

Sommaire

PATHOLOGIE INFECTIEUSE

5-9 Pathogénicité de *Salmonella Paratyphi A* chez des poulettes. Ogunleye A.O., Ajuwape A.T.P., Adetosoye A.I., Ohore O.G. (*en anglais*)

PATHOLOGIE PARASITAIRE

11-16 Evaluation sur le terrain et sur souris de la résistance des trypanosomes des bovins du plateau de l'Adamaoua au Cameroun à l'acéturate de diminazène et au chlorure d'isométymidium. Mamoudou A., Zoli A., Tanenbe C., Andrikaye J.P., Bourdanne, Marcotty T., Delespaux V., Clausen P.-H., Geerts S. (*en français*)

17-21 *Bulinus forskalii* (Basommatophore : Planorbidae), nouvel hôte intermédiaire expérimental du trématode *Paramphistomum microbothrium* Fischöder 1901. Seck M.T., Marchand B., Ba C.T., Diaw O.T. (*en français*)

23-29 Parasitisme interne du mouton de race Ouled Djellal en zone semi-aride d'Algérie. Boulkaboul A., Moulaye K. (*en français*)

RESSOURCES ALIMENTAIRES

31-38 Activités de pâturage, biodiversité et végétation pastorale dans la zone Ouest du Burkina Faso. Botoni/Liehou E., Daget P., César J. (*en français*)

39-42 Incorporation d'amandes de *Mangifera indica* séchées dans les rations concentrées d'agneaux en croissance. Anigbogu N.M., Bienstman P., Van Damme B., Ezeokoli C.D. (*en anglais*)

RESSOURCES ANIMALES

43-49 Pratiques alimentaires et productivité des femelles laitières en zone périurbaine de Dakar. Ba Diao M., Dieng A., Seck M.M., Ngomibé R.C. (*en français*)

51-57 Paramètres génétiques et phénotypiques des performances de reproduction des brebis des races Boujaâd et Sardi au Maroc. Boujenane I., Chikhi A. (*en français*)

59-63 Effets génétiques et non génétiques sur le poids de toison des ovins des races Boujaâd et Sardi. Chikhi A., Boujenane I. (*en français*)

65-73 Suivi de la gravidité chez la brebis Ouled Djellal par dosage de la protéine associée à la gestation et de la progestérone. Benyounes A., Lamrani F., Melo de Sousa N., Sulon J., Folch J., Beckers J.-F., Guellati M.A. (*en français*)

75-80 Paramètres de l'endocrinologie sexuelle des béliers Peuls et Touaregs : influence du type génétique et de la saison. Issa M., Marichatou H., Yenikoye A., Banoin M. (*en français*)

81-90 Evaluation du niveau de stress thermique par mesure de la température corporelle et du niveau d'hyperventilation chez le poulet de chair dans des conditions de production au Venezuela. Pérez M., De Basilio V., Colina Y., Oliveros Y., Yahav S., Picard M., Bastianelli D. (*en français*)

91-95 Polymorphisme protéique sanguin chez le poney de Mogod de Tunisie. Chabchoub A., Mbarki Z., Lasfar F., Landolsi F., Turki I., Ouragh L. (*en français*)

Contents

INFECTIOUS DISEASES

- 5-9 Pathogenicity of *Salmonella Paratyphi A* in Pullets.** Ogunleye A.O., Ajuwape A.T.P., Adetosoye A.I., Ohore O.G. (*in English*)

PARASITIC DISEASES

- 11-16 Assessment of the Resistance of Cattle Trypanosomes to Diminazene Aceturate and Isometamidium Chloride on the Adamawa Plateau in Cameroon Using a Field Test and a Test in Mice.** Mamoudou A., Zoli A., Tanenbe C., Andrikaye J.P., Bourdanne, Marcotty T., Delespaux V., Clausen P.-H., Geerts S. (*in French*)
- 17-21 *Bulinus forskalii* (Basommatophore: Planorbidae), New Experimental Intermediate Host of Trematoda *Paramphistomum microbothrium* Fiscoeder 1901.** Seck M.T., Marchand B., Ba C.T., Diaw O.T. (*in French*)
- 23-29 Internal Parasites in Algerian Arab Sheep in a Semiarid Area of Algeria.** Boulkaboul A., Moulaye K. (*in French*)

FEED RESOURCES

- 31-38 Pasture Activities, Biodiversity and Pasture Vegetation in the Western Area of Burkina Faso.** Botoni/Lichoun E., Daget P., César J. (*in French*)
- 39-42 Incorporation of Dry *Mangifera indica* Kernel in the Concentrate Ration of Growing Lambs.** Anigbogu N.M., Bienstman P., Van Damme B., Ezeokoli C.D. (*in English*)

ANIMAL RESOURCES

- 43-49 Feeding Practices and Productivity of Dairy Cows in the Suburban Area of Dakar.** Ba Diao M., Dieng A., Seck M.M., Ngomibé R.C. (*in French*)
- 51-57 Genetic and Phenotypic Parameters of Reproductive Performance of Boujaâd and Sardi Ewes.** Boujenane I., Chikhi A. (*in French*)
- 59-63 Genetic and non-Genetic Effects on the Fleece Weight of Boujaâd and Sardi Sheep Breeds.** Chikhi A., Boujenane I. (*in French*)
- 65-73 Pregnancy Monitoring in Ouled Djellal Ewes by Pregnancy-Associated Glycoprotein and Progesterone Measurements.** Benyounes A., Lamrani F., Melo de Sousa N., Sulon J., Folch J., Beckers J.-F., Guellati M.A. (*in French*)
- 75-80 Sexual/Endocrine Parameters in Peul and Tuareg Rams: Genetic Type and Seasonal Influence.** Issa M., Marichatou H., Yenikoye A., Banoin M. (*in French*)
- 81-90 Assessment of the Level of Heat Stress in Broilers by Measuring Body Temperature and Hyperventilation under Poultry Farm Conditions in Venezuela.** Pérez M., De Basilio V., Colina Y., Oliveros Y., Yahav S., Picard M., Bastianelli D. (*in French*)
- 91-95 Blood Protein Polymorphism in the Mogod Pony in Tunisia.** Chabchoub A., Mbarki Z., Lasfar F., Landolsi F., Turki I., Ouragh L. (*in French*)

Sumario

PATOLOGIA INFECCIOSA

5-9 Patogenicidad de *Salmonella Paratyphi A* para pollas. Ogunleye A.O., Ajuwape A.T.P., Adetosoye A.I., Ohore O.G. (*en inglés*)

PATOLOGIA PARASITARIA

11-16 Evaluación de campo y en ratones sobre la resistencia al aceturato de diminaceno y al cloruro de isometamidio de los tripanosomas de los bovinos en la meseta de Adamaua, Camerún. Mamoudou A., Zoli A., Tanenbe C., Andrikaye J.P., Bourdanne, Marcotty T., Delespoux V., Clausen P.-H., Geerts S. (*en francés*)

17-21 *Bulinus forskalii* (Basommatophore: Planorbidae), nuevo huésped intermediario experimental del tremátodo *Paramphistomum microbothrium* Fiscoeder 1901. Seck M.T., Marchand B., Ba C.T., Diaw O.T. (*en francés*)

23-29 Parásitos internos del ovino de raza Ouled Djellal en zona semi árida de Argelia. Boulkaboul A., Moulaye K. (*en francés*)

RECURSOS ALIMENTICIOS

31-38 Actividades de pastoreo, biodiversidad y vegetación pastoril en la zona oeste de Burkina Faso. Botoni/Liehoun E., Daget P., César J. (*en francés*)

39-42 Incorporación de grano seco de *Mangifera indica* en la ración de concentrado de los corderos en crecimiento. Anigbogu N.M., Bienstman P., Van Damme B., Ezeokoli C.D. (*en inglés*)

RECURSOS ANIMALES

43-49 Prácticas alimentarias y productividad de las hembras lecheras en las zonas periurbanas de Dakar. Ba Diao M., Dieng A., Seck M.M., Ngomibé R.C. (*en francés*)

51-57 Parámetros genéticos y fenotípicos de los rendimientos de reproducción de las ovejas de raza Boujaâd y Sardi en Marruecos. Boujenane I., Chikhi A. (*en francés*)

59-63 Efectos genéticos y no genéticos sobre el peso del vellcino de los ovinos de razas Boujaâd y Sardi. Chikhi A., Boujenane I. (*en francés*)

65-73 Seguimiento de la gravidez en la oveja Ouled Djellal mediante la dosificación de la proteína asociada a la gestación y de la progesterona. Benyounes A., Lamrani F., Melo de Sousa N., Sulon J., Folch J., Beckers J.-F., Guellati M.A. (*en francés*)

75-80 Parámetros de la endocrinología sexual de los corderos Peuls y Tuareg: influencia del tipo genético y de la estación. Issa M., Marichatou H., Yenikoye A., Banoin M. (*en francés*)

81-90 Evaluación del nivel de estrés térmico mediante la medida de la temperatura corporal y del nivel de hiperventilación en el pollo de carne bajo las condiciones de producción en Venezuela. Pérez M., De Basilio V., Colina Y., Oliveros Y., Yahav S., Picard M., Bastianelli D. (*en francés*)

91-95 Polimorfismo proteico sanguíneo en el potro de Mogod. Chabchoub A., Mbarki Z., Lasfar F., Landolsi F., Turki I., Ouragh L. (*en francés*)

Pathogenicity of *Salmonella* Paratyphi A in Pullets

A.O. Ogunleye¹ A.T.P. Ajuwape^{1*} A.I. Adetosoye¹
O.G. Ohore¹

Keywords

Chicken – *Salmonella* Paratyphi A – Pathogenicity – Nigeria.

Summary

The pathogenicity of *Salmonella* Paratyphi A isolated at Debiwise Poultry Farm during a fulminating outbreak was tested. Twenty 16-week-old pullets were inoculated orally with 0.5 ml of 1.3×10^8 CFU/bird *Salmonella* Paratyphi A, while 20 others of the same age served as uninfected control. By the fourth day postinoculation (p.i.) dullness, ruffled and unkempt feathers, somnolence, yellowish-green diarrhea, decreased water and feed consumption were observed in the infected birds; mortality was 95% by day 16 p.i. Remarkable pathological lesions were recorded between days 7 and 14 p.i. The liver was moderately enlarged, with multiple necrotic foci, and dark brown to bronze coloration. The kidneys were swollen, with widespread focal pale necrotic areas, while the spleen was slightly enlarged. Histopathologically, the proventriculus showed focal glandular necrosis, mononuclear cell infiltration and moderate perivascular leucocytic infiltration. There was mucosal hemorrhage, matting of intestinal villi with reduction of villous height and presence of epithelial debris in the lumen with increased leucocytic infiltration in the lamina propriae. The liver showed moderate, diffuse congestion of the sinusoid and central veins, as well as multiple foci of necrosis of hepatocytes, mononuclear infiltration and perivascular cellular infiltration. There was diffuse lymphoid depletion in the nodule and around the splenic arterioles as well as throughout the parenchyma. The kidneys were congested with tubular epithelial necrosis characterized by karyorrhexis of the nuclei. The organism was recovered from the liver, spleen, heart, heart blood and bone marrow of infected birds. No clinical sign or gross lesion or pathogen was observed in the negative control.

INTRODUCTION

Domestic poultry constitute the largest single reservoir of *Salmonella* organisms found in nature (12, 13). Salmonellosis is of major economic importance in terms of losses in farm animals and the disease is endemic in commercial poultry flocks in Nigeria (17, 24). Both morbidity and mortality in salmonellosis are highly variable in chickens and are influenced by age, strain susceptibility, nutrition, flock management, and characteristics of exposure (22). In Nigeria, salmonellosis due to *Salmonella* Gallinarum, Pullorum and Typhimurium have been reported (2, 18, 19). *Salmonella enterica* serotypes Typhi and Paratyphi A, B, C are responsible for typhoid fever and paratyphoid enteric fever, respectively (15, 23). A large outbreak of *Salmonella enterica* serotype Paratyphi B infection caused by goats' milk cheese was reported in France (7). Dhillon et al. (8) in a pathogenicity study recorded 30.7, 7.6 and 15% mortalities for *Salmonella* Pullorum, *Salmonella enteritidis* PT5A and *Salmonella enterica* serotype phage type 4 (chicken-

CA), respectively at a dose of 1.0×10^6 CFU in specific pathogen-free chickens. These investigators also measured the weight of the *Salmonella*-infected birds on the first, seventh, fourteenth and twenty first days postinoculation as a means of evaluating the subclinical disease and reported a 1.8-12.6% reduction in weight over a period of 28 days. The present investigation was conducted to evaluate the pathogenicity of *Salmonella* Paratyphi A recovered from a poultry outbreak in Ibadan, Nigeria, in 16-week-old pullets.

MATERIALS AND METHODS

Experimental chickens

The S and D Aderupoko Farm[®], Abeokuta hatchery division, donated 150 day-old chicks (Yaffa[®] pullets) out of which 40 pullets were randomly selected for this investigation. The chicks were raised under strict hygienic conditions for 16 weeks at the Teaching and Research Farm University of Ibadan in Nigeria. They were fed *ad libitum* with chicks' mash, without antibiotics, containing 17% crude protein, 2531 metabolizable energy kcal/kg from a day old to the eighth week of age. The growers' mash, containing 18% crude protein, 2448 metabolizable energy kcal/kg, was fed from the ninth week until the end of the investigation. Clean water was provided in troughs *ad libitum*. The chicks were routinely

1. University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.

* Corresponding author

Department of Veterinary Microbiology and Parasitology, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.

E-mail: atpajuwape@yahoo.com

vaccinated using the National Veterinary Research Institute (Vom, Plateau State, Nigeria) vaccines against the Newcastle disease on the first and seventeenth days (intraocular and LaSota vaccines, respectively) and the infectious bursal disease on the ninth day (Gumboro, live attenuated vaccine). Forty pullets were randomly selected and cloaca samples examined bacteriologically for *Salmonella* by standard methods (1, 4, 9).

Salmonella organism

In July 2002 there was a suspected salmonellosis outbreak with high morbidity and mortality in a commercial (Debiwise Poultry) farm near the border of Ibadan Oyo State. Postmortem specimens were taken from the liver, spleen, heart and heart blood of dead chickens for bacteriological investigation (4). The isolates on MacConkey agar were non-lactose fermenting, yellowish glistening colonies and were found to be Gram negative, motile, short rod, oxidase negative, urease negative, citrate negative, indole negative, salicin negative, sucrose negative, glucose positive, sorbitol positive, dulcitol positive, and H₂S negative (4, 9). A pure colony of *Salmonella* isolate was emulsified with normal saline and tested by the slide agglutination method and was positive for both polyvalent agglutinating antisera O and H (Laboratory Diagnostic Products, UK), and was identified as a *Salmonella* species.

