 73 (soit 23 p. 100) à 10 jours, de 9 sur 116 (8 p. 100) à 20 jours, de 0 sur 62 à 30 jours et de 0 sur 176 à 40 jours. Il y avait donc des séquences de consommation d'aliment distinctes de celles de consommation d'eau, ces dernières augmentant avec l'âge sous les effets du climat tropical.

Si seuls les fichiers où une activité finalisée s'était produite (manger, boire, explorer, faire une toilette) étaient conservés, ce qui revenait à supprimer les fichiers qui ne comportaient que des déplacements, on s'apercevait que le temps d'activité d'un poulet consacré à l'alimentation diminuait avec l'âge (40,8 p. 100 à 9-12 jours, 30,1 p. 100 à 30-32 jours), mais augmentait (37,5 p. 100) après la mise en service des ventilateurs (37-40 jours). En revanche, le temps consacré à la consommation d'eau augmentait de 9,2 p. 100 à 10 jours à 24,8 p. 100 à 30 jours puis se stabilisait (25,6 p. 100 à 40 jours). Les activités d'exploration relativement importantes (10,6 p. 100 du temps) à l'âge de 10 jours disparaissaient progressivement (1,6 p. 100 à 40 jours). Le temps consacré à la toilette demeurait relativement constant (5,9 à 8,2 p. 100 du temps). La toilette était un comportement intermédiaire qui précédait plus qu'il ne suivait les activités alimentaires de boisson ou d'exploration.

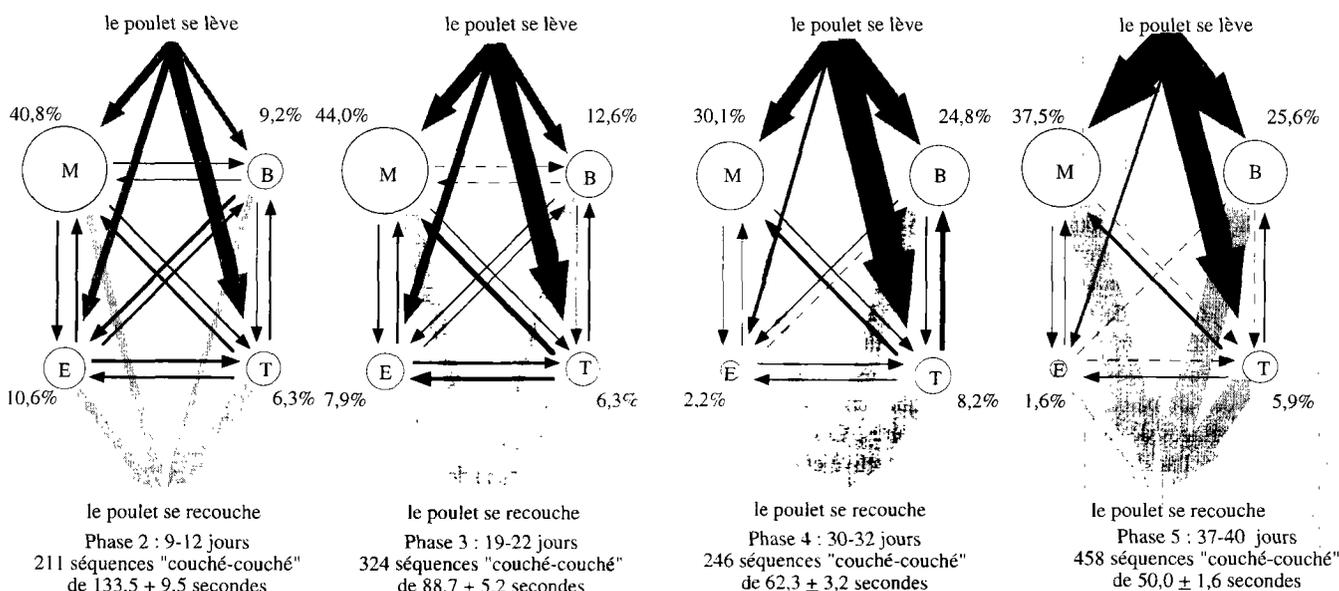


Figure 4 : évolution des activités (cercles de surfaces proportionnelles au pourcentage de temps passé dans chaque activité) et des transitions entre les comportements (flèches d'épaisseurs proportionnelles aux nombres de transitions observées par heure) en fonction de l'âge et d'après les observations de focal sampling pour toute séquence incluant au moins une des activités (boire, manger, explorer la litière, faire une toilette).

La durée moyenne d'un fichier est suivie de l'erreur standard.

----- = < 1 transition pour 2 h.

Si seules les séquences d'activité avec au moins un accès à la mangeoire étaient conservés, la durée moyenne du temps d'alimentation par séquence décroissait de 155 s (10-12 jours d'âge) à 48 s en phase 5 (37-40 jours d'âge) sur une durée moyenne d'une séquence « couché-couché » avec alimentation de 59 s à cet âge (figure 5). La latence, c'est-à-dire la durée enregistrée entre le levé du poulet de chair et son premier accès à la mangeoire, décroissait de 34 s en phase 2 (10-12 jours) à 7 s en phase 5 (37-40 jours). Par conséquent, en phase 5 (37-40 jours), le poulet allait directement manger puis se recouchait.

Le comptage des coups de bec pendant une période d'alimentation a permis d'évaluer le rythme moyen de picorage. La durée moyenne de l'intervalle entre deux coups de bec donnés à l'aliment augmentait significativement de $0,73 \pm 0,03$ s en phase 2 (10-12 jours) à $1,15 \pm 0,10$ s en phase 4 (à 30-32 jours) et diminuait significativement à $0,88 \pm 0,04$ s en phase 5 (à 37-40 jours). Ainsi le rythme de picorage était plus rapide en phase 5 qu'en phase 4, période correspondant à la mise en marche des ventilateurs.

Variation de l'activité des poulets de chair au cours du nyctémère

Lorsque les fichiers de *focal sampling* étaient classés par tranche horaire (4-6 h, 7-9 h, 10-12 h, 13-15 h, 16-18 h et 20-22 h), la répartition du temps moyen passé dans chaque activité variait assez peu au cours du nyctémère (en moyenne, 37 p. 100 « debout », 35 p. 100 « mange », 16 p. 100 « boit », 6 p. 100 « toilette » et 6 p. 100 « explore la litière »). Par contre, la durée moyenne d'une séquence d'activité « couché-couché » variait au cours d'une journée. Tous âges confondus, les séquences étaient plus longues (65-80 s) en début et en fin de journée (éclairage artificiel, températures plus basses) et étaient plus courtes (55 s) en milieu de journée (lumière et chaleur tropicales). La décomposition par phase des courbes de la figure 6 ne remet pas en cause l'observation faite du poulet qui règle son activité au cours de la journée en faisant varier la durée d'une séquence d'activité plutôt que la composition des différentes activités exprimées.

Détection précoce d'un problème d'élevage

Les observations comportementales peuvent également permettre de détecter de manière précoce certains problèmes d'élevage. Un second élevage (B) a été observé selon un protocole similaire à celui décrit ici. Dans ce nouvel élevage, un retard de croissance de 221 g par poulet par rapport au premier élevage (A - déjà décrit) et aux standards vénézuéliens a été mesuré à l'âge de 28 jours et a nécessité un traitement vétérinaire (14). Les deux élevages recevaient des aliments de même origine et de valeur nutritionnelle comparable. Bien que non identifié avec certitude, ce problème d'élevage semble lié à un renouvellement des équipes de surveillance des animaux ayant entraîné quelques erreurs, comme de mauvais réglages de la hauteur des mangeoires. Comme souvent sur le terrain, l'analyse des causes est rétrospective et donc hypothétique. Elle se produit lorsque la baisse de production est mesurée au moment des contrôles de poids systématiques. L'analyse des mesures comportementales a suivi cette même logique car l'observateur ignorait, au moment où les mesures étaient prises, le sens des variations enregistrées.

En comparant les pourcentages d'activité obtenus par *focal sampling*, on observe, dès l'âge de 20 jours, une différence significative (Mann et Whitney, $P < 0,01$) des pourcentages de temps passé à manger ou à explorer : l'activité « mange » représentait 42,9 p. 100 de l'activité des poulets de l'élevage A, elle ne représentait que 23,2 p. 100 de l'activité des poulets de l'élevage B ; cet écart se réduisait à 30 jours après traitement des animaux (26,7 p. 100 pour l'élevage A, 21,1 p. 100 pour l'élevage B).

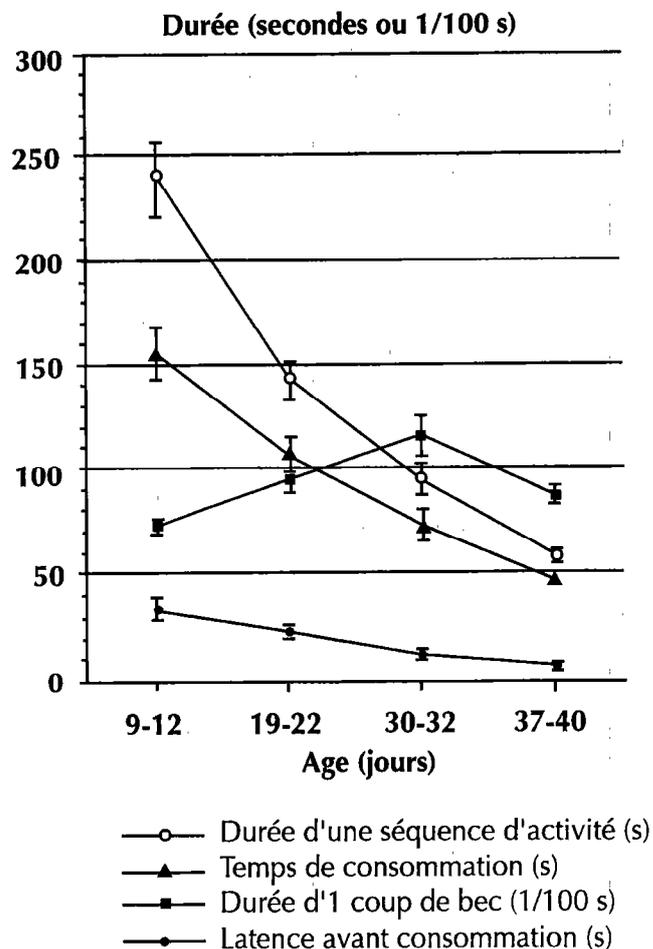


Figure 5 : variation du comportement alimentaire en fonction de l'âge. Moyenne et erreur standard des séquences « couché-couché » de focal sampling incluant une activité alimentaire, soit respectivement 73, 116, 62, 176 fichiers pour chaque âge.

Une importante augmentation du temps d'exploration de la litière a été observée simultanément dans l'élevage B : à 20 jours, les poulets de l'élevage A occupaient 4,4 p. 100 de leur temps à explorer, contre 19,5 p. 100 pour les poulets de l'élevage B. A 30 jours, l'écart se réduisait (2,3 p. 100 en A, contre 1,3 p. 100 en B). Dans une moindre mesure, des différences entre les pourcentages des mêmes activités dès l'âge de 10 jours (41,8 p. 100 en A contre 31,2 p. 100 en B pour le temps passé à manger, et 10,1 p. 100 contre 17,3 p. 100 pour le temps passé à explorer) pouvaient être observées. D'autres mesures comme le temps passé « debout » ou la distance moyenne des animaux aux mangeoires, différaient entre les deux élevages en phases 2 et 3. Ainsi, il semble qu'une différence de comportement entre les poulets des élevages A et B ait été décelable bien avant qu'un retard de croissance n'ait pu être constaté.

DISCUSSION

Les résultats résumés ici illustrent la richesse des informations issues d'une observation précise des poulets dans les conditions de la production. Il faut cependant souligner que ce travail initial n'a été réalisé que dans un seul élevage où la croissance n'était pas perturbée. La généralisation serait dangereuse et il semble préférable d'émettre des hypothèses pour poursuivre ce type d'étude.