The serological identification was done by inactivating the *Salmonella* isolate as described by Bernard et al. (5). The isolate was inoculated into sterile trypticase soy broth (TSB), and incubated at 37°C overnight. One milliliter of 0.1% formalin was added to 1.0 ml broth culture of *Salmonella* isolate. The mixture was then diluted by another 4.0 ml sterile TSB and incubated at 37°C overnight. The inactivated *Salmonella* isolate was inoculated onto blood agar and MacConkey agar and incubated at 37°C for 48 h. Sera from two weaner rabbits were collected before they were inoculated orally with 1.0 ml of the inactivated *Salmonella* isolate. The pre-inoculation sera were screened using febrile antigen kit (Fortress Diagnostic, Unit 2C Antrum Technology Park, Antrum BT41 IQS Northern Ireland, UK; code No. FEBWC 100, batch No.FC-0507-8) containing *Salmonella* Typhi O, *Salmonella* Typhi H, *Salmonella* Paratyphi AO, *Salmonella* Paratyphi AH, *Salmonella* Paratyphi BO, *Salmonella* Paratyphi BH, *Salmonella* Paratyphi CO and *Salmonella* Paratyphi CH. Positive and negative controls were used for the slide agglutination test. Two weeks after, the sera of the two rabbits were screened for *Salmonella* antibodies by the slide agglutination test using the above febrile antigen kit. The antibody titers to the two antigens (*Salmonella* Paratyphi AH and *Salmonella* Paratyphi AO) that were positive by the slide agglutination test were determined by using the serological diagnosis by Widal reaction previously described by Cruickshank et al. (6) after a slight modification. Briefly, two sets of serial dilutions of each serum sample from the rabbits were constituted in sterile tubes with normal saline (0.85% NaCl), starting from 1:20 to 1:2560, while the ninth tube contained only saline. A volume of 0.5 ml of each of the two slide agglutination test-positive antigens was added to each of the two sets of serially diluted serum from the rabbits. The tubes were incubated at 37°C for 2 h followed by incubation at room temperature for 30 min and examined for agglutination for (H) *Salmonella* Paratyphi AH, while for (O) *Salmonella* Paratyphi AO the tubes were incubated at 37°C for 4 h and kept at 4°C overnight before reading.

Pathogenicity test

Twenty of the forty randomly selected sixteen-week-old pullets that tested negative for *Salmonella* were housed in one cage designated "experimental birds", while twenty others (control) were

housed in another cage. The weighing balance was used to take the grammetric data of the birds before they were housed. The exercise was repeated on days 7, 14 and 21 postinoculation (p.i.) as a means of evaluating the subclinical disease. A viable count was effected 24 hours after incubation of broth culture of *Salmonella* Paratyphi A at 37°C using the plate count, a method by Miles et al. (16) to determine the concentration of the infective dose. Each experimental bird was fed orally 0.5 ml of the 8 h broth containing 1.3×10^8 CFU/ml *Salmonella* Paratyphi A, while the control birds were fed orally with 0.5 ml of sterile TSB each. The two groups were subsequently given growers' rations and water without antibiotics. The birds were observed daily for clinical signs and dead birds were taken for postmortem examination. The only surviving bird was euthanized with chloroform on day 21 p.i. (13).

Bacteriology and histopathology

Specimens were taken aseptically from the liver, small intestines, spleen, heart and heart blood, and bone marrow of infected birds for bacteriological and histopathological examinations. The bacteriological specimens were stored in the deep freezer at -20°C, in the Department of Veterinary Microbiology and Parasitology at the University of Ibadan, until they were examined by standard methods (1, 4, 9). Histopathological specimens were fixed in 10% formal saline and processed routinely for histopathological examination (21).

■ RESULTS

The cultured formalin-inactivated broth culture of the *Salmonella* isolate showed no growth on blood agar and MacConkey agar, respectively, after 48 h incubation. Also the sera from the weaner rabbits were negative when tested with *Salmonella* Typhi O, *Salmonella* Typhi H, *Salmonella* Paratyphi AO, *Salmonella* Paratyphi AH, *Salmonella* Paratyphi BO, *Salmonella* Paratyphi BH, *Salmonella* Paratyphi CO and *Salmonella* Paratyphi CH antigens. However, two weeks after the oral inoculation of the rabbits with formalin-inactivated broth culture of the *Salmonella* isolate, the sera from the inoculated rabbits reacted with only *Salmonella* Paratyphi AO and *Salmonella* Paratyphi AH in the slide agglutination test. The results of the tube agglutination test are presented in Table I. The suspected isolate was identified morphologically, biochemically and serologically as *Salmonella* Paratyphi A.

The experimental birds showed slight inactivity on day 2 p.i. By day 4 p.i. dullness, ruffled and unkempt feather, somnolence, yellowish green diarrhea, decreased water and feed consumption were observed in the infected birds, and the severity increased until day 16 p.i. Mortality in the infected group was 95% by day 16 p.i. The initial mean body weights of infected and control birds were 0.76 ± 0.20 and 0.78 ± 0.21 kg, respectively. However, the weighing scheduled to be repeated on days 7, 14 and 21 p.i. could not be performed because of the rapid course of the disease.

Table I

Results by the tube agglutination test

	<i>Salmonella</i> Paratyphi AO (Antibody titer)	<i>Salmonella</i> Paratyphi AH (Antibody titer)
Rabbit A	1:320	1:160
Rabbit B	1:160	1:160

Remarkable pathological lesions were recorded between days 7 and 14 p.i. The liver was moderately enlarged, with multiple necrotic foci of about 1 mm in diameter, with dark brown to bronze coloration (Figure 1). The kidney was swollen, with widespread focal pale necrotic areas, while the spleen was slightly enlarged. Histopathologically, the proventriculus showed focal glandular necrosis (Figure 2) with mononuclear cell infiltration and moderate perivascular leucocytic infiltration. There was a mucosal hemorrhage and matting of intestinal villi (Figure 3), with reduction of villous height and presence of epithelial debris in the lumen with increased leucocytic infiltration in the lamina propriae. The liver showed moderate, diffuse congestion of the sinusoids and central veins, as well as multiple foci of necrosis of hepatocytes, and mononuclear infiltration and perivascular cellular infiltration. There was diffuse lymphoid depletion in the nodule and around the splenic arterioles (Figure 4) as well as throughout the parenchyma. The kidneys were congested with tubular epithelial necrosis characterized by karyorrhexis of the nuclei (Table II).

The organism was recovered from the liver, spleen, heart and heart blood, and bone marrow of the infected birds. No clinical sign or gross lesion or pathogen was observed from the negative control.

DISCUSSION

It was not possible to monitor the body weight of the experimental birds beyond the initial data because of the fulminating disease produced by *Salmonella Paratyphi A*. This was unlike the 1.8–12.6% reduction in weight recorded over a period of 28 days p.i. by Dhillon et al. (8). In an earlier study these authors recorded 30.7, 7.6

and 15% mortality for *Salmonella Pullorum*, *Salmonella enteritidis* PT5A and *Salmonella enteritidis* PT4 (chicken CA), respectively, at a dose of 1.0×10^6 CFU/ml in specific pathogen-free chickens. This is lower than the 95% recorded in the present investigation. These findings confirm the earlier report that both morbidity and mortality in salmonellosis are highly variable in chickens and are influenced by age, strain susceptibility, nutrition, flock management, and characteristics of exposure (22). *Salmonella* species are known to vary in virulence. For instance *Salmonella enteritidis* PT4 is reported to produce higher mortalities than other *Salmonella enteritidis* phage types (3, 10). The higher mortality found in the current investigation compared to the values recorded elsewhere (8) suggests that the *Salmonella Paratyphi A* may be more virulent than *Salmonella Pullorum* and *Salmonella enteritidis* PT5A. Hence, the organism could be more devastating as experienced in the flock from which it was recovered during the outbreak.

Enteric fever in humans is caused by *Salmonella Typhi* and occasionally by *Salmonella Paratyphi A*, *Salmonella Schottmuelleri* and *Salmonella Hirschfeldii*. The typhoid fever is caused by *Salmonella Typhi*, while the paratyphoid fever is caused by *Salmonella Paratyphi A*, *Salmonella Schottmuelleri* and *Salmonella Hirschfeldii* (7, 15, 20, 23). The clinical features of the paratyphoid fever and typhoid fever are similar but the former is a milder disease (11). In Nigeria, salmonellosis due to *Salmonella Gallinarum*, *Salmonella Pullorum* and *Salmonella Typhimurium* have been reported in poultry (2, 18, 19). However, *Salmonella Paratyphi A* has not been previously reported. It produced a fulminating disease in infected pullets, as found in this study, similar to the clinical observations made in infected birds at Debiwise Poultry Farm in Nigeria. Similarly,

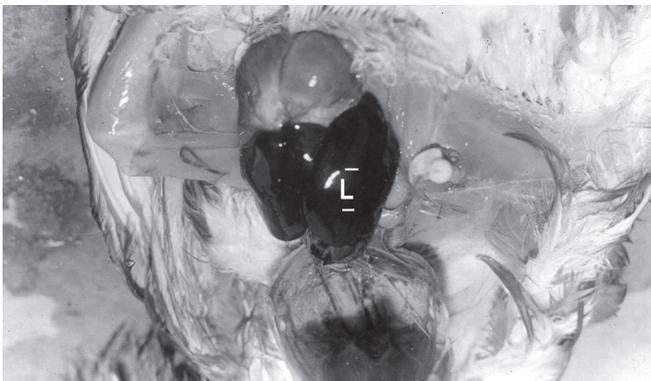


Figure 1: Typical bronze color gross lesion of the liver (L) of a chicken from the infected group.

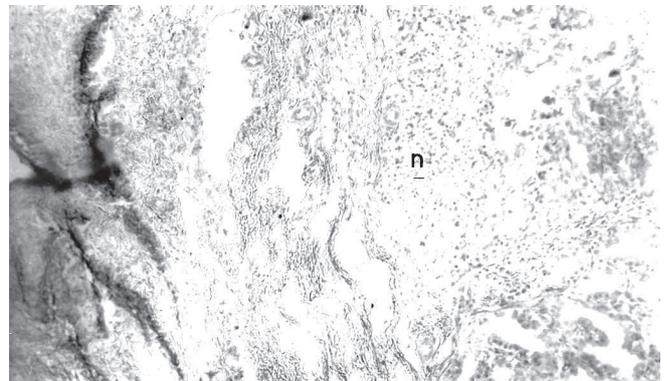


Figure 2: Histological section of the proventriculus of an experimental bird showing severe glandular necrosis (n) (x 250).

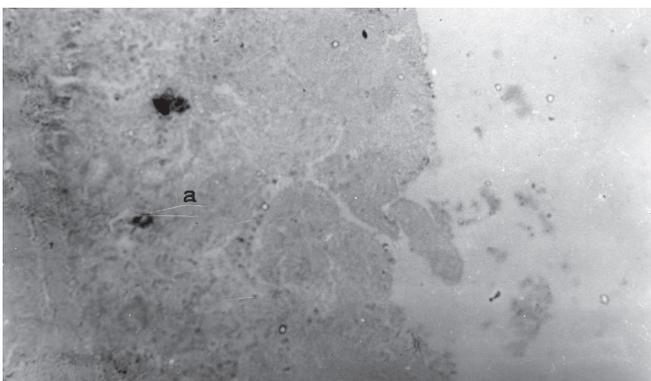


Figure 3: Histological section of the intestine of an experimental bird showing matting of villi, reduction of villous height and glandular necrosis (a) (x 250).

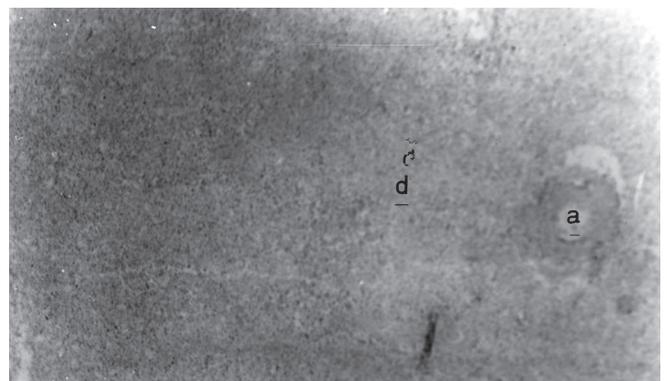


Figure 4: Histological section of the spleen from an experimental bird showing severe lymphoid depletion throughout the parenchyma (d) and splenic arteriole (a) (x 250).

Table II

Histopathological findings in dead pullets infected (orally) with 0.5 ml of 1.3×10^8 CFU of *Salmonella Paratyphi A*

Organ	Lesions	Severity (num. of pullets affected)				
Liver	Congestion of the sinusoids / central veins		++ (7)	– (12)	– (1)*	
	Hepatocyte necrosis	+++ (10)	++ (5)	– (4)	– (1)*	
	Perivascular / parenchymal mononuclear cellular infiltration	+++ (10)	++ (5)	– (4)	+ (1)*	
Intestines	Villous stunting	+++ (6)		– (13)	+++ (1)*	
	Increased leucocytic infiltration of lamina propriae	+++ (6)		– (13)	+++ (1)*	
	Focal area of mucosa hemorrhages		+ (3)	– (16)	+ (1)*	
Spleen	Lymphoid hypoplasia around splenic arterioles		++ (12)	– (7)	+ (1)*	
	Lymphoid hypoplasia throughout the parenchyma		++ (2)	– (17)	– (1)*	
Proventriculus	Glandular necrosis / mononuclear cell infiltration			+ (9)	– (10)	+ (1)*
Kidneys	Congestion of interstitial vessels	+++ (4)	++ (6)	– (9)	+ (1)*	
	Tubular epithelial necrosis		++ (2)	– (17)	++ (1)*	
Heart	Congestion of coronary vessels			– (18)	+ (1)*	

– Absent

+ Weak

++ Moderate

+++ Marked

* Lesion observed in the last bird (euthanized) that survived until day 21 postinoculation

a large outbreak of *Salmonella enterica* serotype Paratyphi B infection caused by goats' milk cheese was reported in France (7).

From a consumer's viewpoint, efforts should be made to reduce the spread of this organism in poultry and poultry products in Nigeria in light of the findings of this investigation. The paratyphoid is a zoonotic disease; food products from infected birds pose a risk to human health, and thus hinder public acceptance of poultry products in general, as was the case in the United States of America, Prince Edward Island and Canada (1, 12).

The involvement of *Salmonella Paratyphi A* in poultry disease outbreaks is of public health concern against the backdrop of food safety since this organism has been incriminated in human typhoid (1, 7, 15, 23). This is because *Salmonella Paratyphi A* affects humans; hence infected birds can spread the disease to exposed human beings. *Salmonella Paratyphi A* has been incriminated in human typhoid fever in Nigeria (Akingbola, pers. commun.). It is therefore possible that this organism might have been introduced to the poultry farm from infected farm attendants or contaminated feed and/or water. The fish pond located on the farm may have contributed to the outbreak because a recent report linked aquacultural practices to reservoirs of *Salmonella enterica* Paratyphi B with resultant gastroenteritis in humans (14). Hence it is suggested that livestock farm workers be screened for both typhoid and paratyphoid infections regularly to reduce the incidence of typhoid fever in humans and livestock.

Acknowledgments

The authors wish to thank the management of S and D, Aderupoko Farm, Abeokuta, Ogun State, Nigeria. The day-old chicks used for this work were supplied through the farm manager, Dr Ajayi.

The Happy Day Veterinary Konsult Oyo, Oyo State of Nigeria, supplied the chicks' mash used for the first three weeks.

REFERENCES

1. ABOUZEED Y.M., HARIHARAN H., POPPE C., KIBENGE F.S.B., 2000. Characterization of *Salmonella* isolates from beef, cattle, broiler chickens and human sources in Prince Edward Island. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.*, **23**: 253-266.
2. ADENIRAN G.A., OYEJIDE A., ALASA M.Y., 1990. Serological survey for pullorum disease in four States of Nigeria. *Trop. Vet.*, **8**: 61-64.
3. BARROW P.A., 1991. Experimental infection of chicken with *Salmonella enteritidis*. *Avian Pathol.*, **20**: 145-153.
4. BARROW G.H., FELTHAM R.K.A., 1993. Cowan and Steel's manual for identification of medical bacteria, 3rd Edn. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 331 p.
5. BERNARD D.D., RENATO D., HERMAN N.E., HEROLD G., 1980. Microbiology including immunology and molecular genetics, 3rd Edn. Philadelphia, PA, USA, Herper and Row Publishers, 1270 p.
6. CRUICKSHANK R., DUGUID J.P., MARMION B.P., SWAN R.H.A., 1975. Medical microbiology, 12th Edn. London, UK, Churchill Livingstone, p. 417-418.
7. DESENCLOS J.-C., BOUVET P., BENZ-LEMOINE E., GRIMONT F., DESQUEYROUX H., REBIERE I., GRIMONT P.A., 1996. Large outbreak of *Salmonella enterica* serotype Paratyphi B infection caused by a goats' milk cheese, France, 1993: A case finding and epidemiological study. *BMJ*, **312**: 91-94.
8. DHILLON A.S., SHIVAPRASAD H.L., ROY P., ALISANTOSA B., SCHABERG D., BANDLI D., JOHNSON S., 2001. Pathogenicity of environmental origin salmonellas in specific pathogen free chick. *Poult. Sci.*, **80**: 1323-1328.
9. EWING W.H., 1986. The genus *Salmonella*. In: Edward and Ewings' Identification of *Enterobacteriaceae*, 4th Edn. New York, NY, USA, Elsevier Science, p. 181-340.