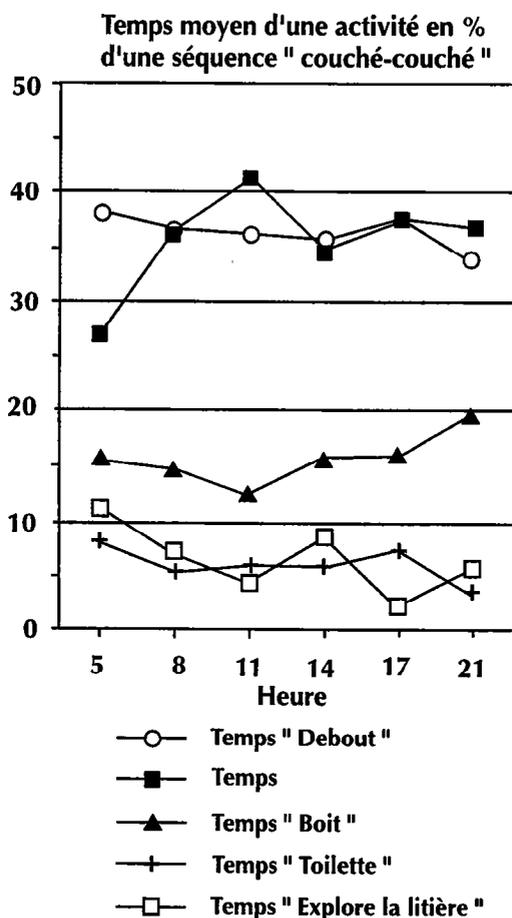
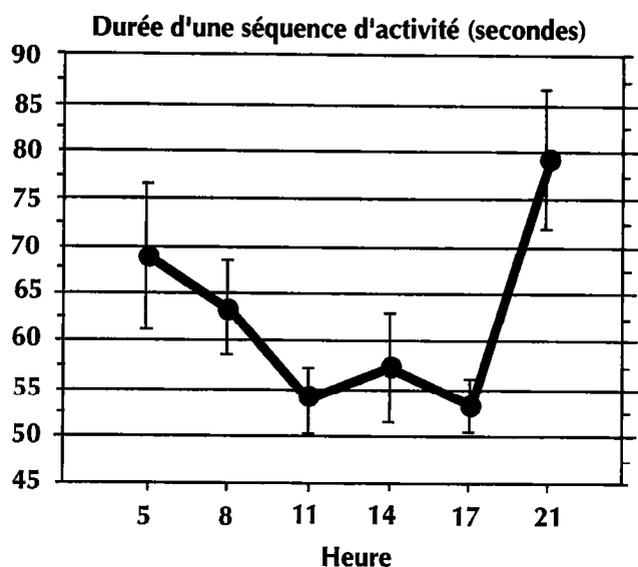


Figure 6 : variation des activités (en bas) et de la durée moyenne d'un fichier (en haut) en fonction du nyctémère. Chaque point représente la moyenne des focal samplings (respectivement 158, 225, 432, 232, 461 et 208 séquences « couché-couché »/tranche horaire).

La réduction d'activité observée chez le poulet de chair avec l'âge est une évolution bien connue (1). En milieu tropical, un poulet de chair couché dans une litière en fermentation qui réduit ses possibilités de pertes thermiques latentes est obligé d'accroître la thermolyse par évaporation pulmonaire. Les taux de mortalité sont donc plus élevés en finition lors des périodes de chaleur mais ils peuvent être limités par la restriction d'accès à l'aliment pour limiter la production de chaleur métabolique pendant les périodes diurnes (10). Il est aussi de pratique courante au Venezuela de payer des employés pour obliger les poulets en finition à se déplacer pendant les heures les plus chaudes de la journée pour favoriser les échanges thermiques. De même, le brassage d'air par ventilateur a deux effets : il favorise les échanges thermiques en renouvelant l'air au niveau des animaux et il stimule aussi les mouvements des poulets qui n'aiment pas les courants d'air et recherchent donc une position abritée.

La réduction importante (de 133,5 à 50 s entre 10 et 38 jours) des durées moyennes de séquences d'activité incluant un comportement finalisé (manger, boire, faire sa toilette, explorer la litière) suggèrent que le poulet ajuste essentiellement son activité en restant moins longtemps debout lorsqu'il s'est levé. La durée d'une séquence d'activité semble aussi pour le poulet une manière de s'ajuster aux variations nyctémérales d'environnement climatique (température, humidité, lumière). Les volailles présentent, en général, un pic de consommation d'aliment en début et/ou en fin de photopériode suggérant une certaine capacité de compensation ou d'anticipation sur la période nocturne d'indisponibilité d'aliments (16). En milieu tropical, chez la poule pondeuse, « l'anticipation », ou plus simplement l'adaptation, est limitée aux variations d'intensité lumineuse, l'éclairage naturel diurne étant beaucoup plus intense que l'éclairage artificiel nocturne. Les variations de durée des séquences pourraient être aussi une forme d'adaptation aux variations thermiques de l'environnement. Les volailles n'ont pas de stratégie alimentaire figée, leur activité alimentaire est souvent le résultat d'une adaptation à un environnement (17). Ainsi, la présente étude confirme cette adaptation du poulet de chair à son environnement puisqu'il fait varier, au cours de la journée, la durée de ses périodes d'activité (séquence « couché-couché ») mais il conserve globalement la même répartition des différentes activités (boire, manger, faire une toilette, explorer) au cours d'une période d'activité « couché-couché ». Avec l'âge (et avec l'accentuation des effets de la chaleur sur son métabolisme ?), au contraire, le poulet réduit au minimum les comportements d'exploration (10,6 p. 100 du temps à 10 jours contre 1,6 p. 100 à 38 jours) et augmente le temps consacré à l'abreuvement. Tout se passe comme si le poulet en finition optimisait ses activités pour préserver un « repos » d'une durée la plus longue possible.

L'animal peut s'adapter à son environnement de trois manières non exclusives : il peut augmenter ou diminuer le rythme de ses périodes d'activité, augmenter ou diminuer la durée de ces périodes, ou enfin faire varier le contenu de ces périodes. L'évolution comportementale des séquences d'activité avec l'âge vers une seule activité, ce qui limite les transitions, est-elle la conséquence de la réduction de la durée d'une séquence ou bien l'expression d'un comportement plus finalisé ? La réduction du temps d'exploration, le séjour des poulets plus près des mangeoires et abreuvoirs suggèrent que les deux évolutions sont probablement concomitantes dans de « bonnes » conditions d'élevage. Picard et coll. (9) ont remarqué que des poulets de 15 jours d'âge alimentés avec un régime déséquilibré en acides aminés explorent plus la litière que des poulets de même âge recevant une alimentation équilibrée (4,8 p. 100 contre 1,3 p. 100). Les problèmes techniques dans le second élevage (B) induisent de manière similaire une augmentation importante du comportement d'exploration de la litière.

L'intérêt pratique évident d'une mesure de la durée des séquences d'activité et de certains comportements comme l'exploration de la litière en fonction de plusieurs paramètres d'élevage serait accru par une meilleure évaluation des phases de « repos » ou par un décompte précis de la fréquence des séquences d'activité, mais cette dernière mesure est difficile dans un élevage de plusieurs milliers d'animaux. En effet, la manière dont le *scanning* et le *focal sampling* sont pratiqués ici ne permet pas une évaluation précise de la durée totale du « repos » ni de ce que fait le poulet pendant ce repos. Le *focal sampling* pourrait être appliqué à des périodes de repos pour décomposer les périodes de sommeil, de polyphnie thermique, d'interaction sociale, de toilette. Le *scanning* devrait, s'il était essentiellement orienté sur l'évaluation du temps de « repos », être conduit de manière plus précise.

Des remarques pratiques proposées par Richard (14) suggèrent qu'une observation par *scanning* pendant une heure est inutile, voire moins exacte, qu'une observation plus courte. Au cours d'une heure, des perturbations extérieures ou liées aux pratiques périodiques en élevage dérangent les animaux et modifient de manière irrégulière les relevés. En période calme, dix minutes donnent des résultats très semblables à une heure, alors qu'en période de perturbation les relevés d'une heure entière représentent probablement mal l'activité moyenne des animaux au cours de 24 h. Le choix des zones d'observation est, de la même manière, sujet à une analyse critique. Les résultats présentés montrent que la répartition des poulets dans le poulailler n'est pas homogène. L'importance pratique de cette question pour optimiser l'équilibre thermique du troupeau et l'organisation de l'espace et des équipements, notamment en finition, justifie des études complémentaires. Il sera nécessaire de vérifier, par exemple, la moindre utilisation par les poulets au cours du nyctémère des zones du poulailler éclairées directement par le soleil (pendant quelques heures de la journée).

Dans un poulailler, l'ensemble des paramètres environnementaux interviennent et il serait probablement dangereux de trop focaliser les observations sur le seul comportement alimentaire. En considérant l'ensemble des fichiers (comportant une séquence alimentaire ou non), on constate que le pourcentage de temps passé à manger diminue entre les phases 2 à 4 de 41,8 à 26,7 p. 100, mais augmente entre les phases 4 et 5, après la mise en service des ventilateurs, de 26,7 à 36,6 p. 100. Ce résultat est peut être associé à l'effet de la ventilation qui semble faire augmenter le nombre de séquences avec consommation alimentaire par rapport à l'activité totale du poulet et le rythme de picorage sans modifier la durée moyenne des séquences alimentaires. Entre les phases 4 et 5 (soit 30 et 40 jours d'âge), période de mise en marche des ventilateurs, la durée d'un coup de bec donné à l'aliment a diminué de 1,15 à 0,88 s. Savory (15) a montré qu'une température d'élevage élevée a un effet dépressif sur le rythme d'ingestion de l'aliment (c'est-à-dire la quantité d'aliment ingérée par unité de temps d'accès alimentaire). Le rythme de picorage peut être associé à une variation de perception de la chaleur ou à l'effet des mouvements d'air sur l'exécution d'un comportement (2).

Au cours d'un « séjour » à la mangeoire, l'animal donne une série de coups de bec plus ou moins rapides à l'aliment. Certains coups de bec aboutissent à la préhension et à l'ingestion d'aliment (coups de bec consommateurs) et d'autres coups de bec sont exploratoires (20). Vilariño et coll. (18) ont observé que le rythme de picorage (nombre de coups de bec par seconde d'accès alimentaire) des poules pondeuses est plus lent avec un aliment granulé. Un changement d'aliment (remplacement de l'aliment farine par de l'aliment granulé) a eu lieu au 20^e jour d'élevage, c'est-à-dire en phase 3. La même augmentation de la durée d'un coup de bec a

été observée entre les phases 2 et 3 d'une part et les phases 3 et 4 d'autre part, suggérant que cette augmentation est plus liée à l'âge du poulet ou à l'effet de la température qu'à la granulation de l'aliment. Le fait que l'aliment granulé était très friable renforce cette hypothèse.

Murphy et Preston (7) ont observé que 48 p. 100 des accès aux mangeoires durent moins de 60 s pour des poulets de chair de 27 à 50 jours d'âge recevant un aliment complet en granulés et élevés en conditions intensives pratiques (durée moyenne de ces accès : 74 s). Picard et coll. (11), sur la base d'un critère de « fin d'accès alimentaire » fixé à 5 s d'interruption, ont mesuré des durées moyennes de respectivement 60 et 81 s pour des poulets de 18 jours en cages individuelles avec ou sans contacts visuels, et de 145 s pour des poulets en groupes de quatre. La fin d'un accès alimentaire correspond généralement au début d'une autre activité. Ce critère de fin est imprécis, notamment lorsque l'animal reste immobile près de la mangeoire. Les résultats obtenus au cours de cette étude sont comparables à ceux des auteurs cités (7, 11) puisque les accès alimentaires ont une durée moyenne de 95,5 s entre les phases 2 à 5 (soit 10 à 40 jours d'âge ; élevage A) et de 60 s pour les phases 4 et 5 (soit 30 à 40 jours d'âge). La réduction de la durée d'un accès à la mangeoire avec l'âge peut être interprétée comme le résultat d'une plus grande efficacité de la préhension des particules alimentaires et/ou comme une adaptation à des contraintes environnementales (perception de la chaleur et de l'hygrométrie, mouvements d'air, accès limité par le séjour d'autres poulets autour des équipements).

■ CONCLUSION

Les mesures de comportement peuvent être développées en élevage intensif pour mieux évaluer l'occupation de l'espace, les comportements redirigés à la suite d'une erreur ou d'un problème (comme le picorage accru de litière dans l'élevage B) et les fluctuations adaptatives en fonction de la chaleur et de la lumière. Deux directions principales pourraient conduire d'une part vers des mesures de type diagnostic de routine, c'est-à-dire la fréquence du picorage du sol, stéréotypiques, et d'autre part vers une approche de l'adaptation en partant de l'hypothèse que le poulet de chair module d'abord la durée d'une séquence d'activité. La conception de modèles combinant la probabilité de l'initiation d'une séquence d'activité, celles de son contenu et de son arrêt sera facilitée par le fait que les poulets de chair tendent à faire des séquences mono-comportementales après quatre semaines d'âge, c'est-à-dire au moment le plus critique de la production sur un plan économique et énergétique.

La mesure précise de la durée des séquences d'activité du poulet de chair dans un élevage peut, sous réserve de validation, devenir une mesure de l'adaptation et de l'effet de plusieurs facteurs environnementaux (climatiques ou techniques). Elle présenterait l'intérêt de ne nécessiter qu'un chronomètre.