10. GAST R.K., BENSON S.T., 1995. The comparative virulence for chicks of *Salmonella enteritidis* phage type 4 isolates and isolates of phage types commonly found in poultry in the United States. *Avian Dis.*, **39**: 567-574.
11. HOOK E.W., 1979. *Salmonella* species (including typhoid fever). In: Mandell G.L., Douglas Jr R.G., Bennet J.E., Eds, Principles and practices of infectious diseases. New York, NY, USA, Wiley, p. 1256-1269.
12. JEMMI T., DANUSER J., GRIOT C., 2000. Zoonosis as a risk when handling livestock or animal products. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.*, **142**: 665-671.
13. JORDAN F.T.W., PATTISON M., 1999. Poultry diseases. London, UK, W.B. Sanders.
14. LEVINGS R.S., LIGHTFOOT D., PARTRIDGE S.R., HALL R.M., DJORDJEVIC S.P., 2006. Aquariums as reservoirs for multidrug-resistance *Salmonella Paratyphi B*. *Emerging infect. Dis.*, **12**: 507-510.
15. LIU S.-L., SANDERSON K.E., 1995. The chromosome of *Salmonella Paratyphi A* is inverted by recombination between *rrnH* and *rrnG*. *J. Bacteriol.*, **177**: 6585-6592.
16. MILES A.A., MISRA S.S., IRWIN J.O., 1938. The estimation of the bactericidal power of the blood. *J. Hyg. Comb.*, **38**: 732-748.
17. MOLOKWU J.U., SHUAIBU Y., BANYIGI S.A., 1989. Concurrent outbreak of salmonellosis, chronic respiratory diseases and Newcastle disease in a broiler flock. *Zariya Vet.*, **4**: 123-126.
18. OBOEGBULEM S.I., ORAJAKA L.J., OKOYE J.O.A., EROJIKWE E.E., 1980. Fowl typhoid outbreak in university laying flocks: Case report. *Nig. vet. J.*, **9**: 24-26.
19. OKOYE J.A.O., EROJIKWE E., 1988. An outbreak of fowl paratyphoid in Nigeria. *Zariya vet.*, **3**: 90-92.
20. OJO M.O., 1993. Manual of pathogenic bacteria. Ibadan, Nigeria, Shanesson, 412 p.
21. RAPHAEL S.S., 1976. Lynch's medical laboratory technology, 3rd Edn. Philadelphia, PA, USA, WB Saunders, p. 876-933.
22. SNOEYENBOS G.H., 1978. Pullorum disease. In: Hofstad M.S., Calnek B.W., Helmboldt C.F., Reid W.M., Yoder Jr H.W., Eds, Diseases of poultry, 7th Edn. Ames, IA, USA, Iowa State University Press, p. 80-100.
23. THRELFALL E.J., SKINNER J.A., WARD L.R., 2001. Detection of decreased *in vitro* susceptibility to ciprofloxacin in *Salmonella enterica* serotypes Typhi and Paratyphi A. *J. Antimicrob. Chemother.*, **48**: 735-748.
24. UGOCHUKWU E.I., 1982. Post vaccination disease outbreak. *Nigerian vet. J.*, **11**: 24-28.

Accepté le 27.10.2006

Résumé

Ogunleye A.O., Ajuwape A.T.P., Adetosoye A.I., Ohore O.G.
Pathogénicité de *Salmonella Paratyphi A* chez des poulettes

La pathogénicité de *Salmonella Paratyphi A*, isolée dans l'élevage de volailles de Debiwise lors d'un foyer aigu, a été testée. Vingt poulettes âgées de seize semaines ont été inoculées oralement avec $1,3 \times 10^8$ UFC/volaille de *Salmonella Paratyphi A*, et vingt autres du même âge ont servi de témoins non infectés. Quatre jours après l'inoculation, les animaux infectés ont présenté de l'apathie, des plumes ébouriffées ou entremêlées, de la somnolence, des diarrhées vert jaunâtre, une baisse de la prise d'eau et d'aliments ; la mortalité a été de 95 p. 100, seize jours après l'inoculation. Des lésions importantes ont été enregistrées entre les septième et quatorzième jours après l'inoculation. Le foie était hypertrophié, d'aspect brun sombre à bronze, et avait de multiples lésions nécrotiques. Les reins étaient inflammés, avec des zones nécrosées étendues claires et focales, et la rate avait légèrement grossi. A l'analyse histopathologique, le proventricule a présenté des nécroses glandulaires focales, une infiltration des cellules mononucléaires et une infiltration leucocytaire périvasculaire modérée. Une hémorragie des muqueuses a été observée, ainsi qu'un ternissement des villosités intestinales avec réduction de leur taille, et la présence de débris épithéliaux dans la lumière avec augmentation de l'infiltration leucocytaire dans la lamina propria. Dans le foie, une congestion modérée et diffuse de la sinusoiide et de la veine centrale était présente, ainsi que de nombreux foyers de nécroses hépatocytaires, des infiltrations mononucléaires, et cellulaires et périvasculaires. Il y avait une déplétion lymphoïde diffuse dans le nodule et autour des artérioles liénales, ainsi que sur tout le parenchyme. Les reins étaient congestionnés avec des zones de nécrose épithéliale tubulaire caractérisées par une caryrrhexis des noyaux. *Salmonella* a été trouvée dans le foie, la rate, le cœur, le sang du cœur et la moelle osseuse des oiseaux infectés. Ni signe clinique, ni lésion macroscopique, ni agent pathogène n'ont été observés chez les témoins.

Mots-clés : Poulet – *Salmonella Paratyphi A* – Pouvoir pathogène – Nigeria.

Resumen

Ogunleye A.O., Ajuwape A.T.P., Adetosoye A.I., Ohore O.G.
Patogenicidad de *Salmonella Paratyphi A* para pollas

Se examinó la patogenicidad de *Salmonella Paratyphi A*, aislada de la Cría de Debiwise durante un brote fulminante. Veinte pollas de 16 semanas fueron inoculadas oralmente con $1,3 \times 10^8$ UFC/ave de *Salmonella Paratyphi A*, mientras que otras 20 pollas de la misma edad sirvieron como controles no infectados. Al día cuatro post inoculación (p.i.) se observaron mareos, plumas erizas y mal cuidadas, somnolencia, diarrea verde-amarilla, disminución en el consumo de agua y alimento en las aves infectadas; la mortalidad fue de 95% al día 16 p.i. Importantes lesiones patológicas se registraron entre los días 7 y 14 p.i. El hígado estaba moderadamente aumentado, con focos necróticos múltiples y coloración bronce a bronce oscuro. Los riñones estaban hinchados, con zonas necróticas focales dispersas, mientras que el bazo estaba ligeramente aumentado. Histopatológicamente, el proventriculo mostró necrosis glandular focal, infiltraciones de células mononucleares e infiltraciones leucocíticas peri vasculares moderadas. Se observó una hemorragia en las mucosas, aplastamiento de las vellosidades intestinales con reducción de la altura de las vellosidades y presencia de restos epiteliales en el lumen con infiltración leucocítica aumentada en la lámina propia. El hígado mostró congestión difusa moderada de las venas central y sinusoidal, así como múltiples focos de necrosis de hepatocitos, infiltración mononuclear e infiltración celular peri vascular. Se observó una reducción linfoide difusa en el nódulo y alrededor de las arteriolas del bazo, así como en el parénquima. Los riñones estaban congestionados con necrosis epitelial tubular, caracterizada por cariorexis del núcleo. El organismo se recuperó en el hígado, bazo, corazón, sangre del corazón y médula ósea de las aves infectadas. No se observaron signos clínicos o lesiones macroscópicas o patógenos en las aves control negativas.

Palabras clave: Pollo – *Salmonella Paratyphi A* – Patogenicidad – Nigeria.

Evaluation sur le terrain et sur souris de la résistance des trypanosomes des bovins du plateau de l'Adamaoua au Cameroun à l'acéturate de diminazène et au chlorure d'isoméamidium

A. Mamoudou^{1,3} A. Zoli¹ C. Tanenbe¹
 J.P. Andrikaye¹ Bourdanne¹ T. Marcotty²
 V. Delespaux² P.-H. Clausen³ S. Geerts^{2*}

Mots-clés

Bovin – *Trypanosoma* – Antiprotozoaire – Résistance aux produits chimiques – Cameroun.

Résumé

Suite à une enquête dans quelques villages du département de Faro et Déo, le village de Kontcha, qui a présenté la prévalence de la trypanosomose la plus élevée (32,5 p. 100), a été sélectionné afin d'évaluer la résistance des trypanosomes au diminazène et à l'isoméamidium. Deux lots de 40 bovins ont été traités au jour 0, l'un au diminazène, l'autre à l'isoméamidium. Le statut parasitologique de ces deux lots a été évalué toutes les deux semaines en utilisant la technique du *buffy coat* pendant une période de deux mois. Chaque animal diagnostiqué positif a été traité au diminazène. Le pourcentage d'animaux infectés par des trypanosomes a été de 32,5 p. 100 dans le lot traité au diminazène et de 27,5 p. 100 dans le lot traité à l'isoméamidium. L'analyse de survie ainsi que l'estimation du risque relatif (1,38) ont suggéré une résistance à l'isoméamidium et une diminution de l'activité prophylactique de ce produit. Plusieurs animaux traités au diminazène à 7 mg/kg ont été diagnostiqués positifs deux semaines après le traitement, ce qui indiquait également une forte suspicion de résistance à ce trypanocide. Ces résultats du terrain ont été confirmés par le test standardisé sur souris en utilisant six isolats de *Trypanosoma congolense* provenant des animaux traités. Ces isolats ont été testés au chlorure d'isoméamidium (1 mg/kg) et à l'acéturate de diminazène (20 mg/kg) pour établir leur sensibilité. Tous les isolats ont été résistants à au moins un des produits testés, tandis que quatre isolats ont été résistants aux deux produits. Cette étude montre pour la première fois la présence au Cameroun de souches de trypanosomes résistantes aux trypanocides.

■ INTRODUCTION

Dans la plupart des pays d'Afrique, où la trypanosomose animale constitue une entrave sérieuse au développement, les traitements trypanocides restent la méthode la plus fréquemment utilisée pour le contrôle de la maladie. La résistance à un ou plusieurs des trois produits trypanocides (diminazène, homidium, isoméamidium) utilisés pour les traitements des infections à trypanosomes chez les bovins a été détectée dans au moins 13 pays d'Afrique subsaharienne. Dans huit de ces pays, une résistance multiple a été rapportée (8). Des cas de résistance aux trypanocides ont également été rapportés dans trois pays limitrophes du Cameroun : le Nigeria,

1. Faculté d'agronomie et des sciences agricoles, Dschang, Cameroun.
 2. Institute of Tropical Medicine, Animal Health Department, B-2000 Antwerp, Belgium.
 3. Institute for Parasitology and Tropical Veterinary Medicine, D-14163 Berlin, Germany.

* Auteur pour la correspondance
 Institute of Tropical Medicine, Animal Health Department, Nationalestraat 155, B-2000 Antwerp, Belgium
 Tél. : +32 (0)3 247 62 62 ; fax : +32 (0)3 247 62 68
 E-mail : sgeerts@itg.be

le Tchad (15) et la République centrafricaine (7). Jusqu'à présent aucune information n'était disponible pour le Cameroun.

Le plateau de l'Adamaoua au Cameroun compte près du tiers du cheptel national estimé par la FAO à 5,9 millions de bovins (5). L'apparition des glossines (*Glossina morsitans submorsitans*, *G. morsitans* et *G. tachinoïdes*) sur le plateau de l'Adamaoua remonterait aux années 1950 (1, 9, 10). Malgré les pulvérisations aériennes massives d'insecticides de 1976 à 1994 qui ont permis d'assainir plus de 32 000 km², *G. tachinoïdes* et *G. m. submorsitans* restent encore présentes dans certaines localités de l'Adamaoua (14, 17). Des produits trypanocides et insecticides sont encore couramment utilisés à l'heure actuelle pour protéger le bétail contre la trypanosomose et les mouches tsé-tsé (Hamadama, commun. pers.). La présente étude a été réalisée afin d'évaluer la résistance aux produits trypanocides sur le plateau de l'Adamaoua au moyen d'un test de terrain et du test standardisé sur souris.

■ MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

Cette étude a porté sur le département du Faro et Déo, situé entre 7 et 8° de lat. N. et entre 12 et 13° de long. E., couvrant une superficie de 11 000 km² (Pnvr, 2001, rapport non publié). Lors du dernier recensement, 74 559 bovins ont été dénombrés (Pace, 2005, rapport non publié). La zone se caractérise par un découpage administratif la subdivisant en trois arrondissements (Tignere, Galim-Tignere et Mayo Baleo) et un district (Kontcha) qui partage avec le Nigeria une frontière commune d'environ 250 km. Située aux confins de deux régions climatiques, le climat y est de type soudano-guinéen doux dans la partie montagneuse et soudano-sahélien dans la partie plaine. Il est caractérisé par deux saisons : la première, une saison sèche qui s'étale d'octobre à mai, période pendant laquelle l'activité pastorale est intense et durant laquelle également plusieurs troupeaux du plateau de l'Adamaoua et du Nigeria voisin y passent la transhumance ; la deuxième, une saison pluvieuse qui s'étale de juin à septembre. La température moyenne annuelle est de 28 °C. Les températures maximales qui se situent au mois de mars, avril ou mai peuvent atteindre 40 °C à Kontcha. La pluviométrie moyenne est de l'ordre de 1 200 mm/an et crée des conditions favorables à l'activité agricole mais également au maintien d'une densité importante des vecteurs de la trypanosomose. La présente zone d'étude est donc située au cœur de la région où la pression glossinaire du plateau de l'Adamaoua est la plus élevée. Là s'étendent des plaines et des piémonts à végétation boisée n'ayant jamais été traités aux insecticides et se trouvant en continuité écologique avec les réserves de faune sauvage du Faro et de la Bénoué infestées de glossines (2). Selon les services vétérinaires de la localité, la trypanosomose y est reconnue comme la pathologie la plus importante d'un point de vue zoonitaire et économique.

Etude transversale

Prévalence parasitologique

Afin de déterminer la prévalence parasitologique dans la zone, une étude transversale a été réalisée d'octobre à décembre 2004 dans quatre villages (Mayo Baleo, Mayo Zaoule, Almé et Kontcha). Les quatre villages ont été sélectionnés parce qu'en saison sèche ils accueillent des marchés périodiques de bétail. Au total, 493 bovins appartenant à 19 troupeaux ont été examinés. Ces 19 troupeaux ont été sélectionnés parmi 34 troupeaux recensés dans toute la zone en fonction de leur accessibilité (tableau I). Le choix des animaux dans les troupeaux a été effectué de façon aléatoire. Le poids l'âge, le sexe et l'hématocrite des animaux examinés ont été enregistrés.

Les prélèvements sanguins ont été effectués au niveau de la veine auriculaire à l'aide de tubes microcapillaires héparinisés. Le sang collecté a été centrifugé sur place. Puis, la couche leucocytaire a été examinée au microscope après étalement entre lame et lamelle (13).

Enquête auprès des éleveurs

Des questionnaires ont été soumis aux éleveurs de la zone d'étude afin d'obtenir des informations au sujet des pratiques d'utilisation des produits trypanocides et insecticides et d'évaluer la connaissance des éleveurs sur la trypanosomose et ses vecteurs. Au total 64 éleveurs ont été interviewés en langue locale.

Test de terrain pour la détection de résistance aux trypanocides

Deux troupeaux du village Kontcha ont été sélectionnés pour l'évaluation de la résistance aux produits trypanocides selon le protocole décrit par Eisler et coll. (4). Dans chaque troupeau 40 animaux ont été choisis de façon aléatoire et marqués d'une boucle d'oreille. Vingt animaux ont été traités au jour zéro (J0) par voie intramusculaire avec le chlorure d'isoméamidium (Trypamidium[®], lot Z412971B, Merial, France) à la dose de 1 mg/kg et les vingt autres ont été traités avec l'acéturate de diminazène (Bérénil[®], lot BN 01A037, Hoechst) à la dose de 7 mg/kg. Le poids des animaux a été déterminé à l'aide d'un ruban Rondo[®]. La parasitémie de chaque animal a été vérifiée toutes les deux semaines pendant huit semaines (décembre 2004 à février 2005). Les animaux ayant été observés positifs au *buffy coat* au cours de cette période d'observation ont été traités avec de l'acéturate de diminazène à la dose de 7 mg/kg.

Les résultats ont été analysés à l'aide du logiciel Stata (18). La résistance à l'isoméamidium a été évaluée en estimant la durée pendant laquelle les animaux sont restés indemnes de trypanosomes. Un modèle de risques proportionnels de Cox a été utilisé afin de comparer les deux groupes. Seules les premières infections ont été utilisées pour l'analyse. En outre, les animaux absents lors de l'une ou l'autre visite furent exclus de l'étude à partir de leur première absence. L'interprétation des résultats a été faite selon les critères suggérés par Eisler et coll. (4). Premièrement, si plus de 25 p. 100 des animaux traités à l'isoméamidium s'infectent au cours des huit semaines de suivi, il y a une forte suspicion de résistance à ce produit et, deuxièmement, si le risque relatif est supérieur à 2, le traitement prophylactique à l'isoméamidium peut encore être utile. En ce qui concerne le diminazène, la résistance est suspecte lorsque des trypanosomes sont présents chez un animal deux semaines après un traitement à 7 mg/kg.

Tableau I

Prévalence de la trypanosomose dans quatre villages de l'Adamaoua (Cameroun)

Village	Nb. de troupeaux	Nb. de bovins examinés	Nb. de bovins positifs	Prévalence (%)
Mayo Baleo	4	119	12	10,0
Mayo Zaoule	5	122	21	17,2
Almé	5	132	31	23,4
Kontcha	5	120	39	32,5
Total	19	493	103	20,9

Etude de la sensibilité des trypanosomes chez les souris

Six isolats de *Trypanosoma congolense* ont été collectés chez des animaux à différents moments après traitement soit au diminazène, soit à l'isomémidium (tableau II). Des souris ont été infectées avec l'isolat primaire sur le terrain. Après deux à quatre passages sur souris, les isolats ont été conservés dans de l'azote liquide avant d'être soumis aux tests de résistance au laboratoire. Des tests standard sur souris ont été réalisés selon le protocole décrit par Eisler et coll. (3). Les souris adultes de race OF1, d'un poids variant de 25 à 30 g et âgées de 8 à 10 semaines ont été utilisées. Elles ont été inoculées par voie intrapéritonéale avec 10^5 trypanosomes.

Pour chaque test, deux groupes de six souris ont été utilisés : un groupe témoin et un groupe traité 24 heures après l'inoculation, soit à la dose de 1 mg/kg pour le chlorure d'isomémidium, soit à la dose de 20 mg/kg pour l'acéturate de diminazène. Par la suite, les souris ont été suivies par un examen parasitologique de sang frais prélevé au niveau de la queue deux fois par semaine pendant une période de 60 jours. Un isolat de trypanosome est considéré comme résistant si plus d'une souris sur six rechute après le traitement. Au moins cinq des six souris témoins doivent développer une parasitémie après l'inoculation de l'isolat, faute de quoi le test est entièrement recommencé.

Tableau II

Test standardisé sur souris pour la détection de résistance à l'isomémidium ou au diminazène chez six isolats camerounais de *Trypanosoma congolense*

Isolats de <i>T. congolense</i>	Moment de l'isolement après traitement avec I ou D (jours)	Chlorure d'isomémidium (1 mg/kg)	Acéturate de diminazène (20 mg/kg)
Kont2/159	42 (I)	5/6 ⁺	ND
Kont2/174	14 (D)	ND	5/6
Kont1/124	14 (D)	6/6 [*]	6/6 [°]
Kont1/129	14 (D)	6/6 [*]	6/6 [°]
Kont2/133	14 (D)	6/6 [*]	6/6 [°]
Kont2/151	28 (I)	6/6 [*]	6/6 [°]

I : isomémidium ; D : diminazène

⁺ Nombre de souris qui ont rechuté sur le nombre total de souris traitées

^{*} Après traitement avec 10 mg/kg toutes les souris ont de nouveau rechuté

[°] Après traitement avec 40 mg/kg toutes les souris ont de nouveau rechuté

ND : non déterminé

■ RESULTATS

Etude transversale

La prévalence moyenne de la trypanosomose chez les bovins des quatre villages a varié entre 10 et 32,5 p. 100 (tableau I). La proportion d'infections par *T. congolense* s'est élevée à 78,6 p. 100, à 15,5 p. 100 pour *T. brucei*, à 0,9 p. 100 pour *T. vivax* et à 4,8 p. 100 pour les infections mixtes *T. congolense* et *T. brucei*. La plus haute prévalence (32,5 p. 100) a été décelée dans le village de Kontcha.

L'enquête sur l'utilisation des produits trypanocides et insecticides a révélé que la plupart des éleveurs connaissaient les signes cliniques de la trypanosomose et l'associaient à la mouche tsé-tsé comme vecteur. Les éleveurs Foulani sont capables d'identifier des animaux atteints de trypanosomose dans leurs troupeaux. La trypanosomose est considérée comme la maladie la plus importante dans la région, viennent ensuite la pasteurellose et les maladies gastro-intestinales. Environ 90 p. 100 des éleveurs traitaient eux-mêmes leurs animaux, tandis que 5 p. 100 sollicitaient l'aide des autres éleveurs. Seulement trois éleveurs (4,7 p. 100) ont fait appel à des infirmiers et techniciens vétérinaires.

Les trypanocides les plus utilisés ont été le chlorure d'isomémidium (Trypamidium[®]) et l'acéturate de diminazène (Veriben[®], Sangavet[®]). Le chlorure d'isomémidium a uniquement été utilisé au départ en transhumance et l'acéturate de diminazène toute l'année, dès qu'un animal présentait les signes cliniques de la maladie

Test de terrain pour la détection de résistance aux trypanocides

Lot traité au diminazène

Après traitement (J0) au diminazène et un suivi parasitologique de huit semaines, 13 des 40 animaux ont été diagnostiqués positifs au moins une fois au *buffy coat*, ce qui représentait un pourcentage d'animaux infectés aux trypanosomes de 32,5 p. 100 [intervalle de confiance (IC) 95 p. 100 : 19,9 – 48,3]. Sur un total de 40 animaux traités au diminazène au J0, huit bovins (20 p. 100 ; IC 95 p. 100 : 10 – 35 p. 100) ont été diagnostiqués positifs au *buffy coat* deux semaines après le traitement. Quatre animaux (n° 129, 133, 161 et 174) n'ont pas été guéris après un second traitement au diminazène (tableau III).

Lot traité à l'isomémidium

Après traitement avec le chlorure d'isomémidium au J0, des trypanosomes ont été détectés chez 11 des 40 animaux lors d'un ou de plusieurs échantillonnages durant les huit semaines de suivi (tableau IV), ce qui représentait un pourcentage d'animaux infectés de 27,5 p. 100 (IC 95 p. 100 : 16 – 43 p. 100). Trois animaux sont devenus positifs au *buffy coat* dès J14, cinq à J28 et les trois derniers plus tard (J42 à J56). Lors du traitement au diminazène, parmi ces 11 animaux, cinq (45,5 p. 100) ont été diagnostiqués positifs au *buffy coat* deux semaines après le traitement. Deux animaux (n° 112 et 141) n'ont pas été guéris après un deuxième traitement avec le même produit (tableau IV).

Le risque relatif d'infection du groupe traité au diminazène par rapport à celui traité à l'isomémidium a été de 1,38 et n'a pas été significativement différent de 1 ($p = 0,45$). La limite inférieure de l'intervalle de confiance (95 p. 100) du risque relatif a été égale à 0,6 et la limite supérieure à 3,2.

Test de résistance chez les souris

Les résultats du test standard sur souris (tableau II) ont montré que les cinq isolats testés pouvaient être considérés résistants au chlorure d'isomémidium, parce que au moins cinq des six souris ont fait une rechute après traitement. De même tous les isolats testés se sont avérés résistants au diminazène. Les souris infectées avec les isolats 3 à 6 ont été traitées après la rechute, soit avec l'isomémidium à 10 mg/kg, soit à l'acéturate de diminazène à 40 mg/kg. Toutes les souris ont fait des rechutes après traitement avec ces doses élevées.

Tableau III

Résultats du suivi parasitologique du groupe de bovins traités au diminazène
(seuls les animaux diagnostiqués positifs ont été inclus)

N° des animaux	Sexe	Age	Buffy coat technique				
			J0	J14	J28	J42	J56
124	F	4	1	1 *	ND	–	1
126	F	2	2	–	–	–	–
127	F	2	1	–	ND	ND	ND
129	M	2	–	1 *	1 °	–	–
132	M	2	1	–	–	–	–
133	M	2	–	1 *	1 °	–	–
136	M	3	–	1 *	–	1	ND
137	F	3	1	1 *	–	1	–
140	M	2	–	–	–	–	1
161	M	3	–	1 *	1 °	–	–
163	M	3	1	–	–	–	–
164	M	2	1	–	1	–	–
165	M	3	–	–	–	2	1,2 *
166	F	2	–	–	1,2	–	–
168	M	2	1	ND	–	–	–
169	F	3	1	–	–	–	–
172	F	7	–	3 *	–	1	–
174	F	8	1	1 *	1 °	–	1
176	F	4	1	–	–	–	–
178	F	7	–	–	1	1 *	–

J : jour ; M : male ; F : femelle

1 : *Trypanosoma congolense* ; 2 : *T. vivax* ; ND : non déterminé

* Cas de suspicion de résistance au diminazène

° Animaux non guéris après un deuxième traitement au diminazène

■ DISCUSSION

Les résultats de cette étude indiquent pour la première fois au Cameroun la présence de trypanosomes résistants au diminazène et à l'isoméamidium. L'étude de terrain a révélé que 32,5 p. 100 des animaux étaient infectés par des trypanosomes dans le lot traité au diminazène. Ce chiffre est en fait une sous-estimation du nombre d'animaux infectés réellement, car l'effet rémanent du diminazène n'a pas été pris en compte (6, 16, 19). Parmi les animaux du groupe traité à l'isoméamidium, 27,5 p. 100 sont devenus positifs au cours des huit semaines de suivi, indiquant une suspicion de résistance à ce produit selon les critères d'interprétation décrits par Eisler et coll. (4). Comme l'estimation du risque relatif au sein du groupe témoin (traité au diminazène) par rapport à celui traité à l'isoméamidium n'a atteint que 1,38, on peut conclure qu'il y a eu une activité prophylactique réduite du produit. Néanmoins, l'intervalle de confiance (95 p. 100) du risque relatif a été particulièrement large puisqu'il a inclus à la fois 1 et 2. Ce manque de précision pouvait être attribué à des effectifs ou à une incidence de la trypanosomose trop faibles. Comme l'ont montré McDermott et coll. (11), le test de terrain peut aussi être utilisé pour détecter des cas de suspicion de résistance au diminazène. La durée de l'action protectrice du diminazène étant entre 18 et 22 jours (6, 16, 19), la présence de trypanosomes dans le sang deux semaines après le traitement a indiqué une résistance. Dans cette étude, le traitement

au diminazène a manqué d'efficacité chez 20 à 45,5 p. 100 des animaux traités (selon le groupe), ce qui signifie qu'il existe une résistance non négligeable à ce produit. Malheureusement il n'a pas été possible pour des raisons logistiques de suivre le poids et l'hématocrite des deux groupes d'animaux et donc d'évaluer les effets des traitements sur la clinique.

Parmi les six souches de *T. congolense* examinées dans le test sur souris, toutes étaient résistantes à au moins un des produits testés, tandis que quatre étaient résistantes simultanément au diminazène et à l'isoméamidium. Afin d'évaluer si la méthode de la paire sanative (alternance du diminazène et de l'isoméamidium) est encore efficace, le clonage d'un nombre représentatif de trypanosomes et leur caractérisation individuelle quant à leur résistance à un ou aux deux trypanocides permettrait de distinguer le cas d'une population de trypanosomes composée de parasites multirésistants ou d'un mélange de parasites monorésistants (12).

En conclusion, on peut affirmer que des souches résistantes au diminazène, à l'isoméamidium et peut-être aux deux produits simultanément infectent le bétail à Kontcha. Afin de connaître la prévalence de la résistance aux trypanocides dans la région de l'Adamaoua, une étude à plus large échelle serait nécessaire, étude dans laquelle un nombre représentatif d'isolats de trypanosomes obtenus de façon aléatoire devrait être examiné.

Tableau IV

Résultats du suivi parasitologique du groupe de bovins traités à l'isométagidium
(seuls les animaux diagnostiqués positifs ont été inclus)

N° des animaux	Sexe	Age	Buffy coat technique				
			J0	J14	J28	J42	J56
101	M	4	2	–	1, 2 *	1 **	–
104	F	4	1	–	–	–	–
105	F	6	1	–	–	1 *	–
107	F	6	–	1 *	–	–	–
109	M	4	1	–	–	–	–
112	M	3	–	–	1 *	1 **	1 **
114	F	4	1	–	–	–	–
117	M	2	–	1 *	–	–	–
118	F	2	1	–	–	–	–
141	M	4	1	–	1 *	1 **	1 **
143	F	4	1	–	–	–	–
148	F	3	1	–	–	–	–
149	M	4	1	–	–	–	–
151	M	2	1	–	1 *	1 **	–
153	M	2	–	–	–	1 *	1 **
154	F	3	1	–	–	–	–
156	M	4	–	–	ND	2 *	–
157	F	2	1	–	1 *	–	1
159	F	3	–	1 *	–	1	–

J : jour ; M : male ; F : femelle

1 : *Trypanosoma congolense* ; 2 : *T. vivax* ; 3 : *T. brucei* ; ND : non déterminé

* Cas de suspicion de résistance à l'isométagidium

** Cas de suspicion de résistance au diminazène

Remerciements

Ce travail a été financé par le Conseil interuniversitaire flamand dans le cadre d'un projet de coopération entre l'université de Dschang, l'université d'Anvers et l'Institut de médecine tropicale d'Anvers. Nous tenons à remercier le délégué départemental du ministère de l'Élevage, des Pêches et des Industries animales, Dr Moussa Yaya, et ses collaborateurs, MM. Souyoudi Aboubakar et Haman Tizi, ainsi que le délégué de l'Union des éleveurs du Faro et Deo, M. Yerima Issa, pour leur soutien dans la réalisation de ce travail. Nous exprimons aussi notre gratitude aux frères Al hadji Dan Adjoumi et Al hadji Dan Assabe de Kontcha.