L'évaluation des activités d'exploration pourrait révéler certains problèmes d'élevage. Ces activités d'exploration pourraient être mesurées par *focal sampling* en même temps que la durée des séquences d'activité en comptant le nombre de picorages donnés au sol et aux équipements. Un *scanning* des attitudes d'exploration est également possible sous réserve d'une définition précise des attitudes. Le terme « exploration » doit être considéré ici comme une facilité d'expression pour désigner des coups de becs non dirigés vers l'aliment, l'eau ou le plumage.

Le *scanning* doit être réalisé dans des conditions calmes pendant un temps réduit à environ 10 min mais il semble souhaitable de mieux analyser l'hétérogénéité dans la répartition spatiale des animaux dans le poulailler pour définir la représentativité de la mesure.

Une analyse plus précise des attitudes de repos et surtout du temps réel d'inactivité apparente est un complément indispensable des mesures de séquences d'activité.

Les résultats obtenus au cours de cette étude renforcent l'importance d'établir un lien direct entre la production et la recherche par l'étude du comportement.

Remerciements

Les auteurs remercient la Direction de Protinal et les propriétaires des élevages de Corazon de Jesus et de Los Cocos qui ont accepté que ce travail se réalise dans leurs unités de production, le FONAIAP et l'INRA pour leur appui financier et le CIRAD-EMVT qui a coordonné le travail de stage du DESS de Productions animales en régions chaudes.

BIBLIOGRAPHIE

1. BESSEI W., 1992. Das Verhalten von Broilern unter Intensivhaltungbedingungen. *Arch. Geflügelk.*, **56**: 1-7.
2. FAURE J.M., LAGADIC H., 1994. Elasticity of demand for food and sand in laying hens subjected to variable wind speed. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **42**: 49-59.
3. HILL W., ROVEE-COLLIER C., COLLIER G., WASSERLOOS L., 1986. Time budgets in growing chicks. *Physiol. Behav.*, **37**: 353-360.
4. JOHNSON D.F., COLLIER G., 1991. The relationships between feeding rate and patch choice. *J. exp. anal. Behav.*, **55**: 75-95.
5. MARTIN P., BATESON P., 1986. Measuring behaviour. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press, p. 48-69.
6. MAULDIN J.M., 1992. Applications of behaviour to poultry management. *Poult. Sci.*, **71**: 634-642.
7. MURPHY L., PRESTON A., 1988. Food availability and the feeding and drinking behaviour of broilers chickens grown commercially. *Br. Poult. Sci.*, **29**: 273-283.
8. MURPHY L., PRESTON A., 1988. Time-budgeting in meat chickens grown commercially. *Br. Poult. Sci.*, **29**: 571-580.
9. PICARD M., FAURE J.M., SIEGEL P.B., DUNNINGTON E.A., UZU G., DALIBARD P., 1994. Food intake and aminoacids in poultry. Antony, France, Rhône Poulenc Scientific Paper, Rhône Poulenc Animal Nutrition, 44 p.
10. PICARD M., SAUVEUR B., FENARDJI F., ANGULO I., MONGIN P., 1993. Adjustements technico-économiques possibles de l'alimentation des volailles dans les pays chauds. *INRA Prod. Anim.*, **6**: 87-103.
11. PICARD M., TURRO I., LAUNAY F., MILLS A., MELIN J.M., FAURE J.M., 1992. Food intake patterns of three week old broilers caged individually or in groups. In: 19th World poultry science Congress, Amsterdam, the Netherlands, September 20-24, 1992.
12. PRESTON A.P., MURPHY L.B., 1988. Observations on the use of feeding space in commercial broiler chicken house. *Br. Poult. Sci.*, **29**: 293-300.
13. PRESTON A.P., MURPHY L.B., 1989. Movement of broiler chickens reared in commercial conditions. *Br. Poult. Sci.*, **30**: 519-532.
14. RICHARD P., 1996. Etude du comportement du poulet de chair en élevage intensif tropical au Venezuela. Mémoire de stage DESS Productions animales en régions chaudes, CIRAD-EMVT, Montpellier, France, 69 p.
15. SAVORY C.J., 1986. Influence of ambient temperature on feeding activity parameters and digestive function in domestic fowls. *Physiol. Behav.*, **38**: 353-357.
16. SQUIBB R.L., COLLIER G.H., 1979. Feeding behaviour of chicks under three lighting regimens. *Br. Poult. Sci.*, **58**: 641-645.
17. TURRO-VINCENT I., 1994. Ontogenèse du comportement alimentaire du poussin (*Gallus domesticus*) dans les conditions de l'élevage intensif. Thèse doct., Université François Rabelais, Tours, France, 205 p.
18. VILARINO M., PICARD M., MELCION J.P., FAURE J.M., 1996. Behavioural adaptation of laying hens to dilution of diets under mash and pellet form. *Br. Poult. Sci.*, **37**: 895-908.
19. YO T., 1994. Adaptation comportementale au choix alimentaire du poulet de chair et de la poule pondeuse (*Gallus domesticus*) en milieu tropical. Thèse doct. Sciences biologiques et agronomiques, ENSA, Rennes, France, 267 p.
20. YO T., VILARINO M., FAURE J.M., PICARD M., 1997. Feed pecking in young chickens: new techniques of estimation. *Physiol. Behav.*, **61** (6): 803-810.

Reçu le 9.4.97, accepté le 1.7.97

Summary

Richard P., Vilariño M., Faure J.M., León A., Picard M.
Study of broiler chickens' behaviour in a tropical intensive breeding poultry house in Venezuela

To identify behavioural indicators of chickens' adaptation to their environment, scanning and focal sampling behavioural measurements were recorded in a flock of 19,500 broilers in a tropical intensive breeding poultry house during one production cycle (40 days). The number of birds observed around feeding devices and troughs was 2-3 times higher than the average density in the industrial poultry house. Duration of an activity bout (between two resting bouts) including at least one pecking at feed, water, litter or one preening) was on average 133.5 ± 9.5 s at 10 days of age and regularly decreased to 50.0 ± 1.6 s at 40 days. With age activity bouts were almost reduced to only one type of behaviour (mainly eating/drinking), as the frequency of the exploratory floor pecking behaviour decreased. Over a day, duration of an activity bout decreased during the warmest hours and increased again in the evening. However, the ethogram of an active broiler remained the same throughout the day. A management problem could be identified early by observing increased floor pecking activity. Density measurements of animal distribution, activity bout duration and frequency of litter pecking will provide practical advantages if they are very accurately defined and performed under peaceful conditions.

Key words: Broiler chicken - Aviculture - Behaviour - Adaptation - Growth - Poultry housing - Intensive husbandry - Floor husbandry - Tropical climate - Venezuela.

Resumen

Richard P., Vilariño M., Faure J.M., León A., Picard M.
Estudio del comportamiento del pollo de carne en un criadero intensivo tropical en Venezuela

Con el fin de identificar los indicadores del comportamiento de adaptación al medio, se llevaron a cabo mediciones del comportamiento por *scanning* y muestreo *focal*, en un criadero intensivo tropical de 19 500 pollos de carne y durante un ciclo de producción (40 días). La densidad animal alrededor de los comederos y bebederos fue 2 a 3 veces superior a la densidad media del criadero. La duración de una secuencia de actividad (« reposo-reposo ») incluyendo al menos un picoteo del alimento, de agua, de la cama o una limpieza fue en promedio de $133,5 \pm 9,5$ s a los 10 días y disminuyó regularmente para alcanzar $50,0 \pm 1,6$ s a los 40 días. Con la edad, las secuencias se orientaron casi todas hacia una actividad única (mono comportamiento, principalmente comer o beber), el comportamiento de exploración por picoteo de la cama disminuyó. Durante el curso del día la duración de una secuencia de actividad disminuyó durante los períodos calientes y aumentó durante la noche, pero el pollo, mientras que estaba activo, presentó el mismo etograma a cualquier hora. En caso de problema de crianza, los comportamientos de exploración de la cama aumentaron nuevamente, lo que podría constituir una señal precoz. Las mediciones de la densidad de distribución de los animales, de la duración de una secuencia de actividad y de la frecuencia de picoteo de la cama mostraron un interés práctico, siempre y cuando estén definidas con precisión y realizadas en condiciones tranquilas.

Palabras clave: Pollo de engorde - Avicultura - Comportamiento - Adaptación - Crecimiento - Alojamiento para aves - Crianza intensiva - Crianza en el suelo - Clima tropical - Venezuela.

Typologie des aviculteurs dans la zone du Cap-Vert au Sénégal

B. Arbelot ^{1, 2*} H. Foucher ³ J.F. Dayon ⁴ A. Missohou ³

Mots-clés

Poulet de chair - Poule pondeuse - Production d'œufs - Classification - Système d'exploitation agricole - Taille de l'exploitation agricole - Polyculture élevage - Aviculture - Sénégal.

Résumé

Afin de caractériser les aviculteurs de la région de Dakar au Sénégal, une typologie concernant 174 élevages a été réalisée. Elle a permis de mettre en évidence cinq types d'aviculteurs. Le premier type correspondait aux petits élevages urbains produisant des poulets de chair lors des fêtes religieuses (effectif moyen annuel de 1 000 poulets). Le deuxième type correspondait à des salariés agro-éleveurs propriétaires d'exploitations récentes de taille moyenne dans lesquelles, en plus des activités d'agriculture (maraîchage et arboriculture fruitière), ils élevaient des bandes de poulets de chair, et plus rarement des pondeuses (effectif moyen annuel de 4 000 poulets et 800 pondeuses). Le troisième type correspondait également à des exploitations de taille moyenne appartenant à des salariés mais ayant uniquement une activité avicole sur l'exploitation. Le quatrième type correspondait à des exploitations anciennes, de taille importante, produisant des œufs de consommation (effectif moyen annuel de 2 500 pondeuses) et des poulets de chair (effectif moyen annuel de 4 000 poulets), où les propriétaires étaient des salariés. Le cinquième type regroupait également des exploitations anciennes de taille importante, mais les propriétaires n'avaient pas, en dehors de l'aviculture, d'autre activité professionnelle. Cette typologie a mis ainsi en évidence la part importante d'éleveurs pour lesquels l'aviculture constituait une activité professionnelle secondaire (62 p. 100 des éleveurs enquêtés) et temporaire (45 p. 100 des éleveurs), et la nécessité de développer des actions adaptées aux enjeux de chaque type.

■ INTRODUCTION

Face à la demande croissante en protéines animales des populations urbaines en Afrique de l'Ouest, l'élevage intensif des volailles s'est développé, ces dernières années, dans plusieurs pays comme la Côte d'Ivoire ou le Cameroun (1, 20). L'aviculture sénégalaise semi-intensive a débuté dans les années 60 et a connu un réel essor à partir des années 80. Elle est localisée principalement dans la région de Dakar (figure 1) : en 1990, 80 p. 100 des poulets de chair et 90 p. 100 des pondeuses étaient produits dans cette zone (11). Ceci s'explique d'une part par l'existence du marché de consommation urbain et la proximité du port et de l'aéroport (accès aux intrants) et d'autre part par le climat plus frais propice à

l'aviculture. Le nombre d'exploitations avicoles dans la région de Dakar était estimé à 125 en 1980, avec 780 000 poulets de chair et 250 000 pondeuses mis en place durant l'année (3). En 1994, le nombre d'exploitations était estimé entre 500 et 700 et les effectifs de volailles à 3,6 millions de poulets de chair et 500 000 poules pondeuses (19). Il existe à l'heure actuelle quatre principaux fournisseurs d'intrants et un abattoir industriel a été créé en 1994.

En février 1994 a débuté un projet de développement de l'aviculture (projet PRODEC : projet de développement des espèces à cycle court) ayant entre autres objectifs la formation des aviculteurs et techniciens et la mise en place d'un volet de recherche d'accompagnement (4). Afin de dresser la situation de l'aviculture moderne avant le démarrage du projet, une typologie des exploitations avicoles dans la région de Dakar a été réalisée.

Face à l'extrême diversité des situations à décrire, les typologies ont l'ambition de constituer un jeu de types qui simplifie la réalité tout en respectant les particularités principales (13). Les typologies d'exploitations agricoles permettent de comparer des groupes d'exploitations entre elles, de juger de leur fonctionnement, de

1. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, BP 2057, Dakar Hann, Sénégal

2. CIRAD-EMVT, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

3. Ecole Inter Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, BP 5077, Dakar, Sénégal

4. Mission Française de Coopération, Projet PRODEC, BP 2014, Dakar, Sénégal

* Correspondance : voir adresse en 1 ; tél./fax : 221 32 36 58

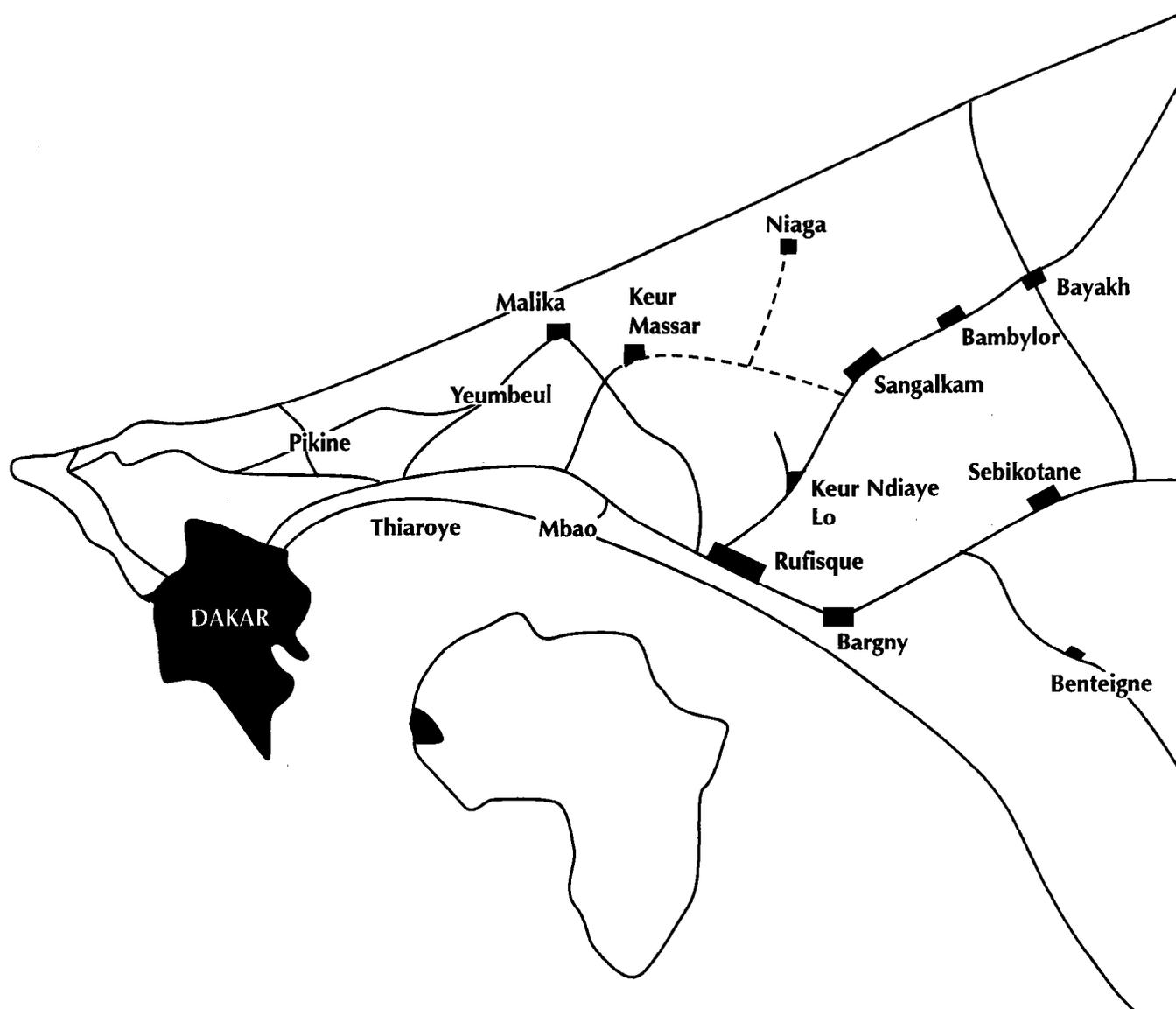


Figure 1 : carte de la zone de la presqu'île du Cap-Vert.

Echelle 1 : 250 000

— principaux axes routiers

----- pistes

Malika : villes et villages

Source : Institut géographique national, Paris, France, Service géographique national, Dakar, Sénégal, 1983.

trouver des solutions aux problèmes rencontrés et d'élaborer des recommandations adaptées (2, 13). L'objectif des typologies est donc de fournir à l'usage des décideurs une image de l'activité agricole locale pour orienter les actions de développement (17).

■ MATERIEL ET METHODES

La typologie des exploitations avicoles dans la région du Cap-Vert au Sénégal a été réalisée sur un échantillon de 174 élevages : 33 en zone urbaine (Dakar ville : 19 p. 100 des élevages enquêtés) et 141 en zone périurbaine (grande banlieue de Dakar ou zone des Niayes : 81 p. 100 des élevages enquêtés) (figure 1).

En zone périurbaine, toutes les exploitations rencontrées le long des principaux axes routiers partant de Dakar ont été enquêtées dans un rayon d'environ 50 km. En zone urbaine, les élevages

étant plus difficiles à localiser, une dizaine d'aviculteurs ont été visités et ont permis, grâce aux relations de voisinage, de rencontrer les élevages du même quartier.

Les études ont été menées avec un questionnaire d'enquête à réponses ouvertes d'avril à juin 94. Les questions ont concerné l'éleveur (profession, formation, début de l'activité avicole et présence dans l'exploitation), les employés (nombre, âge et formation), la conduite d'élevage (volailles, alimentation, abreuvement, prophylaxie et bâtiment) et la présence d'autres activités sur l'exploitation. Sur les 174 questionnaires initiaux, 140 ont été conservés (108 élevages périurbains et 32 élevages urbains), 34 étaient incomplets.

La typologie des élevages réalisée à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM) et d'une classification hiérarchique ascendante (logiciel STATITCF) sur les variables qualitatives est présentée ici (6).

■ RESULTATS

Caractéristiques de l'échantillon

Les exploitations existaient en moyenne depuis 6 ans (1 à 34 ans). L'ancienneté de l'exploitation traduisait la pérennité de l'activité.

Parmi les aviculteurs enquêtés, 62 p. 100 travaillaient dans la fonction publique ou le secteur privé. Seulement 38 p. 100 des personnes enquêtées exerçaient l'aviculture comme principale activité professionnelle. Ces dernières n'avaient donc aucune autre source de revenu en dehors de l'aviculture. Par commodité de langage, le terme « salariés » désignera aussi bien les employés du secteur privé que ceux de la fonction publique.

Dans le cas des élevages périurbains, la majorité des éleveurs ne logeaient pas sur l'exploitation, ils s'y rendaient en moyenne quatre jours par semaine. Les aspects techniques de l'élevage étaient donc assurés par les employés (en moyenne 1,7 employés par exploitation enquêtée). Les employés étaient jeunes (29 ans en moyenne), 48 p. 100 d'entre eux étaient alphabétisés. Ils n'avaient aucune formation en aviculture et apprenaient avec le propriétaire ou un ancien employé, d'où l'importance de la présence du propriétaire dans l'élevage.

La moitié des élevages enquêtés étaient des élevages de poulets de chair (4 000 volailles en moyenne par an). Les élevages de poules pondeuses représentaient 17 p. 100 de l'échantillon (avec en moyenne des bandes de 4 000 pondeuses) et les élevages mixtes représentaient 33 p. 100 de l'échantillon (en moyenne 4 000 poulets de chair et 2 000 pondeuses par an).

Les éleveurs de poulets de chair n'avaient pas tous une activité permanente (64 p. 100 d'entre eux avaient une activité temporaire). En effet, certains produisaient uniquement en prévision d'une augmentation de la demande, en particulier au moment des fêtes religieuses (Noël, Korité, Pâques, Tamxarit) ; d'autres interrompaient l'élevage durant la saison des pluies (saison chaude et humide de juillet à septembre). Par contre, les éleveurs de pondeuses avaient une activité continue sur l'année. Cette différence dans la stratégie de production déterminait la régularité ou non du revenu généré par l'aviculture.

La surface moyenne des bâtiments était de 450 m². Ils étaient construits en parpaings, les murs n'étaient pas crépis, entraînaient des problèmes de parasitisme (*Argas* notamment). La toiture, en tôle ou Fibrociment, n'était jamais isolée. Le sol était cimenté. Le principal défaut de ces bâtiments était le manque d'aération. L'une des façades était en général grillagée à mi-hauteur et l'autre simplement percée de quelques petites fenêtres. Les pondeuses étaient élevées au sol. Les nids de ponte étaient collectifs et dans quelques élevages aucune place de ponte n'était prévue. Enfin, les élevages n'étaient pas équipés de perchoirs.

En ce qui concerne les élevages urbains, il n'existait pas à proprement parler de bâtiment d'élevage, les volailles étaient élevées dans une pièce inoccupée de la maison.

Les poulaillers étaient équipés de mangeoires linéaires ou trémies et d'abreuvoirs siphoniques en plastique ou métal galvanisé. Les petits élevages de pondeuses ne disposaient cependant que de bassines, ce qui entraînait des problèmes de coccidioses. Le matériel d'élevage était mal réglé (mangeoires et abreuvoirs non ajustés à la hauteur des volailles), mal conçu (hauteur insuffisante des rebords des assiettes des trémies en tôle fabriquées localement, entraînant un gaspillage important), peu entretenu ou vétuste. L'automatisation de l'abreuvement était faible (16 p. 100 des éle-

vages) ; quant à l'automatisation de l'alimentation, elle n'existait que dans un seul des élevages enquêtés. Pour le démarrage des poussins, les éleveurs possédaient généralement un radiant à gaz, parfois une lampe à gaz. Les programmes lumineux étaient souvent inexistantes et l'éclairage au démarrage des poussins était insuffisant (utilisation d'une lampe à pétrole). La litière, d'épaisseur insuffisante, était constituée de copeaux de bois, de coques d'arachide ou parfois de papier haché.

En plus de l'aviculture, la moitié des personnes enquêtées avaient des activités annexes sur l'exploitation : agriculture (arboriculture et maraîchage) et/ou élevage de quelques ovins ou d'autres espèces aviaires (canards). Ceci traduisait la diversification des activités agricoles.

L'approvisionnement en poussins d'un jour et aliment se faisait auprès des quatre principaux fournisseurs d'intrants. Ceux-ci disposaient de petits dépôts disséminés dans la zone de production. Les productions étaient commercialisées auprès des « banas-banas » (grossistes), certains petits éleveurs avaient leur propre clientèle privée.

Au plan sanitaire, le défaut majeur de ces élevages était l'absence de vide sanitaire, la majorité des élevages étant à âge multiple (60 p. 100). Selon les employés, le nettoyage et la désinfection des bâtiments semblaient régulièrement faits (utilisation de lessive, d'eau de Javel, de chaux vive...). Par contre, la désinsectisation n'était presque jamais faite. Dans la majorité des cas, le fumier, les cadavres et les déchets d'abattage restaient dans la cour de la ferme ou étaient jetés sur le bord des routes. Les pédilvues étaient rares ou vides. En ville, l'évacuation des déchets d'élevage était payante.

Les plans de prophylaxie proposés par les vétérinaires intervenant dans la filière avicole étaient ceux habituellement conseillés en milieu tropical. En pratique, certains éleveurs de pondeuses ne faisaient pas d'injection de vaccin inactivé contre la maladie de Newcastle à cause des manipulations liées à l'injection, et administraient le vaccin buvable « LaSota » tous les deux ou trois mois pendant la ponte. La vaccination contre la bronchite infectieuse n'était presque jamais réalisée. En outre, les modalités d'administration des vaccins étaient mal respectées (abreuvement insuffisant des animaux, manque d'abreuvoirs...). Ceci a eu pour conséquence l'apparition d'une épizootie de maladie de Newcastle qui a décimé les élevages de janvier à juin 1995 (au minimum 50 000 volailles sont mortes ou ont été réformées). Un usage parfois abusif des antibiotiques, vitamines et anticoccidiens censés pallier les fautes d'hygiène a également été observé.

Typologie des exploitations

Codage des variables en classes

Les 18 modalités des 7 variables obtenues après mise en classes d'effectif équilibré sont présentées dans le tableau I.

Les axes factoriels

L'AFCM a été réalisée sur 140 individus et 18 modalités. La contribution cumulée à l'inertie totale des 3 premiers axes factoriels retenus a été de 55 p. 100 (tableau II).

Etude des variables

L'étude de la contribution relative des modalités des variables à l'inertie expliquée par les axes a permis de définir la signification de chaque axe et les liaisons entre variables (figures 2 et 3, tableau III).

Tableau I
Variables décrivant les élevages

Variables	Intitulé	Modalités	Signification	Fréquence (%)
AGE	âge de l'exploitation	1	exploitation récente (âgée de 2 ans maximum)	31
		2	exploitation ancienne (de 3 à 6 ans)	36
		3	exploitation très ancienne (âgée de 7 ans et plus)	33
AVI	type d'aviculture*	1	aviculture temporaire (de 30 à 90 % du temps sur l'année)	45
		2	aviculture permanente toute l'année	55
ACT	place de l'aviculture dans les activités professionnelles du propriétaire	1	aviculture comme activité professionnelle principale	39
		2	aviculture comme activité professionnelle secondaire	61
PRO	présence du propriétaire dans l'exploitation	1	propriétaire présent au maximum 2 jours par semaine dans l'exploitation	30
		2	propriétaire présent de 2 à 6 jours par semaine dans l'exploitation	14
		3	propriétaire présent 7 jours sur 7 dans l'exploitation	56
EMP	nombre d'employés	1	pas d'employé	23
		2	un employé	36
		3	2 à 9 employés	41
BAT	surface du bâtiment d'élevage**	1	bâtiment de moins de 106 m ²	33
		2	bâtiment de 106 à 390 m ²	33
		3	bâtiment de 391 à 7 280 m ²	34
ANN	activités annexes sur l'exploitation	1	présence d'activités annexes	50
		2	absence d'activités annexes	50

* Le pourcentage d'aviculture sur l'année a été calculé comme le nombre de jours d'aviculture x 100/365 jours, sachant que la durée moyenne d'élevage d'une bande de chair est de 55 jours plus 15 jours de vide sanitaire.