BIBLIOGRAPHIE

- BANSER J.T., 1979. The evolution of tsetse and trypanosomiasis control in Cameroon. In: 16th Meeting International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control. Yaounde, Cameroon, OAU, p. 459-461. (Publication No 111)
- BOUTRAIS J., CUISANCE D., 1995. Les éleveurs de la zone tampon au nord de l'Adamaoua (Cameroun). Rapport de mission. Maison-Alfort, France, Cirad-emvt, 59 p.

- EISLER M.C., BRANDT J., BAUER B., CLAUSEN P.H., DELESPAUX V., HOLMES P.H., LLEMOBABA A., MACHILA N., MBWAMBO H., MCDERMOTT J., MEHLITZ D., MURILLA G., NDUNG'U J.M., PEREGRINE A.S., SIDIBE I., SINYANGWE L., GEERTS S., 2001. Standardised tests in mice and cattle for the detection of drug resistance in tsetse-transmitted trypanosomes of African domestic cattle. *Vet. Parasitol.*, **97**: 171-182.

- EISLER M.C., MCDERMOTT J.J., MDACHI R., MURILLA G.A., SINYANGWE L., MUBANGA J., MACHILA N., MBWAMBO H., COLEMAN P.G., CLAUSEN P.H., BAUER B., SIDIBE I., GEERTS S., HOLMES P.H., PEREGRINE A.S., 2000. Rapid method for the assessment of trypanocidal drug resistance of the field. In: Proc 9th Symp. International Society for Veterinary Epidemiology and Economics, Breckenridge, Colorado, USA, 6-11 Aug. 2000.

- FAOSTAT, 2004. <http://www.fao.org/faostat.htm>

- FAYE D., PEREIRA DE ALMEIDA P.J., GOOSSENS B., OSAER S., NDAO M., BERKVEN D., SPEYBROECK N., NIEBERDING F., GEERTS S., 2001. Prevalence and incidence of trypanosomiasis in horses and donkeys in the Gambia. *Vet. Parasitol.*, **101**: 101-114.

- FINELLE P., YVORE P., 1962. Quelques observations sur la chimiorésistance. In: Proc 9th International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control, Conakry, Guinea, p. 107-110.

- GEERTS S., HOLMES P.H., 1998. Drug management and parasite resistance in animal trypanosomiasis. Rome, Italy, FAO, 31 p. (PAAT technical and scientific series, No 1)

- HURAUULT J., 1993. Comment a été vécue à Banyo et à Tibati la crise résultant de l'invasion des glossines (1990-1991). Rapport de mission. Yaounde, Cameroun, Minepia, 53 p.

10. MARTIN I., 2002. Transhumance et gestion des pâturages dans le Faro & Déo. Rapport de stage. Bruxelles, Belgique, Commission européenne 51 p.
11. MCDERMOTT J., WOITAG T., SIDIBE I., BAUER B., DIARRA B., OUEDRAOGO D., KAMUANGA M., PEREGINE A.S., EISLER M., ZESSIN K.H., MEHLITZ D., CLAUSEN P.H., 2003. Field studies of drug-resistant cattle trypanosomes in Kenedougou Province, Burkina Faso. *Acta Trop.*, **86**: 93-103.
12. MULUGETA W., WILKES J., MULATU W., MAJIWA P.A.O., MASAKE R., PEREGRINE A.S., 1997. Long-term occurrence of *Trypanosoma congolense* resistant to diminazene, isometamidium and homidium in cattle at Ghibe, Ethiopia. *Acta Trop.*, **64**: 205-217.
13. MURRAY M., MURRAY P.K., MCINTYRE W.I.M., 1977. An improved parasitological technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **71**: 325-326.
14. NDOKI J.J.W., 1995. Rapport annuel 1994. Ngaoundere, Cameroun, Mission spéciale d'éradication des glossines, 77 p.
15. PEREGRINE A.S., 1994. Chemotherapy and delivery systems – haemoparasites. *Vet. Parasitol.*, **54**: 223-248.
16. ROGERS D.J., 1985. Trypanosomiasis 'risk' or 'challenge': a review. *Acta Trop.*, **42**: 5-23.
17. SARWISSI S., 1997. Rapport annuel 1996. Ngaoundere, Cameroun, Mission spéciale d'éradication des glossines, 52 p.
18. STACORP, 2003. STATA statistical software, Vers. 8.0. College Station, TX, USA, Stata Corp.
19. VAN HOEVE K., CUNNINGHAM M.P., 1964. Prophylactic activity of Berenil against trypanosomes in treated cattle. *Vet. Rec.*, **76**: 260.

Reçu le 28.04.2006, accepté le 22.01.2007

Summary

Mamoudou A., Zoli A., Tanenbe C., Andrikaye J.P., Bourdanne, Marcotty T., Delespaux V., Clausen P.-H., Geerts S. Assessment of the Resistance of Cattle Trypanosomes to Diminazene Aceturate and Isometamidium Chloride on the Adamawa Plateau in Cameroon Using a Field Test and a Test in Mice

Based on a survey in a few villages of the department of Faro et Deo, the village of Kontcha, where the highest trypanosomiasis prevalence (32.5%) was observed, was selected to evaluate the resistance of trypanosomes to diminazene and isometamidium. Two groups of 40 head of cattle each were treated on day 0 either with diminazene or with isometamidium. The animals were monitored every other week for a period of two months using the buffy coat technique to assess the level of parasitemia. The percentages of trypanosome infected animals in the groups treated with diminazene and isometamidium were 32.5 and 27.5%, respectively. The survival analysis and mean hazard ratio (1.38) suggested resistance to isometamidium and a reduced protective activity of this drug. Several animals treated with diminazene at 7 mg/kg tested positive two weeks after treatment, indicating a strong suspicion of resistance to this trypanocidal compound. These field results were corroborated by the standard mouse test using six *Trypanosoma congolense* isolates. Sensitivity tests using 1 mg/kg isometamidium chloride and 20 mg/kg diminazene aceturate showed that all isolates were resistant at least to one of the drugs, whereas four isolates were resistant to both drugs. This study shows for the first time the presence in Cameroon of drug-resistant trypanosome strains.

Keywords: Cattle – *Trypanosoma* – Antiprotozoal agent – Resistance to chemicals – Cameroon.

Resumen

Mamoudou A., Zoli A., Tanenbe C., Andrikaye J.P., Bourdanne, Marcotty T., Delespaux V., Clausen P.-H., Geerts S. Evaluación de campo y en ratones sobre la resistencia al aceturato de diminaceno y al cloruro de isometamidio de los tripanosomas de los bovinos en la meseta de Adamaua, Camerún

Después de una encuesta llevada a cabo en algunos pueblos del departamento de Faro y Deo, fue el pueblo de Kontcha, el cual que presentó la prevalencia más elevada para la tripanosomiasis (32,5%) el seleccionado para evaluar la resistencia de los tripanosomas al diminaceno y al isometamidio. Se trataron dos lotes de 40 bovinos al día 0, uno con diminaceno y el otro con isometamidio. El estatus parasitológico de estos dos lotes se evaluó cada dos semanas, utilizando la técnica del *buffy coat* y esto durante un periodo de dos meses. Cada animal diagnosticado positivo se trató con diminaceno. El porcentaje de animales infectados con tripanosomas fue de 32,5% en el lote tratado con diminaceno y de 27,5% en el lote tratado con isometamidio. El análisis de la sobrevida, así como la estimación del riesgo relativo (1,38) sugieren una resistencia al isometamidio y una disminución de la actividad profiláctica de este producto. Varios animales tratados con 7 mg/kg de diminaceno fueron diagnosticados positivos dos semanas después del tratamiento, lo que indica igualmente una fuerte sospecha de resistencia a este tripanocida. Estos resultados de campo se confirmaron mediante el test estándar sobre ratón, utilizando seis aislamientos de *Trypanosoma congolense* provenientes de los animales tratados. Estos aislamientos se examinaron con cloruro de isometamidio (1 mg/kg) y con aceturato de diminaceno (20 mg/kg), con el fin de establecer la sensibilidad. Todos los aislamientos fueron resistentes al menos a uno de los productos probados, mientras que cuatro de los aislamientos fueron resistentes a los dos productos. Este estudio demuestra, por la primera vez, la presencia en Camerún de cepas de tripanosomas resistentes a los tripanocidas.

Palabras clave: Ganado bovino – *Trypanosoma* – Medicamento contra protozoarios – Resistencia a productos químicos – Camerún.

Bulinus forskalii (Basommatophore : Planorbidae), nouvel hôte intermédiaire expérimental du trématode *Paramphistomum microbothrium* Fischoeder 1901

M.T. Seck¹* B. Marchand² C.T. Ba³ O.T. Diaw¹

Mots-clés

Bovin – *Bulinus forskalii* –
Paramphistomum microbothrium –
Infestation expérimentale – Sénégal.

Résumé

Cette étude a eu pour objectif une meilleure connaissance du cycle biologique de *Paramphistomum microbothrium* afin de développer des stratégies de lutte efficaces. Les spécimens adultes de *P. microbothrium* ont été récoltés vivants sur la muqueuse stomacale de bovins (*Bos taurus*) aux abattoirs de Kolda. Ils ont ensuite été placés dans des boîtes de Petri contenant de l'eau distillée pour la ponte. La plupart des œufs ont éclos au 19^e jour d'incubation pour donner des miracidiums qui ont été utilisés pour infester expérimentalement 75 *Bulinus forskalii* indemnes de toute infestation (nés et élevés au laboratoire). Les bulins ont commencé à produire des cercaires à partir de la quatrième semaine d'infestation. Le taux de réussite de l'infestation des *B. forskalii* a été de 34,67 p. 100 et le taux d'infestation réel de 35,29 p. 100. Les cercaires produites se sont enkystées en métacercaires qui ont été ingérées expérimentalement par quatre jeunes bovins faisant l'objet d'un suivi coprologique avant d'être sacrifiés. Les quatre bovins ont reçu chacun une dose unique de 500 métacercaires respectivement à 2, 3, 4 et 5 semaines de maturation. Aucun œuf de *P. microbothrium* n'a été trouvé dans les matières fécales des bovins durant les six mois de suivi. Les quatre bovins sacrifiés ont tous présenté dans le rumen des *P. microbothrium* adultes. Les taux de réussite ont été de 62,6, 69, 83,8 et 56,4 p. 100, respectivement pour les bovins infestés avec des métacercaires à 2, 3, 4 et 5 semaines de maturation. *B. forskalii* peut donc être considéré comme un bon hôte intermédiaire expérimental de *P. microbothrium*.

■ INTRODUCTION

Les trématodes ont un cycle biologique qui nécessite le passage obligatoire par un hôte intermédiaire, un mollusque gastéropode pulmoné d'eau douce. L'hôte définitif est un ruminant. Le maintien du cycle dans une région est lié à la présence simultanée dans l'eau, ou à son voisinage, de végétation, de mollusques et de bétail contaminé.

Les cycles biologiques de certains Paramphistomoidea ont été décrits. En Afrique, celui de *Cotylophoron cotylophorum* a été

décrit par Bennett (4) et Durie (10), celui de *Paramphistomum microbothrium* par Dinnik et Dinnik (8), celui de *Carmyerius exoporus* par Dinnik et Dinnik (9) et celui de *Paramphistomum togolense* par Albaret et coll. (2).

Paramphistomum microbothrium est transmis naturellement par *Bulinus truncatus*. *Bulinus forskalii* est l'hôte intermédiaire naturel de *Paramphistomum phillerouxi*, *P. togolense*, *Schistosoma bovis* et *Gastrodiscus aegyptiacus*. *B. forskalii* n'a jamais été signalé auparavant comme hôte intermédiaire de *P. microbothrium*. Dans la présente étude, les auteurs ont réalisé le cycle expérimental de *P. microbothrium* en utilisant comme hôte intermédiaire expérimental *Bulinus forskalii* et comme hôte définitif *Bos taurus*.

■ MATERIEL ET METHODES

Détermination des paramphistomes adultes

Des spécimens de paramphistomes adultes, récoltés vivants sur la muqueuse stomacale des bovins, ont été répartis en deux lots : un

1. Institut sénégalais de recherches agricoles/Laboratoire national d'élevage et de recherches vétérinaires, Hann, Dakar, Sénégal.

2. Laboratoire Parasites et Ecosystèmes méditerranéens, faculté des Sciences et Techniques, université de Corse, Corte, F-20250 France.

3. Laboratoire de Parasitologie-Helminthologie, département de Biologie animale, faculté des Sciences et Techniques, université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.

* Auteur pour la correspondance

Isra/Lnerv de Hann, BP 2057, Dakar, Sénégal.

Tél. : +221 559 30 36 ; fax : +221 832 36 79 ; e-mail : mtseck@hotmail.fr

premier pour la détermination et un second pour la réalisation du cycle expérimental. Le lot destiné à l'identification a été fixé dans de l'éthanol à 70°. Puis les échantillons ont été déshydratés par de l'éthanol absolu et du butanol. Après passage par la butyparaffine, ces parasites ont été inclus dans la paraffine. Des coupes sagittales sériées, de 7 µm d'épaisseur, étalées sur des lames porte-objets, ont été colorées à l'hématoxyline-éosine avant d'être examinées au microscope photonique. La détermination des paramphistomes a été faite en se basant sur les travaux de Fischoeder (13, 14), Näs-mark (20) et Eduardo (11, 12).

Récolte des œufs de paramphistomes et obtention des miracidiums

Les paramphistomes adultes vivants ont été placés dans des boîtes de Petri contenant de l'eau distillée. Après la ponte, les parasites ont été retirés, puis les œufs ont été incubés à l'obscurité pendant deux semaines. Afin d'éviter une éventuelle prolifération de protistes, qui auraient pu nuire au développement des œufs ou entraîner leur mort, l'eau a été renouvelée deux fois par semaine. A partir du 15^e jour d'incubation, les observations ont été quotidiennes. Lorsque les œufs ont été embryonnés, la boîte de Petri a été exposée à la lumière artificielle afin de favoriser la sortie des miracidiums.

Infestation des mollusques et obtention des cercaires et métacercaires

Des mollusques adultes récoltés dans des points d'eau situés dans la zone d'étude (région sud du Sénégal : Kolda) ont été identifiés au laboratoire en utilisant les critères de diagnose proposés par Mandal Barth (19) et Brown (5). Après détermination, ces mollusques ont d'abord été testés avant d'être mis en élevage dans des bacs contenant de l'eau distillée et de la salade séchée (support et aliment des mollusques). Après la ponte et l'éclosion des œufs, les jeunes mollusques ont été récupérés et élevés dans d'autres bacs jusqu'à l'âge adulte (45 jours). L'infestation a été faite en utilisant 75 de ces mollusques, indemnes de toute infestation, car nés et élevés au laboratoire. Dans un pilulier, un mollusque a été mis en contact avec deux à trois miracidiums sous la lumière pendant deux heures. Les mollusques ont ensuite été regroupés dans un bac d'élevage. Durant le cycle, tous les mollusques, soumis à l'infestation, morts ont été disséqués afin de vérifier leur statut parasitaire (présence ou absence de stades larvaires dans l'hépatopancréas).

A partir de la troisième semaine, les auteurs ont commencé à tester individuellement les mollusques. Le taux de réussite de l'infestation et le taux d'infestation réel des mollusques ont été calculés. Le taux de réussite exprimé en pourcentage a été le rapport du nombre de mollusques infestés (vivants et morts ayant eu un stade larvaire) sur le nombre de mollusques soumis à l'infestation. Le taux d'infestation réel a été le rapport du nombre de mollusques infestés ayant émis des cercaires sur le nombre de mollusques testés. Les mollusques infestés ont émis des cercaires qui se sont transformées en métacercaires. Ces dernières ont été conservées à 4 °C pour leur maturation dans des pots contenant de l'eau distillée. Puis elles ont été utilisées à différents âges pour l'infestation expérimentale des bovins.