** Surface du bâtiment : cette variable caractérisant la taille de l'élevage est retenue de préférence au nombre de volailles élevées annuellement, car ce dernier critère - se basant sur les dires de l'employé - n'est pas toujours vérifiable. Mais la limite du critère « surface des bâtiments » est que ces derniers peuvent ne pas être remplis à 100 %. Cette variable donne une idée du potentiel de production de l'exploitation.

Tableau II
Contribution cumulée à l'inertie totale des axes factoriels

Axe factoriel	% d'inertie	% cumulé
1	27	27
2	16	43
3	12	55

■ L'axe 1 oppose les petites exploitations, l'aviculture comme activité temporaire et l'absence d'employés, aux grosses exploitations ayant une activité permanente et beaucoup d'employés. Cet axe caractérise donc l'importance des exploitations et la continuité de leur fonctionnement sur l'année, par opposition à des exploitations de taille modeste et à production discontinue sur l'année.

■ L'axe 2 oppose l'aviculture comme activité professionnelle principale, des exploitations très anciennes et un propriétaire très présent, à l'aviculture comme profession secondaire, un nombre moyen d'employés, un propriétaire absent et un bâtiment de taille moyenne. Il représente donc l'importance de l'aviculture dans les activités du propriétaire et oppose des « aviculteurs professionnels » (en ce sens que l'aviculture est leur principale activité) à des « investisseurs » (placement d'argent dans une exploitation avicole).

■ L'axe 3 oppose des exploitations récentes où le propriétaire est peu présent et la présence d'activités annexes d'agriculture et/ou d'élevage, à des exploitations anciennes sur lesquelles n'existent pas d'activité annexe. Cet axe caractérise donc l'ancienneté de l'exploitation qui va de pair avec la mono-activité, par opposition aux exploitations récentes plus diversifiées.

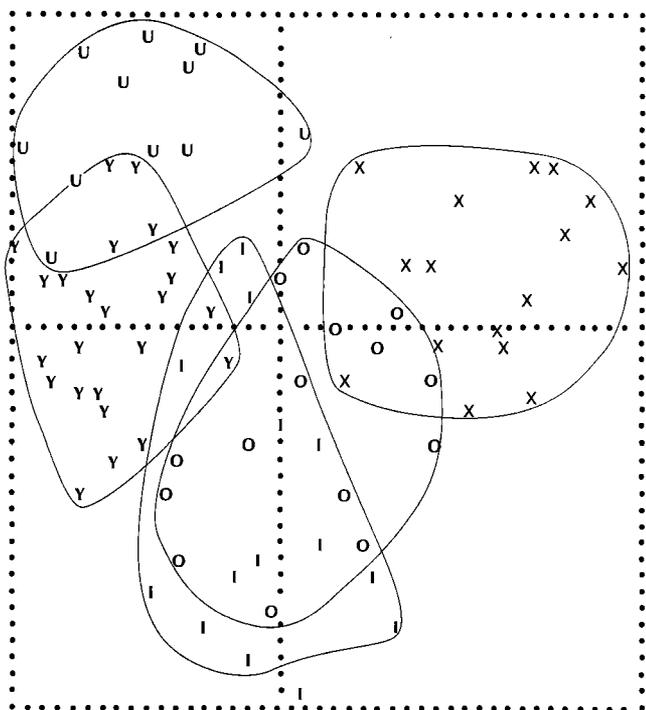


Figure 2 : projection des individus et des groupes sur les axes factoriels 1 et 2.

Axe 1 (horizontal) : côté positif : petites exploitations, aviculture comme activité temporaire et absence d'employé ; côté négatif : grosses exploitations, activité permanente et beaucoup d'employés.

Axe 2 (vertical) : côté positif : aviculture comme activité professionnelle principale, exploitations très anciennes et propriétaire très présent ; côté négatif : aviculture comme profession secondaire, nombre moyen d'employés, propriétaire absent et bâtiment de taille moyenne.

X : individus du groupe 1 ; I : individus du groupe 2a ; O : individus du groupe 2b ; Y : individus du groupe 3a ; U : individus du groupe 3b ; unité sur les axes : 0,0506.

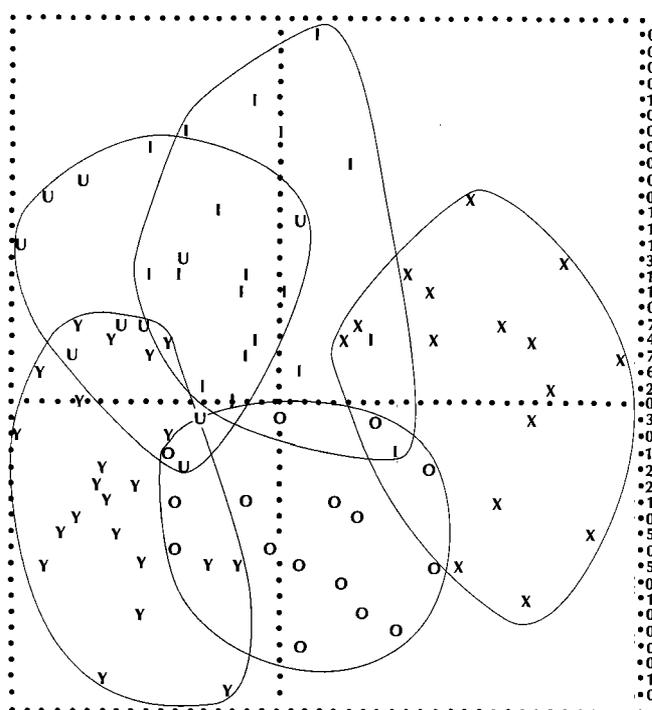


Figure 3 : Projection des individus et des groupes sur les axes factoriels 1 et 3.

Axe 1 (horizontal) : côté positif : petites exploitations, aviculture comme activité temporaire et absence d'employé ; côté négatif : grosses exploitations, activité permanente et beaucoup d'employés.

Axe 3 (vertical) : côté positif : exploitations récentes, propriétaire peu présent et présence d'activités annexes d'agriculture et/ou d'élevage ; côté négatif : exploitations anciennes sans activité annexe.

X : individus du groupe 1 ; I : individus du groupe 2a ; O : individus du groupe 2b ; Y : individus du groupe 3a ; U : individus du groupe 3b ; Unité sur les axes : 0,0506.

Définition des groupes

Afin de définir plus précisément les classes d'éleveurs à partir de l'examen de l'AFCM, une classification ascendante hiérarchique a été réalisée sur les 3 facteurs retenus. L'histogramme des indices de niveaux (figure 4) a permis de choisir, soit une partition à 2 nœuds (3 classes), soit une partition à 4 nœuds (5 classes).

L'étude de la répartition des groupes sur les graphiques de l'AFCM (et le retour au fichier initial de données) a permis de dégager les caractéristiques de chaque groupe (figures 2 et 3).

■ Groupe 1 (35 individus, soit 25 p. 100 de l'échantillon)

Le groupe 1 rassemble de petites exploitations sans employé pour lesquelles l'aviculture était une activité temporaire de production de poulets de chair. Les propriétaires, habitant sur place, s'occupaient eux-mêmes de leur élevage. C'étaient, pour la plupart, des personnes de moins de 30 ans (86 p. 100) pour lesquelles l'aviculture était la seule activité professionnelle. Les exploitations étaient assez récentes et le tiers d'entre elles avaient moins d'un an. Avec une production moyenne de 1 000 poulets/an, ces exploitations n'avaient pas d'activité annexe (hormis quelques rares éleveurs

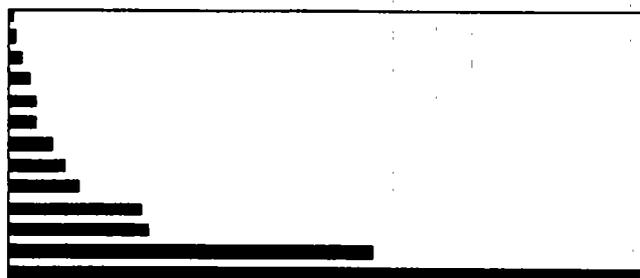


Figure 4 : histogramme des indices de niveaux.

possédant un ou deux moutons pour la Tabaski). Ce groupe correspondait aux « petits élevages urbains » de poulets de chair dont l'activité saisonnière était destinée aux fêtes religieuses (Noël, Korité, Tamxarit et Pâques). Les propriétaires étaient pour la plupart des jeunes sans emploi fixe.

Tableau III

Contributions relatives des modalités des variables à l'inertie expliquée par les axes (en %)

Variables	Modalités	Contribution à l'inertie de l'axe		
		Axe 1	Axe 2	Axe 3
AGE	1	3,3	7,5	11,5
	2	0	0,3	24,6
	3	3,7	4,5	3,5
AVI	1	11	3,2	0
	2	9	2,6	0
ACT	1	5,1	12,3	4,5
	2	3,2	7,7	2,9
PRO	1	4,8	11,9	5,4
	2	1,3	0,3	17,5
	3	4,6	5,1	0,1
EMP	1	14,5	4	0,2
	2	0	17,8	2,3
	3	7	6	3
BAT	1	16,2	0	1,8
	2	1,2	8,3	4,2
	3	8,3	6,9	0,5
ANN	1	3,4	0,8	9
	2	3,4	0,8	9

■ Groupe 2 (45 individus, soit 32 p. 100 de l'échantillon)

Le groupe 2 est constitué d'exploitants pour lesquels l'aviculture était une activité professionnelle secondaire. Ce groupe est caractérisé par la faible présence du propriétaire dans l'élevage. La majorité des éleveurs se rendaient dans leur élevage uniquement le week-end. Les exploitations, de taille moyenne (surface en bâtiment de 200 m²), comprenaient 1 à 2 employés. Il s'agissait principalement d'élevages de volailles de chair (68 p. 100) produisant en moyenne 4 000 volailles par an, et de quelques élevages mixtes (27 p. 100) avec une moyenne de 4 000 poulets de chair et 800 poules pondeuses par an. La production était permanente sur l'année pour la moitié des éleveurs, temporaire pour l'autre moitié. L'axe 3 met en évidence deux sous-groupes : le sous-groupe 2a (26 individus, soit 19 p. 100 de l'échantillon) et le sous-groupe 2b (19 individus, soit 13 p. 100 de l'échantillon). Le sous-groupe 2a correspondait à des exploitations récentes (en moyenne deux ans) sur lesquelles il existait des activités d'agriculture annexes et/ou d'élevage. On peut qualifier ces exploitants de « salariés agro-éleveurs ». Le sous-groupe 2b correspondait à des exploitations plus anciennes (4 ans en moyenne) sans autre activité que l'aviculture. On qualifiera ces personnes de « salariés aviculteurs » récents, plutôt producteurs de poulets de chair.

■ Groupe 3 (60 individus, soit 43 p. 100 de l'échantillon)

Le groupe 3 rassemble des exploitations où l'aviculture était une activité permanente. La surface des bâtiments était importante, le nombre d'employés élevé et les exploitations étaient anciennes

(moyenne d'âge de 9 ans). Il s'agissait surtout d'élevages mixtes (53 p. 100) produisant en moyenne 4 000 poulets de chair et 2 500 pondeuses par an, et d'élevages de pondeuses (30 p. 100 des élevages) avec un effectif moyen annuel de 5 500 pondeuses. Un peu plus de la moitié de ces exploitants avaient également des activités annexes d'agriculture et d'élevage. L'axe 2 permet de distinguer 2 sous-groupes : le sous-groupe 3a (41 individus, soit 29 p. 100 de l'échantillon) et le sous-groupe 3b (19 individus, soit 14 p. 100 de l'échantillon). Pour le sous-groupe 3a, l'aviculture était une activité secondaire alors que c'était l'activité principale des personnes du sous-groupe 3b. Le propriétaire était plus présent dans les exploitations du type 3b (présence quotidienne), un peu plus importantes et plus anciennes que les exploitations du type 3a. La proportion d'élevage de pondeuses augmentait au détriment des élevages de poulets de chair dans les élevages du sous-groupe 3b par rapport au sous-groupe 3a (37 p. 100 contre 27 p. 100). Le sous-groupe 3a correspondait donc à des élevages anciens, de grande taille, plutôt orientés vers la production d'œufs de consommation, et où les propriétaires étaient très impliqués bien qu'étant salariés. C'est pourquoi ils seront qualifiés d'« aviculteurs salariés », par opposition au groupe 2b (« salariés aviculteurs ») où les élevages étaient plus modestes et plus récents. Le sous-groupe 3b correspondait aux « aviculteurs vrais », dans la mesure où l'élevage constituait l'activité principale du propriétaire.

■ DISCUSSION

L'AFCM a mis en évidence le lien entre l'aviculture comme activité professionnelle principale, l'importance de l'élevage, son ancienneté et la présence du propriétaire sur l'exploitation. En outre, le type de spéculation avicole chair, ponte ou mixte est relié aux variables explicatives de l'analyse. Ainsi, les exploitations récentes étaient plutôt caractérisées par une activité temporaire correspondant à la production de poulets de chair, alors que les exploitations plus anciennes s'orientaient vers l'aviculture comme activité permanente avec une évolution de la production vers les pondeuses, le stade intermédiaire correspondant à la production mixte. Par rapport à l'élevage de poulets de chair, la conduite des élevages de pondeuses nécessite un suivi technique plus rigoureux impliquant la présence active de l'éleveur. Le groupe 3, caractérisé par l'ancienneté de l'élevage et la présence quotidienne du propriétaire, était constitué d'élevages mixtes (54 p. 100) et d'élevages ponte (30 p. 100), par opposition au groupe 2 où les éleveurs étaient peu présents et les exploitations principalement des élevages de poulets de chair (68 p. 100, les 32 p. 100 restants étant des élevages mixtes).

L'ancienneté de l'exploitation va de pair avec la mono-activité à la ferme. Ceci a été observé en zone périurbaine dans le groupe 2 : les exploitations récentes à activités annexes tenues par des « salariés agro-éleveurs » se spécialisaient, avec l'âge, dans l'aviculture et évoluaient donc vers une mono-activité. Ainsi, le groupe des « salariés agro-éleveurs » (2a) peut, avec le temps, évoluer vers le type des « salariés aviculteurs » (2b). Cette évolution peut se comprendre de la façon suivante : le salarié qui investit dans une activité agricole commence par plusieurs spéculations, comme le maraîchage, l'arboriculture fruitière, l'élevage de quelques ovins et la production de poulets de chair. Cette période de démarrage lui permet de choisir une activité principale qui sera développée. Si le choix se porte vers l'aviculture, ces exploitants s'apparentent alors au type « salarié aviculteur » défini dans le groupe 2b.

Le groupe 3 correspondait aux élevages les plus développés (taille de l'exploitation, ancienneté, présence de l'éleveur et spéculation

de type ponte). La présence dans le groupe 3b d'anciens salariés (42 p. 100 des personnes de ce type, départs volontaires de la fonction publique ou retraités) permet d'envisager une évolution possible des éleveurs du type 3a vers le type 3b. Ce passage s'accompagne d'une spécialisation dans la production de pondeuses, de la présence quotidienne du propriétaire, de l'augmentation de la surface en bâtiment et d'une ancienneté dans la profession.

Pour le groupe 1 (« éleveurs urbains »), le critère « présence du propriétaire » est lié à la localisation de l'élevage au sein même de l'habitation. Cette variable n'a donc en fait pas la même signification pour ce groupe. Contrairement aux élevages périurbains, l'évolution d'un élevage de type urbain (augmentation de la production et/ou passage à une spéculation de type ponte) nécessite un déplacement de l'élevage en dehors de la ville en raison de la pression foncière. Ce déplacement paraît peu probable étant donné le profil des propriétaires : « jeunes sans emploi fixe », donc sans les moyens financiers nécessaires à la création de l'élevage.

En conséquence, les évolutions possibles d'un type à l'autre peuvent être décrites ainsi : passage du type 2a (« salariés agro-éleveurs ») vers le type 2b (« salariés aviculteurs ») puis vers le type 3a (« aviculteurs vrais »). Le passage direct du type 2b vers le type 3b est possible lors d'un départ volontaire ou d'une mise à la retraite. Le type 1 (« élevages urbains ») constitue un groupe à part. Ces tendances sont résumées dans la figure 5.

L'aviculture périurbaine de Dakar est souvent une activité secondaire. C'est le cas pour 62 p. 100 des éleveurs qui sont en fait des fonctionnaires ou des salariés du secteur privé. On peut donc considérer que les seuls aviculteurs « professionnels » sont ceux du groupe 3b (14 p. 100). En 1983, les éleveurs pratiquant l'aviculture comme activité professionnelle principale étaient évalués à 6 p. 100 de l'effectif total d'aviculteurs dans la zone du Cap-Vert (10). En 1986, ce chiffre restait inférieur à 10 p. 100 dans les régions du Cap-Vert et de Thiès (20). Cette évolution montre une progression très lente de la proportion des aviculteurs stricts.

L'aviculture sénégalaise présente plusieurs similarités avec d'autres pays d'Afrique de l'Ouest. Les propriétaires des exploitations sont souvent des salariés du secteur public ou privé, comme au Niger (5), au Mali (8, 18) ou au Cameroun (1). La pratique de l'aviculture de manière temporaire (45 p. 100 des exploitations enquêtées au Sénégal) est également une pratique assez courante en Guinée où 25 p. 100 des exploitations ont une activité irrégulière (15). La distinction entre les petites exploitations urbaines et les exploitations périurbaines de taille plus importante existe également au Cameroun (1) ou au Mali (8, 18). Les bâtiments d'élevage à ventilation statique sont comparables au Sénégal, au Mali ou en Guinée et les pondeuses sont élevées au sol (8, 15, 18).

La typologie des éleveurs permet d'orienter les actions de formation afin d'optimiser l'appropriation de l'information. A titre d'exemple, on proposera aux éleveurs expérimentés des réunions ponctuelles sur des thèmes techniques précis, choisis par eux-mêmes, alors que pour les jeunes aviculteurs, on insistera plus sur les thèmes techniques de base et la gestion économique des élevages. Ce type de démarche est retenu en Côte d'Ivoire par la Sodepra, organisme d'encadrement public (21).

Les typologies s'appuient généralement sur une série de variables décrivant la structure des exploitations, les pratiques mises en œuvre par les exploitants et les performances technico-économiques qu'ils obtiennent (7). Les performances technico-économiques des élevages n'ont pas été prises en compte dans cette étude. L'absence de documents d'élevages implique la mise en place d'un suivi technique à l'aide d'enquêteur si l'on veut enre-

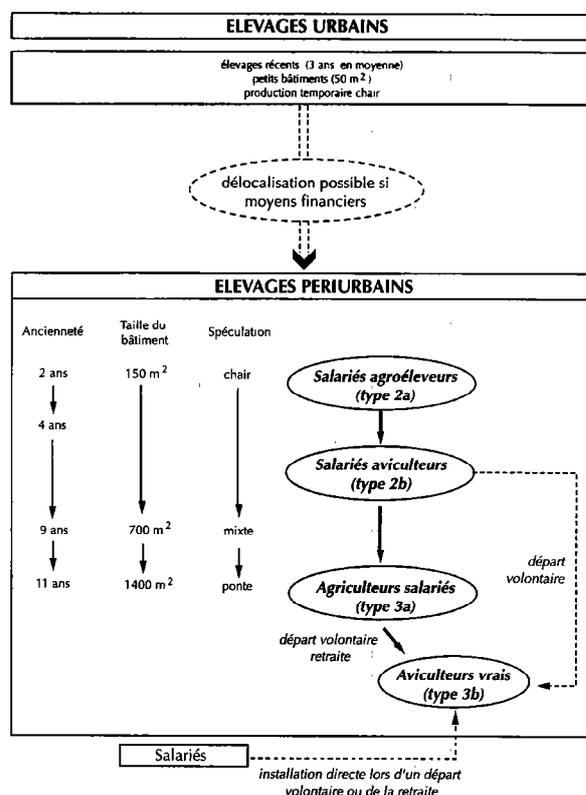


Figure 5 : représentation schématique des groupes identifiés par la typologie et leur trajectoire possible dans le temps.

gistrer les performances technico-économiques. Ceci a été réalisé dans le cadre du projet pour les poulets de chair (12) mais aurait demandé trop de temps pour un suivi des élevages de pondeuses (1 an et demi de période d'élevage). L'objectif de cette typologie au démarrage du projet ayant été la connaissance du milieu afin d'orienter les actions de formation, les auteurs se sont limités à des variables de structures et de pratiques. La suite logique de ce travail serait donc le suivi des performances dans des élevages représentatifs de chaque groupe.

La représentativité de cette typologie est liée au moment de l'enquête. En effet, la situation peut évoluer, d'autant plus que la dévaluation du franc CFA a entraîné des changements (16). Il semble donc nécessaire de réactualiser la typologie régulièrement.

Une méthode intéressante de typologie n'a pu être appliquée dans le contexte sénégalais. Il s'agit de la typologie développée par Perrot et Landais (14) cherchant à reproduire le processus cognitif des experts qui, après plusieurs années d'analyse des exploitations de leur zone, se forgent une image implicite de la diversité de ces exploitations. Les auteurs n'ont pu utiliser cette méthode en raison de l'absence d'experts dans la zone, associée à la relative jeunesse de la filière avicole.

CONCLUSION

Cette enquête met en évidence la variété des élevages avicoles semi-industriels, qu'il s'agisse de l'effectif des volailles ou de l'implication des aviculteurs dans leurs élevages. Pour beaucoup d'éleveurs, l'aviculture n'est pas la seule activité professionnelle et correspond à une activité temporaire lors des fêtes religieuses.

Il existe des évolutions possibles entre les différents types d'aviculteurs mis en évidence par la typologie. Chaque groupe représente une étape dans la professionnalisation. Cette dernière correspond à un degré d'industrialisation supérieur et probablement à une meilleure technicité.

En plus des aspects techniques, toute action de formation des aviculteurs devra aborder la gestion économique des élevages.

Remerciements

Les auteurs remercient le projet PRODEC pour le financement de cette étude, les personnes de l'ISRA-LNERV ayant contribué à ce travail et MM. Guerin, CIRAD-EMVT, et Picard, INRA.

BIBLIOGRAPHIE

1. Aviculture camerounaise : une évolution sur plusieurs niveaux, 1993. *Afr. Agric.*, **200** : 30.
2. CAPILLON A., 1985. Connaître la diversité des exploitations : un préalable pour la recherche des références techniques régionales. *Agriscopes*, **6** : 31-40.
3. Contribution à l'étude du développement de l'aviculture au Sénégal, 1981. Dakar, Sénégal, Ministère du développement rural, Paris, France Ministère des relations extérieures, Ministère de la coopération et du développement.
4. CROUAIL J.C., BENITES A., 1991. Projet de développement des espèces à cycle court. Paris, France, BDPA-SCETAGRI, 176 p.
5. DESSELAS L., 1991. L'aviculture au Niger : un avenir plein de promesses mais un essor difficile. *Courr. avicole*, **845** : 44-46.
6. ESCOPIER B., PAGES J., 1990. Analyses factorielles simples et multiples, objectifs, méthodes et interprétation, 2^e ed. Paris, France, Bordas, 267 p.
7. FAYE B., GRELET Y., LANDAIS E., 1991. Profils sanitaires en élevages bovins laitiers, mise en relation avec une typologie d'exploitation. Versailles, France, INSA, 34 p. (Série Etudes et recherches n°21)
8. FERMET-QUINET E., 1991. Elevages urbains des espèces à cycle court dans le district de Bamako. Mémoire DESS, productions animales en régions chaudes, Maisons-Alfort, France, IEMVT, 63 p.
9. HABAMENSHI P.E., 1994. Contribution à l'étude des circuits de commercialisation du poulet de chair au Sénégal : cas de la région de Dakar. Thèse Doct. vét., Ecole inter-états de science et médecine vétérinaire, Dakar, Sénégal, 116 p.
10. KEBE M.T., 1983. La production avicole au Cap-Vert : caractéristiques des exploitations, étude technico-économique des élevages de poulets de chair. Mémoire DAA, ENESA, Dijon, France.
11. LAURENT J., MSELLATI L., 1990. Développement de l'aviculture au Sénégal. Maisons-Alfort, France, IEMVT, 133 p.
12. MISSOHOU A., HABYARIMANA F., FOUCHER H., HABAMENSHI P., DAYON J.F., ARBELOT B., 1995. Elevage moderne de poulets de chair dans la région de Dakar : structure et productivité. *Revue Méd. vét.*, **146** (7) : 491-496.
13. PERROT C., LANDAIS E., 1993. Exploitations agricoles : pourquoi poursuivre la recherche sur les méthodes typologiques ? Dossier : méthodes d'études en milieu paysan. *Cah. Rech. Dév.*, **33** : 13-23.
14. PERROT C., LANDAIS E., 1993. Comment modéliser la diversité des exploitations agricoles ? Dossier : méthodes d'études en milieu paysan. *Cah. Rech. Dév.*, **33** : 24-40.
15. POUILLES-DUPLAIX M., FEDIDA D., 1993. Organisation de la filière avicole semi-intensive en Guinée. Maisons-Alfort, France, CIRAD-EMVT, 108 p.
16. ROLLAND J.P., 1995. Les filières avicoles en Afrique de l'Ouest : éléments de réflexion sur les perspectives de développement. Paris, France, Solagral, 20 p.
17. ROYBIN D., 1987. Typologies de fonctionnement d'exploitations : quelles applications pour le développement. GIS Alpes du Nord/SUACI Montagne Alpes du Nord/INRA SAD/CGER Haute-Savoie, France, 45 p.
18. SAMAKE F., 1994. Une approche technique de l'aviculture en zone périurbaine de Bamako. Mémoire DESS, productions animales en régions chaudes, Maisons-Alfort, France, CIRAD-EMVT, 80 p.
19. Statistiques 1994 sur la filière avicole industrielle, 1995. Dakar, Sénégal, Ministère de l'agriculture, Direction de l'élevage, 8 p.
20. STEYAERT P., BULDGEN A., DIOUF A., COMPERE R., 1988. L'élevage moderne de poulets de chair au Cap-Vert et à Thiès (Sénégal) : situation et perspectives. *Bull. Rech. agron. Gembloux*, **23** (4) : 345-356.
21. VEROT D., 1994. Les filières avicoles en Afrique de l'Ouest : éléments de réflexion sur les perspectives de développement. Paris, France, Solagral, 92 p.