Infestation des bovins et suivi coprologique

Quatre taurins Ndama ayant une moyenne d'âge de 30 mois ont été utilisés pour l'infestation expérimentale. Ces bovins étaient originaires d'un centre de recherches zootechniques où l'expérience a été menée. Ils étaient nés et ont été élevés dans ce centre en semi-stabulation. Ils n'ont pas fréquenté les points d'eau car ils ont été abreuvés à l'étable. Un cinquième animal du même âge et de même origine a été également utilisé comme témoin. Ces animaux ont été

déparasités (bithionol sulfoxide : Disto 5) à la dose de 60 mg/kg et vaccinés contre les principales maladies endémiques (pasteurellose et charbon).

Trois semaines après ces traitements, les quatre bovins ont été infestés avec une dose de 500 métacercaires par animal. Le premier a reçu des métacercaires à 2 semaines de maturation, le second à 3 semaines, le troisième à 4 semaines et le dernier à 5 semaines.

Un suivi coprologique des bovins a été mis en place. Un mois après l'infestation, des prélèvements de fèces ont été réalisés et répétés toutes les deux semaines. Les échantillons ont été analysés par la méthode de sédimentation (15). Les animaux ont été conduits au pâturage par un berger pendant la journée, dans des parcelles d'*Andropogon gayanus* clôturées et contrôlées pour prévenir l'introduction d'animaux étrangers. Le soir, ils ont été abreuvés à l'étable. Le témoin a également eu le même suivi et la même conduite.

■ RESULTATS

Détermination des paramphistomes

Les résultats des observations histologiques ont montré un corps conique courbé ventralement, avec une longueur moyenne de 7 mm et un diamètre moyen de 2,7 mm. Il n'y avait pas de poche ventrale. L'acetabulum, de type *Paramphistomum*, était terminal. Le rapport du diamètre de l'acetabulum sur la longueur du corps a été en moyenne de 1/3,17. Le pharynx, de type *Paramphistomum*, était simple, sans diverticule, avec absence également de bulbe pharyngien. Le rapport de la longueur du pharynx sur la longueur du corps a été de 1/7,65. Le rapport de la longueur du pharynx sur le diamètre de l'acetabulum a été de 1/2,43. Les deux testicules fortement lobés étaient en tandem. Les glandes vitellogènes étaient situées latéralement le long du corps. L'ovaire et la glande de Mehlis étaient posttesticulaires mais préacetabulaires. Le canal de Laurer croisait le canal excréteur. L'atrium génital était de type *microbothrium*. Ces différents caractères ont permis d'identifier les spécimens comme appartenant à l'espèce *Paramphistomum microbothrium*.

Obtention des miracidiums

Les parasites vivants (*P. microbothrium*) ont pondu un grand nombre d'œufs dans des boîtes de Petri contenant de l'eau distillée. Les œufs pondus n'ont pas été embryonnés. A partir du 15^e jour d'incubation, les miracidiums visibles à l'intérieur des œufs ont commencé à bouger. Ils ont éclos pour la plupart au 19^e jour.

Taux d'infestation des mollusques

Les spécimens appartenaient au genre *Bulinus* (coquille ovale, plus haute que large, ouverture senestre). Les mollusques utilisés ont été identifiés comme étant *Bulinus forskalii* (présence d'épaule les différenciant de *Bulinus senegalensis*). Durant le cycle, 49 mollusques sont morts dont 24 avant les tests d'infestation et 25 au cours des tests. Parmi ces mortalités, huit mollusques ont été positifs car ils ont présenté des stades larvaires de *P. microbothrium* à la suite des dissections. Les tests d'infestation ont porté sur 51 mollusques dont 18 ont émis des cercaires. Le taux de réussite de l'infestation a été de 34,7 p. 100 et le taux d'infestation réel de 35,3 p. 100 (tableau I).

Obtention des cercaires et métacercaires

Les cercaires émises par les mollusques infestés ont eu un corps globuleux et une queue effilée à leur extrémité postérieure. L'observation du corps au microscope photonique a été rendue difficile

Tableau I

Infestations expérimentales de *Bulinus forskalii* par des miracidiums de *Paramphistomum microbothrium*

Nb. de mollusques soumis à l'infestation par des miracidiums de <i>P. microbothrium</i>	Nb. de mollusques survivants et testés	Nb. de mollusques positifs (infestés)		Taux de réussite de l'infestation * (%)	Taux d'infestation réel ** (%)
		Nb. de mollusques vivants (ayant émis des cercaires)	Nb. de mollusques morts et disséqués (ayant un stade larvaire)		
75	51	18	8	34,7	35,3
		26			

* Pourcentage du nombre de mollusques positifs à l'infestation (vivants et morts) sur le nombre de mollusques soumis à l'infestation par des miracidiums de *Paramphistomum microbothrium*

** Pourcentage du nombre de mollusques positifs vivants ayant émis des cercaires sur le nombre de mollusques survivants et testés

par la présence de pigments. On y a distingué néanmoins deux petites taches oculaires. Les cercaires se sont enkystées au bout d'une demi-heure environ en métacercaires qui se sont fixées sur les supports utilisés. A l'œil nu, elles étaient très petites et de couleur noire très caractéristique.

Maturation des métacercaires et suivi de l'infestation des bovins

Les métacercaires ont été détachées de leur support et mises dans des boîtes contenant de l'eau distillée. Elles ont été ensuite stockées à 4 °C, pour leur maturation pendant 2, 3, 4 et 5 semaines, avant d'être utilisées pour l'infestation expérimentale des bovins.

Lors de l'infestation des bovins, les auteurs ont suivi l'évolution de la coprologie. Aucun œuf de *Paramphistomum* n'a été trouvé dans les matières fécales des bovins. Les cinq bovins ont été sacrifiés. Aucun paramphistome n'a été trouvé dans le rumen du bovin témoin. Le tableau II indique le nombre de paramphistomes adultes récoltés dans le rumen des animaux infestés et le taux de réussite de l'infestation des bovins. Les paramphistomes prélevés dans le rumen de ces différents animaux ont été soumis à une étude histologique ; ils ont eu sensiblement la même taille et ont été identifiés comme étant *Paramphistomum microbothrium*.

Tableau II

Variation du taux de réussite de l'infestation expérimentale des bovins en fonction de la durée de maturation des métacercaires

	Bovin 1	Bovin 2	Bovin 3	Bovin 4
Durée de maturation des métacercaires (semaines)	2	3	4	5
Nb. de métacercaires ingérés par bovin	500	500	500	500
Nb. de paramphistomes adultes récoltés après sacrifice	313	345	419	282
Taux de réussite de l'infestation des bovins (%)	62,6	69	83,8	56,4

Reproductibilité du cycle

Les paramphistomes adultes récoltés du rumen des bovins infestés ont été mis dans des boîtes de Petri contenant de l'eau distillée pendant deux heures. Un nombre important d'œufs a été pondu par ces paramphistomes. Les œufs incubés ont libéré au bout de 20 jours des miracidiums. Ces derniers pourraient être utilisés pour infester d'autres mollusques (*Bulinus forskalii*) pour la reproductibilité du cycle.

DISCUSSION

Obtention des miracidiums

Les œufs de *P. microbothrium* ont éclos pour la plupart au 19^e jour pour donner des miracidiums. D'autres études sur les Paramphistomoidea ont donné des durées d'incubation approximativement équivalentes. Grétilat (16) avec des œufs de *Carmyerius dollfusi* a obtenu des miracidiums entre 15 et 18 jours à 29-30 °C. Dinnik et Dinnik (9) ont obtenu expérimentalement des miracidiums de *Carmyerius exoporus* au bout de 15 jours. Des œufs de *Paramphistomum togolense* et *P. daubneyi* ont libéré des miracidiums respectivement au bout de 9 à 12 jours d'incubation (2) et 12 à 15 jours d'incubation à 27 °C (22). Ces faibles écarts sur la libération des miracidiums sont probablement liés à l'espèce et aux conditions expérimentales, en particulier à la température.

Taux d'infestation expérimentale et émission des cercaires

L'hôte intermédiaire expérimental utilisé a été *Bulinus forskalii*. Il est l'hôte intermédiaire naturel de *Paramphistomum phillerouxi*, *P. togolense*, *Schistosoma bovis* et *Gastrodiscus aegyptiacus*. *Paramphistomum microbothrium* est transmis naturellement par *Bulinus truncatus*. *Bulinus forskalii* a été infesté expérimentalement avec des miracidiums de *P. microbothrium*. *B. forskalii*, qui n'a jamais été signalé auparavant comme hôte intermédiaire de *P. microbothrium*, a émis des cercaires. Le taux de réussite de l'infestation des mollusques a été de 34,67 p. 100, et le taux d'infestation réel de 35,29 p. 100. *B. forskalii* peut être considéré comme un bon hôte intermédiaire expérimental de *P. microbothrium*. *B. forskalii* est donc compatible avec *P. microbothrium*. Certainement dans la nature, il y a des conditions écologiques qui bloquent l'infestation naturelle.

Les présents résultats sont différents de ceux obtenus par Dinnik (7) dont les essais d'infestation expérimentale de *B. forskalii* avec des miracidiums de *P. microbothrium* se sont avérés négatifs.

D'autres auteurs (1, 6, 17, 21) ont mené avec succès des essais d'infestation expérimentale de mollusques jamais signalés comme hébergeant des cercaires d'un trématode considéré. Kechemir (18) a obtenu un taux d'infestation de 36 p. 100 en réalisant l'infestation expérimentale d'un d'hôte intermédiaire naturel (miracidiums de *P. microbothrium* et *B. truncatus*). Ce taux est sensiblement égal à celui obtenu dans la présente étude en infestant *B. forskalii*.

B. forskalii a commencé à produire des cercaires à partir du 28^e jour après l'infestation. Kechemir (18) a observé le début de l'émission des cercaires à partir du 36^e jour après l'infestation. Cette différence peut être fonction de conditions extérieures comme la température, etc. En revanche, d'autres infestations expérimentales ont donné des durées sensiblement égales. C'est le cas d'Albaret et coll. (2) qui ont obtenu les premières cercaires 26 jours après l'infestation de *B. forskalii* avec des miracidiums de *P. togolense*.

Maturation des métacercaires, infestation et sacrifice des bovins

La maturation des métacercaires a été faite à 4 °C. A partir de deux semaines, les métacercaires étaient déjà matures et aptes à être utilisées pour l'infestation des bovins.

Le taux de réussite de l'infestation expérimentale des bovins (pourcentage du nombre de paramphistomes adultes récoltés sur le nombre de métacercaires données par bovins) a été proportionnel à l'âge de maturation des métacercaires jusqu'à quatre semaines. A la cinquième semaine, le nombre de parasites adultes obtenus a considérablement diminué. La quatrième semaine peut être considérée comme l'âge de référence pour la maturation des métacercaires permettant d'obtenir un taux de réussite optimum.

Les taux de réussite obtenus ont été supérieurs à ceux d'autres auteurs. Arfaa (3) a eu un taux de réussite de 10,87 p. 100 en infestant un jeune agneau avec des métacercaires de *P. microbothrium*

qui ont mûri pendant 20 jours. Albaret et coll. (2) ont obtenu un taux de 30,67 p. 100 en infestant un mouton avec des métacercaires à cinq semaines de maturation. Sey (22) a obtenu un taux de réussite de 35,7 p. 100 sur une chèvre infestée avec des métacercaires de *P. daubneyi* à deux semaines de maturation. Ces différences pourraient être liées à l'espèce de parasite, au type d'hôte définitif, mais surtout à l'âge de maturation des métacercaires.

Suivi de l'infestation des bovins

La coprologie réalisée sur les bovins infestés a été négative pendant les six mois de suivi. En revanche, les autopsies ont montré la présence de paramphistomes adultes dans le rumen des animaux. Ces parasites mis dans des boîtes de Petri contenant de l'eau distillée ont pondu des œufs. Ceci pose le problème de fiabilité du diagnostic coprologique de la paramphistomose en particulier et des trématodoses en général. De plus, si la coprologie donne des résultats positifs (2, 16, 17), les œufs sont trouvés dans les matières fécales des animaux à partir du troisième mois d'infestation. Cette ponte faible et tardive pose le problème du diagnostic pour une intervention rapide, d'où la nécessité de développer un test plus opérationnel (test Elisa).

■ CONCLUSION

A partir de deux semaines, les métacercaires étaient déjà mûres et aptes à infester des animaux. Le taux de réussite de l'infestation des bovins a été proportionnel à l'âge de maturation des métacercaires jusqu'à la quatrième semaine. Cette dernière peut être considérée comme l'âge de référence pour avoir un taux de réussite optimum. *B. forskalii* peut être considéré comme un bon hôte intermédiaire expérimental de *P. microbothrium*. D'autres études permettraient d'élucider le temps de maturation des métacercaires de moins de deux semaines et de plus de cinq semaines.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABROUS M., DREYFUSS G., RONDELAUD D., 1999. L'aptitude de huit espèces de mollusques aquatiques à assurer le développement larvaire de *Paramphistomum daubneyi* Dinnik lors d'une infestation monospécifique ou d'une co-infestation avec *Fasciola hepatica* Linné. *Revue Méd. vét.*, **150** : 727-732.
2. ALBARET J.L., BAYSSADE-DUFOUR C., GUILHON J., KULO S.D., PICOT H., 1978. Cycle biologique de *Paramphistomum togolense* n. sp. (Trematoda, Paramphistomidae). *Annal. Parasitol. Hum. comp.*, **53** : 495-510.
3. ARFAA F., 1962. A study on *Paramphistomum microbothrium* in Khuzistan S.W. Iran. *Annal. Parasitol. Hum. comp.*, **37** : 549-555.
4. BENNETT H.J., 1936. The life story of *Cotylophoron cotylophorum*, a trematod from ruminants. *Biol. Monogr. Urbana.*, **14** : 1-119.
5. BROWN S.D., 1980. Fresh water snails of Africa and their medical importance. London, UK, Taylor and Francis, 47 p.
6. DINNIK J.A., 1964. *Paramphistomum sukumum* sp. nov. and other stomach flukes in the Sukunmaland area of the Lake region, Tanganyka. *Parasitology*, **54** : 201-209.
7. DINNIK J.A., 1965. The snails hosts of certain Paramphistomidae and Gastrothylacidae (Trematoda) discovered by the late Dr P. L. Leroux in Africa. *J. Helminth.*, **39** : 141-150.
8. DINNIK J.A., DINNIK N.N., 1954. The life cycle of *Paramphistomum microbothrium* Fiscoeder, 1901 (Trematoda, Paramphistomidae). *Parasitology*, **44** : 225-299.

9. DINNIK J.A., DINNIK N.N., 1960. Development of *Carmyerius exoporus* Maplestone (Trematoda: Gastrothylacidae) in a snail host. *Parasitology*, **50** : 469-480.
10. DURIE P.H., 1949. A preliminary note on the life cycle of *Paramphistomum cotylophorum* (Fiscoeder 1901) and *P. cervi* (Schränk, 1970) (Trematode: Paramphistomatidae). *Aust. vet. J.*, **25** : 209.
11. EDUARDO S.L., 1982. The taxonomy of the family Paramphistomidae Fiscoeder, 1901 with special reference to the morphology of species occurring in ruminants. I. General considerations. *Syst. Parasitol.*, **4** : 7-57.
12. EDUARDO S.L., 1982. The taxonomy of the family Paramphistomidae Fiscoeder, 1901 with special reference to the morphology of species occurring in ruminants. II. Revision of the genus *Paramphistomum* Fiscoeder, 1901. *Syst. Parasitol.*, **4** : 189-238.
13. FISCHOEDER F., 1901. Die Paramphistomiden der Säugethiere. *Zool. Anz.*, **24** : 365-375.
14. FISCHODER F., 1901. Die Paramphistomiden der Säugethiere. *Zool. Jahrb. Abt. Syst.*, **17** : 485-660.
15. GRABER M., PERROTIN C., 1983. Helminthes et helminthoses des ruminants domestiques d'Afrique tropicale. Maisons-Alfort, France, Editions du point vétérinaire, 378 p.
16. GRETILLAT S., 1959. Recherche sur le cycle évolutif de *Carmyerius dollfusi* Golvan, Chabaud et Grétilat 1957 (Trematoda, Gastrothylacidae) à Madagascar. *C. R. Séances Acad. Sci.*, **248** : 1873-1875.