Reçu le 7.2.96, accepté le 5.6.97

Summary

Arbelot B., Foucher H., Dayon J.F., Missohou A. Typology of poultry producers in the Cap-Vert area in Senegal

A typology of 174 poultry farms was conducted to characterize producers in Dakar area, Senegal. Five types of farmers were identified. The first type consisted of a small urban husbandry system producing broilers for religious celebrations (annual mean flock of 1000 broilers). The second type consisted of recently established average size mixed farms with salaried owners, who combined market gardening, fruit growing and broiler and sometimes layer chicken husbandry (annual mean flock of 4000 and 800, respectively). The third type consisted of average size farms with salaried owners, but was only involved with poultry production. Also comprising salaried owners, the fourth type consisted of large, older farms, that raised both layer hens for egg production and broilers with a mean annual flock of 2500 and 4000, respectively. The fifth type consisted of large, older farms, but the owners did not have any work-related activity other than poultry husbandry. This study highlights the fact that, for a large number of farmers, poultry husbandry held a minor place within their work (62% of the farmers surveyed) and a temporary one (45% of them). Furthermore, steps adapted to the needs of each group should be taken.

Key words: Broiler chicken - Layer chicken - Egg production - Classification - Farming system - Farm size - Mixed farming - Aviculture - Senegal.

Resumen

Arbelot B., Foucher H., Dayon J.F., Missohou A. Tipología de los avicultores en la zona de Cabo Verde, en Senegal

Con el fin de caracterizar los avicultores en la región de Dakar, Senegal, se llevó a cabo una tipología en 174 establecimientos. Se describen 5 tipos de avicultores. El primer tipo corresponde a los pequeños productores urbanos, productores de gallinas de carne para fiestas religiosas (número promedio anual de 1 000 aves). El segundo tipo representa a asalariados agro-productores, propietarios de establecimientos recientes, en los cuales, además de actividades de agricultura (verduras y arboles frutales), producen grupos de pollos de carne, raramente ponedoras, de efectivo medio (número promedio anual de 4 000 pollos y 800 ponedoras). El tercer tipo corresponde igualmente a explotaciones de tamaño medio, perteneciendo a asalariados, pero únicamente con actividad de explotación avícola. El cuarto tipo, corresponde a establecimientos antiguos, de tamaño importante, produciendo huevos para el consumo (número promedio anual de 2 500 ponedoras) y pollos de carne (número promedio anual de 4 000 pollos), cuyos propietarios son asalariados. El quinto tipo representa igualmente establecimientos antiguos de gran tamaño, pero en los cuales los propietarios no tienen ninguna otra actividad profesional aparte de la avicultura. Esta tipología demuestra la importancia del grupo de productores para los cuales la avicultura representa una actividad profesional secundaria (62% de los productores en la encuesta) y temporal (45% de los productores), así como la necesidad de desarrollar políticas adaptadas al interés de cada tipo.

Palabras clave: Pollo de engorde - Gallina ponedora - Producción de huevos - Clasificación - Sistema de explotación - Tamaño de la finca - Explotación agrícola combinada - Avicultura - Senegal.

Causes de mortalité des petits ruminants sur le plateau du Sankaran-Guinée en 1992-1993

M. Mourad¹ I.B. Baldé¹

Mots-clés

Ovin Djallonké - Caprin Kirdi - Mortalité - Saison - Inanition - Poids à la naissance - Conduite du troupeau - Parasite - Guinée.

Résumé

Cette étude a eu pour objet d'identifier les principales causes de mortalité de 83 ovins et 124 caprins enregistrées sur le plateau du Sankaran, Faranah-Guinée, en 1992-1993. Les mortalités les plus fortes, 43,8 et 39,1 p. 100, ont été observées respectivement chez les agneaux et les chevreaux de 3 à 120 jours. Les pertes les plus nombreuses pendant la saison humide et la saison sèche froide étaient associées aux effets inanition-poids léger à la naissance-mauvaise gestion. Les parasites internes et externes constituaient une cause importante de la mortalité chez les jeunes après sevrage et cela durant toute l'année. L'absence de soins suffisants était également à l'origine de cas de mortalité.

■ INTRODUCTION

Situé en Haute Guinée, le centre de Faranah a été créé pour mener une recherche adaptative ou appliquée en vue d'identifier les contraintes qui pèsent sur l'élevage et mettre à la disposition des éleveurs des techniques simples et peu coûteuses.

La mortalité est l'un des principaux facteurs qui freinent la productivité numérique et la rentabilité économique des élevages ovins et caprins dans la zone tropicale. Des travaux réalisés par plusieurs chercheurs ont montré des pertes causées par la mortalité des petits ruminants entre 13 et 68,4 p. 100 (Chawla et Bhatnager en Inde (1), Ndamukong au Cameroun (6), Njau et coll. en Ethiopie (7), Mourad en Egypte (5) et Lancelot et coll. au Tchad (4)).

Dans cette étude, les principales causes de mortalité des ovins Djallonké et des caprins de race Naine Africaine ont été identifiées par des examens cliniques, l'autopsie des cadavres et des analyses de laboratoire.

■ MATERIEL ET METHODES

De 1992 à 1993, 15 troupeaux mixtes choisis dans les élevages présentant un effectif total de 346 ovins (avec une moyenne de $23,07 \pm 1,43$) et 352 caprins (avec une moyenne de $23,47 \pm 1,76$)

ont été individuellement identifiés. La localisation des troupeaux est indiquée à la figure 1. Des passages hebdomadaires ont été effectués. Trois groupes d'âge ont été constitués : de la naissance à 3 jours, de 3 à 120 jours (sevrage) et plus de 120 jours. Le nombre de morts par espèce et par catégorie a été enregistré. L'autopsie a été pratiquée dans les 24 h qui ont suivi la mort et a permis l'examen de certains organes : langue, poumons, coeur, foie, estomac, gros intestin et intestin grêle. Cinq périodes ont été considérées au cours de l'année : saison sèche froide (décembre, janvier et février) ; saison sèche chaude (mars et avril) ; début de la saison humide (mai et juin) ; saison humide (juillet, août et septembre) ; début de la saison froide (octobre et novembre). Le taux de mortalité brut annuel (Tm) avant sevrage est représenté formellement par un pourcentage calculé comme suit :

$$Tm = M/E \times 100 \quad (1)$$

où M est le nombre de nouveaux-nés morts entre la naissance et le sevrage et E l'effectif annuel total de nouveaux-nés.

Le taux de mortalité brut annuel après sevrage a été calculé comme suit :

$$Tm = M/\bar{E} \times 100 \quad (2)$$

où M est le nombre annuel des morts après sevrage et \bar{E} l'effectif moyen du troupeau ($\bar{E} = E1 + E2 + E3/3$) avec E1, E2 et E3 représentant les effectifs du troupeau au début, au milieu et à la fin de l'année.

Le taux de mortalité brut saisonnier avant sevrage a été calculé en utilisant l'équation (1) tandis que celui après sevrage a été obtenu

1. Centre de Recherche Zootechnique de Faranah (CRZF/IRAG), BP 1523, Conakry, Guinée

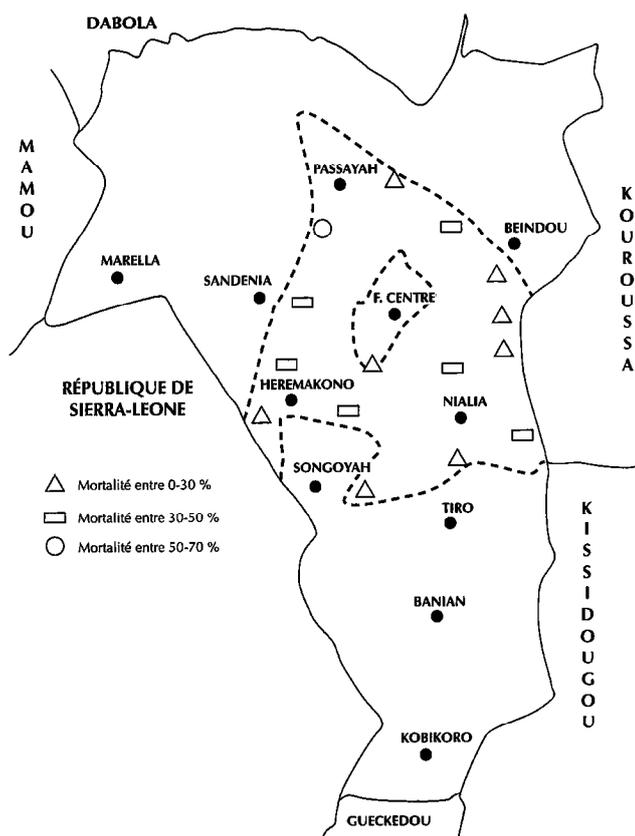


Figure 1 : localisation et taux de mortalité des 15 troupeaux mixtes (ovins-caprins) suivis sur le plateau du Sankaran, Faranah, 1992-1993.

en appliquant l'équation (2) au cours d'une saison. Toutes fautes imputables aux éleveurs (surdosages de produits vétérinaires, morsures des chiens, accidents, défaut de surveillance des jeunes...) causant la perte d'un animal ont été groupées sous le terme « mauvaise gestion ». Le test de student (test-t) qui suit le test d'homogénéité de deux variances a été effectué pour tester la signification de la différence entre les deux moyennes de deux espèces (ovins et caprins) pour ce qui concerne les mortalités dues à l'inanition (production laitière insuffisante).

■ RESULTATS

Entre février 1992 et janvier 1993, 49 cas de mortalité ont été enregistrés parmi les agneaux avant sevrage (tableau I). Ceci représente un taux de mortalité brut annuel de 38,6 p. 100. Chez les chevreaux de la même catégorie, ce taux est de 65,5 p. 100 à la même période. La mortalité brute saisonnière chez les agneaux (figure 2) est plus élevée pendant la saison humide et la saison sèche froide (respectivement 25,6 et 22,5 p. 100). Ce taux est de 29,4 et 27,5 p. 100 chez les chevreaux avant sevrage. Chez les ovins, 34 morts ont été enregistrées après sevrage, ce qui représente un taux brut annuel de 10,5 p. 100, alors que chez les caprins de la même catégorie il est de 20,0 p. 100 (tableau II). Le taux de mortalité brut saisonnier après sevrage (figure 3) est plus élevé en saison humide et en saison sèche froide aussi bien chez les caprins (13,3 et 6,1 p. 100) que chez les ovins (5,2 et 3,8 p. 100).

Les principales causes de mortalité chez les ovins et les caprins avant sevrage sont reportées au tableau I, celles après sevrage au

tableau II. L'inanition, la mauvaise gestion et le poids léger à la naissance ont causé à eux trois plus de 50 p. 100 de mortalité chez les jeunes : respectivement 28,6, 24,5 et 4,08 p. 100 des cas de mortalité chez les agneaux et 39,8, 12,1 et 3,68 p. 100 des cas de mortalité chez les chevreaux.

Le taux de mortalité dû à l'inanition est significativement ($P < 0,05$) plus élevé chez les chevreaux que chez les agneaux. Avant sevrage, les parasites internes ont causé 16,3 et 7,2 p. 100 des cas de mortalité, respectivement chez les agneaux et les chevreaux. D'autres causes moins importantes ont été identifiées chez les deux espèces comme indiqué au tableau I.

Après sevrage, les parasites internes, externes et la mauvaise gestion étaient responsables de la plupart des cas de mortalité enregistrés chez les ovins (67,66 p. 100) et chez les caprins (60,01 p. 100). Des causes secondaires de mortalité sont notées dans le tableau II.

■ DISCUSSION

Les comparaisons avec les données de la littérature doivent être prises en considération avec prudence, des différences, qui ne sont pas toujours clairement explicitées dans le mode de calcul, pouvant varier d'un auteur à l'autre.

Dalton (2) a trouvé un taux de mortalité de 22 p. 100 chez les ovins d'Australie. Njau et coll. (7) ont noté un taux de 33,3 p. 100 chez les ovins des hauts plateaux éthiopiens. Ces taux indiqués par deux auteurs sont supérieurs à ceux trouvés chez les agneaux Djallonké, et inférieurs chez les chevreaux de la race Naine Africaine.

Au Cameroun, Ndamukong (6) a observé chez les ovins locaux un taux de mortalité de 68,4 p. 100, supérieur à celui obtenu dans cette étude chez les moutons Djallonké (38,6 p. 100) et proche de celui obtenu chez les chèvres Naines Africaines (65,5 p. 100 entre la naissance et le sevrage). Chawla et Bhatagar (1) ont obtenu des résultats similaires en Inde, 44,9 p. 100 entre la naissance et un mois d'âge. Les taux de mortalité relevés dans cette étude sont supérieurs à ceux indiqués par Mourad (5) en Egypte chez les chevreaux Zaraïbi et Alpains français (13 et 16 p. 100).

Plus de 50 p. 100 des cas de mortalité enregistrés chez les ovins Djallonké et chez les caprins Nains Africains pour les troupeaux étudiés sont dus principalement aux effets inanition-poids léger à la naissance-mauvaise gestion. D'après Njau et coll. (7), cet effet ne représente que 7 p. 100 des cas de mortalité chez les agneaux locaux d'Ethiopie. En outre, Lancelot et coll. (4) estiment que la peste des petits ruminants, le poids léger à la naissance, l'insuffisance d'espace dans la bergerie sont les principaux facteurs de risque de la mortalité chez les jeunes. Les résultats de Haughey (3) sont proches de ceux de cette étude : 65 p. 100 de pertes ovines périnatales en Australie liées aux effets inanition-mauvais soins maternels-exposition aux maladies. Selon Njau et coll. (7), ce problème s'explique par le manque de contrôle de la saillie qui entraîne l'accouplement précoce des femelles et la non complémentation de la ration des femelles gestantes et allaitantes.

La diarrhée est responsable de 10,2 et 8,4 p. 100 des cas de mortalité, respectivement chez les agneaux et les chevreaux, mais l'étiologie n'a pas été étudiée. Njau et coll. (7) ont noté que seulement 1 p. 100 des cas de mortalité chez les agneaux éthiopiens de race locale est dû à la diarrhée.

Tableau I

Causes et fréquence des cas de mortalité des petits ruminants avant sevrage et moyenne \pm erreur standard de l'âge des animaux à leur mort, Faranah, Guinée, février 1992-janvier 1993

Cause	Fréquence		Âge au moment de la mort	
	Nombre de cas de mortalité	Pourcentage du total	Moyenne \pm ES de la naissance à 3 j	Moyenne \pm ES de 3 à 120 j
Ovins				
Inanition	14	28,57	(4) 2,0 \pm 0,41	(10) 17,1 \pm 1,8
Mauvaise gestion	12	24,50	(3) 2,7 \pm 0,45	(9) 35,8 \pm 7,5
Parasites internes	8	16,33	-	(8) 97,6 \pm 5,0
Diarrhée	5	10,20	-	(5) 15,0 \pm 3,2
Parasites externes	3	6,12	-	(3) 106,7 \pm 4,7
Gastro-entérite	3	6,12	-	(3) 94,7 \pm 9,4
Poids léger à la naissance	2	4,08	(2) 1,5 \pm 0,5	-
Ataxie	2	4,08	(2) 1,5 \pm 0,5	-
Caprins				
Inanition	33	39,77	(20) 3,4 \pm 0,2	(13) 9,5 \pm 0,8
Mauvaise gestion	10	12,05	(8) 2,9 \pm 0,4	(2) 12,0 \pm 3,0
Diarrhée	7	8,43	-	(7) 21,0 \pm 2,0
Parasites internes	6	7,23	-	(6) 99,0 \pm 5,8
Parasites externes	6	7,23	-	(6) 99,7 \pm 6,5
Furoncle	5	6,03	-	(5) 98,4 \pm 5,2
Mammite	5	6,03	(2) 3,0 \pm 0,0	(3) 10,0 \pm 0,1
Pneumonie	3	3,61	-	(3) 13,3 \pm 3,3
Gastro-entérite	3	3,61	-	(3) 18,0 \pm 3,2
Poids léger à la naissance	3	3,61	(3) 2,3 \pm 0,3	-
Intoxication alimentaire	1	1,20	-	(1) 112
Paralysie (pattes)	1	1,20	-	(1) 12

Les chiffres entre parenthèses représentent les effectifs par catégorie

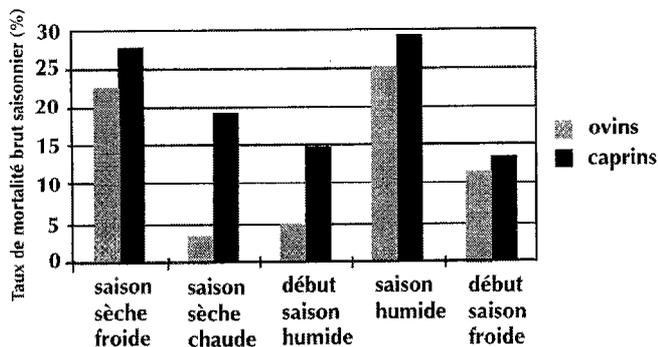


Figure 2 : taux de mortalité bruts saisonniers chez les ovins et les caprins de la naissance au sevrage à Faranah, Guinée, février 1992-janvier 1993.

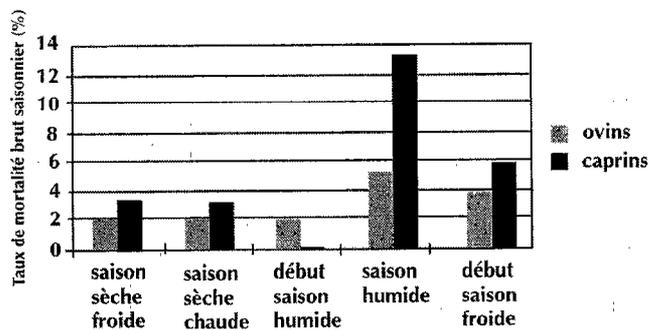


Figure 3 : taux de mortalité bruts saisonniers chez les ovins et les caprins après sevrage à Faranah, Guinée, février 1992-janvier 1993.

Tableau II

Cause et fréquence des cas de mortalité des petits ruminants après sevrage et moyenne \pm erreur standard de l'âge des animaux à leur mort, Faranah, Guinée, février 1992-janvier 1993

Cause	Fréquence		Age au moment de la mort (mois)
	Nombre de cas de mortalité	Pourcentage du total	Moyenne \pm ES
Ovins			
Parasites internes	10	29,41	21,0 \pm 5,2
Parasites externes	7	20,60	30,0 \pm 8,2
Mauvaise gestion	6	17,65	14,0 \pm 5,7
Pneumonie	4	11,65	11,4 \pm 5,2
Boiterie	2	5,88	9,5 \pm 0,1
Gastro-entérite	1	2,94	38,0
Cœnurose	1	2,94	11,0
Peste des petits ruminants	1	2,94	24,0
Charbon	1	2,94	14,0
Pasteurellose	1	2,94	25,0
Caprins			
Parasites internes	13	28,89	22,1 \pm 3,7
Mauvaise gestion	8	17,78	19,9 \pm 5,3
Parasites externes	6	13,34	19,0 \pm 5,1
Peste des petits ruminants	4	8,89	36,8 \pm 8,8
Gastro-entérite	3	6,67	70,0 \pm 1,5
Paralysie (pattes)	2	4,44	9,0 \pm 2,0
Balano-prostite	2	4,44	14,0 \pm 1,0
Furoncle	1	2,22	24,0
Pasteurellose	1	2,22	29,0
Charbon	1	2,22	18,0

■ CONCLUSION

Cette étude met en évidence les effets inanition-poids léger à la naissance-mauvaise gestion qui affectent lourdement la survie des petits ruminants dans la zone d'investigation. Cet effet, responsable de plus de 50 p. 100 des cas de mortalité entre la naissance et le sevrage, peut être éliminé par des actions zootechniques. Les plus grandes pertes s'observent entre 3 et 120 jours (45,8 et 39,1 p. 100) chez les deux espèces, et sont plus importantes en saison humide et en saison sèche froide.

Des solutions sont proposées pour améliorer génétiquement la production laitière des femelles et orienter les éleveurs vers de meilleurs modes de conduite en vue de planifier la saison de mises bas. Il est par conséquent recommandé d'éviter les mises bas en saison humide et en saison sèche froide. Les soins vétérinaires aux nouveaux-nés semblent importants pour permettre la baisse du taux de mortalité et assurer la rentabilité économique des élevages de petits ruminants.

Remerciements

Les auteurs remercient Dr Gnagna Gbanamou, directeur du Centre pour son apport inestimable dans la réalisation de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

1. CHAWLA D.S., BHATNAGER D.S., 1988. Factors affecting mortality in goats. *Indian J. Hered.*, **19**: 18-23.
2. DALTON D.C., 1979. Sources of perinatal mortality. In: Proc. 29th Lincoln College Farmer's Conference, Canterbury, New Zealand, May 19-21, 1979.
3. HAUGHEY K.C., 1983. New insights into rearing failure and perinatal lamb mortality. In: Sheep production and preventive medicine. Sidney, Australia, University of Sidney, p. 135-147. (Proceedings No. 67)
4. LANCELOT R., LESCOURRET F., FAYE B., 1995. Multilevel modelling of pre-weaning kid mortality during the cold, dry season 1991-1992 in the outskirts of N'Djaména, Chad. *Prev. vet. Med.*, **24**: 171-186.
5. MOURAD M., 1993. Reproductive performance of Alpine and Zaraïbi goats and growth of their first cross in Egypt. *Small Ruminant Res.*, **12**: 379-384.
6. NDAMUKONG K.J.M., 1989. L'élevage traditionnel de moutons et de chèvres en province Nord-ouest du Cameroun. In: Proc. African small ruminant research and development, Bamenda, Cameroon, January 18-25, 1989. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, 578 p.
7. NJAU B.C., KASALI O.B., SCHOLTENS R.G., MESFIN DEGEFA., 1988. Etudes sur le terrain et en laboratoire des causes de la mortalité ovine dans les hauts plateaux éthiopiens. Addis Abeba, Ethiopie, CIPEA, p. 25-29. (Bulletin n° 31)

Reçu le 2.9.96, accepté le 2.6.97

Summary

Mourad M., Baldé I.B. Causes of small ruminant mortality on the Sankaran-Guinea plateau in 1992-93

The aim of this investigation was to identify the main causes of mortality of 83 sheep and 124 goats which were recorded in the plateau of Sankaran, Faranah, in 1992-93. The highest mortality rates, 43.8 and 39.1, were observed in lambs and kids, respectively, between 3 and 120 days of age. The heaviest losses during the wet and the dry cold seasons were linked to three causes, starvation-light birth weight-bad livestock management. Internal and external parasites were an important cause of mortality in the young after weaning, all year round. Insufficient animal care was also at the root of mortality cases.

Key words: Djallonke sheep - Kirdi goat - Mortality - Season - Starvation - Birth weight - Livestock management - Parasite - Guinea.

Resumen

Mourad M., Baldé I.B. Causas de mortalidad en los pequeños rumiantes en la meseta de Sakarán-Guinea, en 1992-1993

El presente estudio se propone identificar las principales causas de mortalidad de 83 ovinos y 124 caprinos registradas en la meseta de Sankarán, Faranah-Guinea, en 1992-1993. Las mortalidades más fuertes (43,8 y 39,1%) se observaron respectivamente en los corderos y los cabritos de 3 a 120 días. Las pérdidas más importantes durante la estación húmeda y la estación seca fría se asociaron al complejo inanición-bajo peso al nacimiento-mala gestación. Los parásitos internos y externos constituyen una causa importante de mortalidad en los jóvenes después del destete y esto durante todo el año. La ausencia de cuidados suficientes se encuentra igualmente al origen de los decesos.

Palabras clave: Ovino Djallonke - Caprino Kirdi - Mortalidad - Estación - Inanición - Peso al nacimiento - Manejo del ganado - Pasasito - Guinea.