17. GRETILLAT S., 1960. Cycle évolutif de *Carmerius dollfusi* Golvan, Chabaud et Grétilat, 1957. Premières recherches. Formes larvaires et hôtes intermédiaires. Epidémiologie de la gastrotylose bovine à Madagascar. *Annal. Parasitol. Hum. comp.*, **36** : 45-64.
18. KECHEMIR N., 1988. Description et cycle de *Paramphistomum microbothrium* Fischoeder, 1901 (Trematoda, Paramphistomidae) en Algérie. *Arch. Inst. Pasteur Algérie*, **56** : 147-159.
19. MANDAL BARTH G., 1973. A field guide of African freshwater snails. 1. West African species (Senegal, Nigeria). Charlattenlund, Denmark, WHO Snails Identification Center, Danish Bilharziosis Laboratory, 29 p.

20. NASMARK K.E., 1937. A revision of the trematode family Paramphistomidae. *Inaug. Dissert. Zool. Bidr. Uppsala*, **16**: 301-566.
21. PROD'HON J., RICHARD J., BRYGOO E.R., DAYNES P., 1968. Présence de *Paramphistomum microbothrium* Fischoeder, 1901 à Madagascar. *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, **37** : 27-30.
22. SEY O., 1979. Life-cycle and geographical distribution of *Paramphistomum daubneyi* Dinnik, 1962 (Trematoda: Paramphistomata). *Acta vet. Acad. Sci. Hung.*, **27**: 115-130.

Reçu le 11.10.2006, accepté le 16.05.2007

Summary

Seck M.T., Marchand B., Ba C.T., Diaw O.T. *Bulinus forskalii* (Basommatophore: Planorbidae), New Experimental Intermediate Host of Trematoda *Paramphistomum microbothrium* Fischoeder 1901

The objective of this study was to gain a better knowledge of the biological cycle of *Paramphistomum microbothrium* in order to develop effective control strategies. The adult specimens of *P. microbothrium* were gathered alive from the stomach mucous membrane of cattle (*Bos taurus*) at Kolda slaughterhouses. Then they were put in Petri dishes containing distilled water for egg laying. The majority of eggs hatched at day 19 and gave miracidia which were used to infest artificially 75 infestation-free *Bulinus forskalii* (hatched and raised in the laboratory). These started to produce cercariae four weeks after infestation. The success rate of *Bulinus forskalii* infestation was 34.67% and the real percentage of infestation was 35.29%. The produced cercariae were encysted in metacercariae before being given to four young cattle, which were subjected to fecal samplings and, later, sacrificed for postmortem examination. Each animal received a single dose of 500 metacercariae at 2, 3, 4 and 5 weeks of maturation, respectively. No eggs of *P. microbothrium* were found in the feces of the animals during the six months of postinfection monitoring. Adult forms of *P. microbothrium* were found in the rumen of the four sacrificed cattle. Success rates were 62.6, 69.0, 83.8 and 56.4% for cattle infested with metacercariae aged 2, 3, 4 and 5 weeks after maturation, respectively. *B. forskalii* can thus be considered as a good experimental intermediate host of *P. microbothrium*.

Keywords: Cattle – *Bulinus forskalii* – *Paramphistomum microbothrium* – Experimental infestation – Senegal.

Resumen

Seck M.T., Marchand B., Ba C.T., Diaw O.T. *Bulinus forskalii* (Basommatophore: Planorbidae), nuevo huésped intermediario experimental del trematodo *Paramphistomum microbothrium* Fischoeder 1901

El presente estudio tiene como objetivo alcanzar un mejor conocimiento del ciclo biológico del *Paramphistomum microbothrium*, con el fin de desarrollar estrategias de lucha eficaces. Los especímenes adultos de *P. microbothrium* se recolectaron vivos sobre la mucosa estomacal de bovinos (*Bos taurus*) en los mataderos de Kolda. Seguidamente se colocaron en placas de Petri, conteniendo agua destilada para la postura. La mayoría de los huevos eclosionaron al día 19 de incubación para dar miracidios, los cuáles fueron utilizados para infestar experimentalmente 75 *Bulinus forskalii* indemnes de toda infestación (nacidos y criados en el laboratorio). Los bulinos comenzaron a producir cercarias a partir de la cuarta semana de infestación. La tasa de éxito de la infestación de las *B. forskalii* fue de 34,67% y la tasa de infestación real fue de 35,29%. Las cercarias producidas se enquistaron en metacercarias, las cuáles fueron ingeridas experimentalmente por cuatro jóvenes bovinos, los cuales se siguieron coprológicamente antes de ser sacrificados. Cada uno de los cuatro bovinos recibió una dosis única de 500 metacercarias respectivamente a 2, 3, 4 y 5 semanas de maduración. No se encontró ningún huevo de *P. microbothrium* en la materia fecal de los bovinos durante los seis meses de seguimiento. Los cuatro bovinos sacrificados presentaron todos en el rumen *P. microbothrium* adultos. Las tasas de éxito fueron de 62,6, 69, 83,8 y 56,4% respectivamente para los bovinos infestados con metacercarias a 2, 3, 4 y 5 semanas de maduración. *B. forskalii* puede entonces considerarse como un buen huésped intermediario experimental de *P. microbothrium*.

Palabras clave: Bovino – *Bulinus forskalii* – *Paramphistomum microbothrium* – Infección experimental – Senegal.

Parasitisme interne du mouton de race Ouled Djellal en zone semi-aride d'Algérie

A. Boulkaboul^{1*} K. Moulaye¹

Mots-clés

Ovin Ouled Djellal – Nematoda – Coccidia – Cestoda – Fèces – Zone semi-aride – Algérie.

Résumé

Une étude du parasitisme interne a été réalisée chez des ovins de race Ouled Djellal infestés naturellement dans une région semi-aride d'Algérie (Tiaret). Des coprosopies effectuées pendant l'année 2004 sur 423 ovins ont révélé un taux global d'infestation de 78,9 p. 100 et ont permis d'identifier des cestodes (*Moniezia* spp., *Avitellina* sp.), des coccidies (*Eimeria* spp.) et des nématodes dont des strongles respiratoires (*Dictyocaulus* sp., *Muellerius* sp., *Protostrongylus* sp.). Le parasitisme a été saisonnier pour tous les parasites. Les coccidies ont été plus présentes chez les jeunes (n = 164), avec une prévalence de 44,5 p. 100. Chez les brebis (n = 240), l'infestation par les strongles digestifs a été la plus élevée (70,4 p. 100), avec un pic en mars et en novembre. Les strongles suivants ont été identifiés : *Trichuris ovis* (5,8 p. 100), *Marshallagia marshalli* (28,3 p. 100) et *Nematodirus* spp. (27 p. 100). Les autres strongles, dont certains genres/espèces ont été identifiés par coproculture, ont eu une prévalence de 56,6 p. 100. *M. marshalli* et *Nematodirus* spp. ont eu une évolution remarquablement similaire, mais d'un niveau plus faible que celle des autres strongles. L'excrétion des œufs de strongles par gramme de fèces (opg) a présenté deux pics dont le plus élevé (moyenne de 1 081 opg) s'est produit en novembre (période d'agnelage), en raison, probablement, du phénomène d'augmentation des opg lors du péripartum. Globalement, le parasitisme lié aux strongles a été modéré, malgré sa prédominance. La prévalence des opg individuels inférieurs à 500 a été de 74,1 p. 100, celle des opg supérieurs ou égaux à 1 000 n'a été que de 14 p. 100 et la moyenne mensuelle d'opg n'a dépassé ce seuil qu'en novembre. Outre les conditions climatiques, l'implication de certains facteurs, tels que la nature du couvert végétal de la région et la race ovine, mérite investigation. Pour la prophylaxie, deux traitements anthelminthiques au cours de l'année (printemps et automne) doivent être suffisants.

■ INTRODUCTION

Le parasitisme interne, largement connu chez le bétail, fait intervenir divers parasites à l'origine de pathologies endémiques, sources de pertes par le retard de croissance, la chute des productions en viande, en lait, en laine, et par la mortalité (16, 27).

En Algérie, les parasites internes des ruminants domestiques identifiés macroscopiquement sont essentiellement partagés entre des nématodes (22 genres), des cestodes (9 genres) et des trématodes (3 genres) (28).

Le cheptel ovin domine l'élevage avec un effectif d'environ 18,7 millions de têtes (ministère de l'Agriculture, 2004), en majorité concentré dans la zone des hautes plaines steppiques du Sud, où la wilaya (province) de Tiaret représente un important carrefour. Le parasitisme interne y constitue un obstacle à son développement, d'autant plus que le suivi sanitaire et zootechnique est insuffisant. Dans cette région, les parasites en cause sont principalement des découvertes d'abattoir où ont été recensés *Cysticercus tenuicollis*, *Echinococcus granulosus*, *Coenurus cerebralis*, *Fasciola hepatica*, *Sarcocystis* sp. et *Dictyocaulus filaria*, alors que peu d'intérêt est porté aux autres parasites des appareils respiratoire et digestif (6).

Une enquête antérieure réalisée auprès de vétérinaires et d'éleveurs de la région a révélé que des traitements de routine sont effectués en général deux à trois fois par an, sans aucun contrôle coprologique préalable. Ce travail tente donc de mettre en lumière la situation réelle du parasitisme interne des ovins de cette région, relatif

1. Université Ibn Khaldoun, département des Sciences vétérinaires, Tiaret, Algérie.

* Auteur pour la correspondance

2, rue du vieux palais, Alger 16000, Algérie.

E-mail : b_boukabal@yahoo.fr

plus particulièrement aux strongles, qui permettrait notamment de rationaliser l'utilisation des anthelminthiques, afin de repousser tant que possible le développement d'une résistance inévitable chez les parasites (26), comme cela a été rapporté pour les strongles digestifs chez des chevaux de la région (7).

■ MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

La région de Tiaret en Algérie appartient à la zone des hauts-plateaux, intercalée entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien, à une altitude moyenne de 1 000 m. C'est une région semi-aride, à vocation agropastorale, caractérisée par la céréaliculture et par un élevage ovin dominant. Ce dernier compte un cheptel de 800 000 têtes, principalement de races Ouled Djellal, Hamra et Rumbi (15). Le climat y est rigoureux, avec une saison hivernale courte et froide, une saison chaude longue et sèche, ainsi qu'une pluviométrie limitée, de l'ordre de 350 à 400 mm/an (figure 1).

Animaux

L'étude a concerné des ovins de race Ouled Djellal, excellente race à viande, adaptée aux zones arides (15), dominante dans la région. Les éleveurs pratiquent un élevage extensif à semi-extensif ; les ovins profitent de pâturages offerts par des grands parcours à plantes steppiques, dont l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*), l'alfa (*Stipa tenacissima*), le diss (*Ampelodesmos tenax*) et le senagh (*Lygeum spartum*), ainsi que par des prairies annuelles, composées de diverses graminées, crucifères et légumineuses. En été, les animaux paissent sur les chaumes de céréales, mais en hiver l'apport en supplément alimentaire est rarement assuré.

Les animaux sont laissés à l'extérieur pendant la journée durant la grande partie de l'année. En hiver, ils ne sont gardés complètement en bergerie que pour une période limitée, selon les conditions météorologiques.

Des traitements anthelminthiques de groupe, sans distinction entre jeunes et adultes, sont effectués généralement en début de printemps et d'automne. Néanmoins, certains éleveurs ne font réaliser aucun traitement, en raison du coût des produits.

La race Ouled Djellal est dessaisonnée ; les béliers sont en permanence dans les troupeaux et la lutte est libre. Les agnelages ont lieu en majorité en plein automne mais débutent dès septembre. Les jeunes et les adultes utilisent les mêmes pâturages.

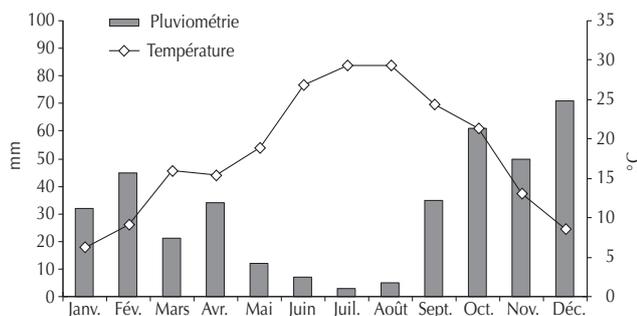


Figure 1 : données climatiques (pluviométrie, température) de la wilaya de Tiaret (Algérie) relatives à l'année 2004 (station météorologique de Ain Bouchekif, Tiaret).

Etude du parasitisme

Le manque de collaboration de la plupart des éleveurs qui ne souhaitaient pas que leur cheptel soit contrôlé plusieurs fois dans l'année (bien qu'il leur ait été proposé un traitement anthelminthique gratuit) a conduit les auteurs à visiter une seule fois un total de 32 fermes privées, réparties sur les différents points cardinaux de la région.

Les sujets, appartenant aux deux sexes, ont été choisis au hasard parmi des animaux âgés de cinq mois et plus, infestés naturellement au pâturage et non traités aux anthelminthiques depuis huit semaines. Les prélèvements de fèces ont été réalisés au cours de toute l'année 2004, une à deux fois par semaine, sur une dizaine d'individus à la fois, à l'aide de gants en plastique dans le rectum de chaque animal.

L'analyse coprologique a été réalisée au laboratoire de parasitologie de l'université de Tiaret le jour même des prélèvements. Les méthodes utilisées ont été les suivantes : la technique qualitative par flottaison en tube au moyen d'une solution saline saturée, de densité 1,2 ; la technique quantitative à l'aide d'une lame McMaster à deux chambres (Verrerie Dumas, Noisay, France), au seuil de 50 œufs/gramme de fèces (opg) et la coproculture en boîte de Petri à 24 °C pendant 10 jours (37).

La technique de flottaison utilisée pour la détection des cas positifs permet de retrouver des nématodes (œufs et larves), des cestodes (œufs) et des coccidies (oocystes) (17, 23), identifiés par leurs caractères morphologiques respectifs. Dans le cas des nématodes, l'identification des larves L3 obtenues par coproculture a été basée sur les clefs de Nicé (29), RVC-FAO (33) et Audebert et coll. (3), pour *Nematodirus* spp. en particulier. L'observation a été réalisée à l'aide d'un microscope doté d'un objectif à micromètre étalonné.

Analyse des données

En vue de l'étude parasitologique, l'échantillon de moutons contrôlés a été séparé en deux classes d'âge : les jeunes, d'un âge inférieur à un an, et les adultes.

Les calculs statistiques (écart-type, comparaison de moyennes et de pourcentages, test t et corrélation) ont été effectués à l'aide du logiciel Microsoft Excel (vers. 2000) et du logiciel Statistica (vers. 1997, StatSoft, Tulsa, OK, USA) ($p < 0,05$).

■ RESULTATS

Le nombre total de moutons contrôlés a été de 423 têtes, composé de 19 béliers, 240 brebis et 164 jeunes. L'effectif de moutons parasités a été de 334, donnant un taux global d'infestation de 78,9 p. 100, pour les parasites étudiés. Les béliers, en raison de leur faible effectif, ont été exclus du reste de l'étude.

Le parasitisme a eu un net caractère saisonnier. Il a été multiple, partagé entre des coccidies (*Eimeria* spp.), des cestodes (*Moniezia expansa*, *Moniezia benedeni*, *Avitellina centripunctata*), des nématodes du tube digestif (*Marshallagia marshalli*, *Nematodirus spathiger*, *Nematodirus filicolis*, *Nematodirus battus*, *Teladorsagia* sp., *Trichostrongylus* sp., *Haemonchus* sp., *Cooperia* sp., *Bunostomum* sp., *Chabertia* sp., *Trichuris ovis*), et des nématodes de l'appareil respiratoire (*Dictyocaulus filaria*, *Protostrongylus rufescens*, *Muellerius capillaris*).

La prévalence globale a été de 9,2 p. 100 pour les nématodes de l'appareil respiratoire, dominés par *D. filaria*. Ce taux a dû être sous-estimé du fait de la moindre efficacité de la technique de flottaison par rapport à celle de Baermann. Les prévalences des autres

parasites chez les brebis et les jeunes ovins sont présentées dans le tableau I.

Les nématodes du tube digestif ont été essentiellement des strongles. Des coprocultures de 14 échantillons des mois d'octobre et de novembre ont permis d'identifier, après comptage de 50 larves par échantillon : *Teladorsagia* et *Marshallagia* sp. (29 p. 100), *Chabertia* et *Oesophagostomum* sp. (21 p. 100), *Haemonchus* sp. (16 p. 100), *Trichostrongylus* sp. (15 p. 100), *Bunostomum* sp. (13 p. 100) et *Cooperia* sp. (6 p. 100). Cependant, à cause de la ressemblance des œufs de ces différents nématodes à l'examen coproscopique, les auteurs les ont désignés sous le terme de « autres strongles digestifs » (asd) par rapport aux genres *Nematodirus*, *Marshallagia* et *Trichuris*.

Les asd ont été dominants dans les deux classes d'âge des ovins (tableau I) ; seules des coprocultures quantitatives mensuelles et des autopsies à l'abattoir permettraient de déterminer de façon plus précise les espèces dominantes. Les œufs de *N. battus* (sept cas seulement) ont été observés irrégulièrement entre septembre et février.

Le taux d'infestation des brebis par les strongles (correspondant à celui des nématodes digestifs) a présenté deux pics, le premier en mars (77,7 p. 100), le second, relativement plus prononcé, en

novembre (96,6 p. 100) (figure 2). L'effectif des jeunes ovins contrôlés a été assez faible à certaines périodes (< 10 sujets/mois) pour permettre une réelle appréciation de l'évolution du parasitisme ; néanmoins, deux pics ont également été relevés (figure 3).

La morphologie caractéristique des œufs des strongles des genres *Marshallagia* et *Nematodirus* a permis d'en suivre le parasitisme par rapport à celui des asd (figure 4) chez les brebis dont l'effectif a été le plus élevé.

La figure 5 montre en détail l'évolution des opg des strongles digestifs au cours de l'année 2004. C'est au cours du mois de novembre que l'excrétion fécale des œufs a été la plus élevée, avec un maximum individuel de 7 250 opg chez une brebis, tous nématodes confondus. Au niveau spécifique, les valeurs maximales ont été observées en novembre pour *N. spathiger* (450 opg), *M. marshalli* (400 opg) et les asd (6 000 opg), mais en décembre pour *T. ovis* (1 650 opg).

Sur les 257 ovins parasités par des nématodes, la prévalence des cas d'opg individuels inférieurs à 500 a été de 74,1 p. 100, celle des opg individuels supérieurs ou égaux à 1 000 (seuil généralement admis pour les infestations importantes) n'a été que de 14 p. 100 et la moyenne mensuelle d'opg n'a dépassé ce seuil qu'en novembre chez les deux classes d'âges considérées.

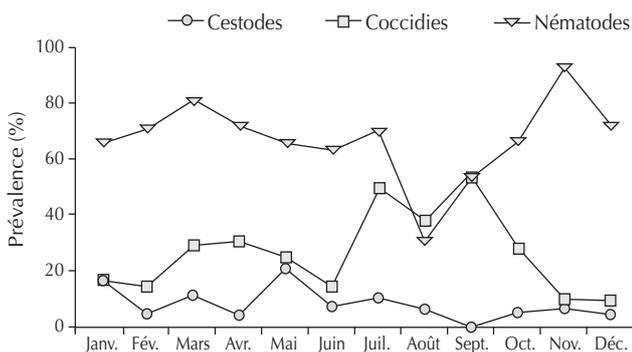


Figure 2 : évolution de l'infestation des brebis de race Ouled Djellal (âge > 1 an) par des parasites internes pendant l'année 2004 dans la région de Tiaret (Algérie). Taux des prévalences mensuelles relatives aux coccidies, cestodes et nématodes sur un effectif de 240 sujets contrôlés.

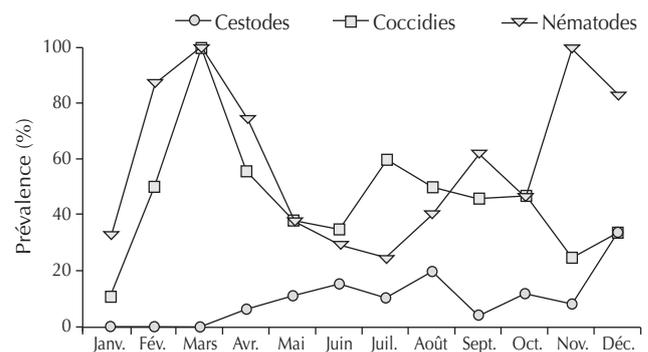


Figure 3 : évolution de l'infestation des jeunes ovins de race Ouled Djellal (âge < 1 an) par des parasites internes pendant l'année 2004 dans la région de Tiaret (Algérie). Taux des prévalences mensuelles relatives aux coccidies, cestodes et nématodes sur un effectif de 164 sujets contrôlés.

Tableau I

Prévalences des parasites gastro-intestinaux identifiés chez les brebis (> 1 an) et les jeunes ovins (5 à 12 mois) de race Ouled Djellal de la région de Tiaret (Algérie) au cours de l'année 2004

	Prévalences (%)						
	Coccidies	Cestodes	Nématodes			Tous strongles digestifs	
			<i>Nematodirus</i> spp.	<i>Marshallagia marshalli</i>	<i>Trichuris ovis</i>		
Brebis (n = 240)	24,1	8,3	27	28,3	5,8	56,6	70,4
Jeunes (n = 164)	44,5	9,7	25,6	21,3	6	42	53,6

ASD = autres strongles digestifs

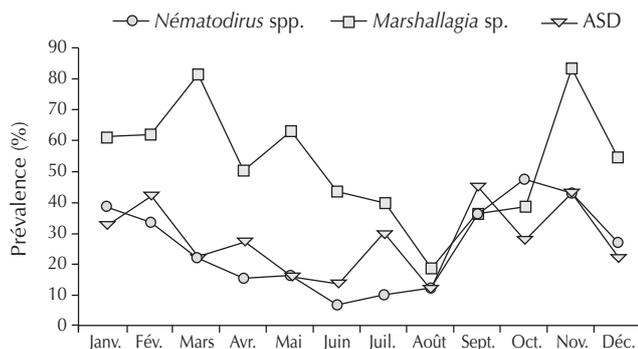


Figure 4 : évolution de l'infestation des brebis de race Ouled Djellal (âge > 1 an) par les strongles digestifs pendant l'année 2004 dans la région de Tiaret (Algérie). Taux de leurs prévalences relatives sur un effectif de 240 sujets contrôlés. ASD = autres strongles digestifs.

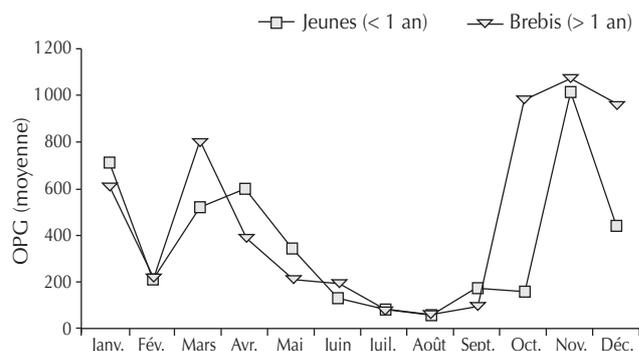


Figure 5 : évolution des niveaux moyens d'excrétion fécale des œufs (opg) des strongles digestifs chez les brebis ($n = 240$) et les jeunes ovins ($n = 164$) de race Ouled Djellal de la région de Tiaret (Algérie), infestés naturellement pendant l'année 2004.

L'infestation par les cestodes adultes a été faible dans les deux classes d'âge (8,3 – 9,7 p. 100), mais plus durable chez les brebis (figure 2). Parmi les deux espèces dominantes, *Moniezia expansa* a été environ trois fois plus fréquente que *M. benedeni*.

Chez les jeunes, l'infestation par les coccidies a été importante (44,5 p. 100), avec une élévation apparente en début de printemps (figure 3). Les espèces n'ont pas été identifiées.

■ DISCUSSION

Le taux d'infestation globale de 78,9 p. 100 a reflété une certaine importance du parasitisme interne des ovins de race Ouled Djellal dans la région de Tiaret. Il s'agissait d'un polyparasitisme à évolution saisonnière.

Les cestodes adultes ont été peu représentés dans les deux classes d'âge des ovins par rapport aux nématodes. Dans l'étude de Bendine et Zahor (6), basée sur des autopsies et des coproscopies, effectuée dans la même région sur 133 moutons, mais limitée à trois mois, leur prévalence a été de 20 p. 100, où seul le genre *Moniezia* a été cité. Cette faible prévalence devait être en relation avec le cycle indirect et la courte longévité des parasites (37) qui diminuent les possibilités de réinfestation, mais aussi avec la nature de l'échantillon étudié ici (âge ≥ 5 mois), l'immunité acquise avec ce dernier étant un facteur limitant. Ceci pourrait expliquer aussi l'absence de *Strongyloides papillosus* dans l'échantillon étudié (14).

En revanche, le parasitisme coccidien, non étudié auparavant dans la région, a été relativement important chez les jeunes (44,5 p. 100) et non négligeable chez les brebis (24,1 p. 100). Les coccidies ont un cycle direct et leurs oocystes sont très résistants dans le milieu après sporulation à la faveur d'une température et d'un taux d'humidité élevés (14). La contamination est facilement assurée chez des animaux confinés dans des bergeries mal entretenues, comme c'était le cas dans la présente étude. Ces parasites ont dû jouer un rôle dans les nombreux cas de mortalité observés chez les agneaux dans la région suite à des syndromes diarrhéiques (25), d'où la nécessité de traitements adéquats.

Le taux d'infestation par les nématodes, dont la grande part revenait aux strongles digestifs, n'a pas été très élevé (53,6 p. 100 chez les jeunes et 70,4 p. 100 chez les brebis). Dans l'étude de Bendine et Zahor (6), il a été de 70 p. 100. Dans certaines régions

d'Afrique, il peut atteindre 89 à 100 p. 100 des moutons (1, 5, 31). Le présent échantillon de moutons comprenait peu de sujets très jeunes, plus prédisposés au parasitisme.

L'infestation a été caractérisée par deux pics, avec une certaine recrudescence à partir de l'automne. Cet état devait être dû à un effet cumulatif en rapport avec une infestation précoce en fin d'hiver et de nouvelles contaminations au cours du printemps, en particulier chez les brebis et les agneaux. Dans la région de Tiaret les mises bas ont lieu au printemps et surtout en automne. L'exposition des ovins, favorisée par les conditions climatiques, est alors maximale. Cette situation est retrouvée par ailleurs au Maroc (32).

La coprologie quantitative est considérée fiable, sa corrélation significative avec le degré d'infestation des ovins par des strongles digestifs a été rapportée (11). Dans la région de Tiaret, les moyennes d'excrétion fécale mensuelles maximales ont été de 1 081 opg chez les brebis et de 1 020 opg chez les jeunes, assez faibles comparées au taux dépassant 8 600 opg dans l'étude d'Abebe et Esayas (1) dans une zone semi-aride d'Éthiopie. Sur toute l'année, les opg de tous les ovins infestés ont été 1,6 fois moins élevés que ceux relevés dans la région de Rabat au Maroc (32).

Comme les taux d'infestation, ceux des opg ont été les plus élevés en période froide ; l'indice a montré, chez les brebis comme chez les jeunes, une évolution inversement corrélée avec la température ($r = -0,69$ à $-0,8$, $p < 0,05$), mais positivement corrélée avec la pluviométrie ($r = 0,34$ à $0,62$, $p < 0,05$), situation relevée aussi dans d'autres régions d'Afrique (31). C'est donc cette période qui devait être la plus favorable au parasitisme. Par ailleurs, les ovins étaient alors très affaiblis à cause de la disette de la saison précédente et le phénomène d'augmentation des opg lors du péripartum devait intervenir fortement chez les brebis (8, 13).

Les valeurs d'opg varient en fonction de la fertilité des femelles de strongles : 250 œufs/jour chez *Nematodirus* sp., et plus de 10 000 œufs/jour chez *Haemonchus*, par exemple (Veterinary Parasitology Vph603, Laboratory manual 2005, School of Veterinary Medicine, University of Pennsylvania, PA, USA). Dans les infestations ovines mixtes, Kingbury (24) et Tarazona (36) considèrent un taux individuel d'excrétion de 2 000 opg comme moyen. La faible fréquence des taux individuels d'opg supérieurs ou égaux à 1 000 observée au cours de l'année (14 p. 100 des cas positifs) permet donc de déduire que les infestations strongyliennes chez les ovins ont été modérées dans la région et qu'il était inutile de les déparasiter dans

certain cas (opg < 500) (38). Cette situation devait être fonction, entre autres, des conditions climatiques rigoureuses qui ont un effet limitant sur le développement des stades larvaires dans le milieu. Ainsi, à partir de mai jusqu'en septembre, puis en février, les opg ont été significativement faibles.

Malgré ce que montre la figure 5, la différence des moyennes d'opg entre novembre ($1\ 081 \pm 1\ 547$) et mars (811 ± 666) chez les brebis n'a pas été significative ($p > 0,05$). Il existe plusieurs facteurs qui peuvent faire varier les intensités d'excrétion fécale au niveau individuel (la période, le lieu, l'état sanitaire de l'animal, la conduite de l'élevage).

Le manque d'homogénéité des âges des ovins contrôlés n'a pas permis de déterminer de façon significative les catégories ayant le plus fort taux d'excrétion fécale des œufs de strongles (10, 20). C'est pendant le pic de novembre que les opg spécifiques maximaux ont été relevés, sauf chez *T. ovis* (en décembre). Les conditions écologiques de la région devaient être peu favorables à cette espèce qui n'a été identifiée que chez 5,8 à 6 p. 100 des ovins.

Bendine et Zahor (6) ont obtenu pour cette espèce, après analyse coprologique par la méthode de sédimentation, une prévalence de 11,6 p. 100. Les infestations devaient être rares à cause de son cycle évolutif qui peut durer jusqu'à deux mois (17) et l'exigence d'une importante humidité pour les œufs (14), tout en tenant compte de la rareté de ces parasites eux-mêmes dans le gros intestin.

Les opg individuels qui ont atteint un maximum de 6 000 parmi les asd devaient être probablement liés à la présence de strongles à prolificité élevée tels que *Haemonchus*, ou *Chabertia* et *Oesophagostomum* (12), comme l'ont révélé les coprocultures d'octobre et de novembre.

L'infestation des brebis par *M. marshalli* et *Nematodirus* spp. a été très similaire, calquée sur celle des autres strongles, mais à des taux mensuels toujours plus faibles. Il y a eu une certaine corrélation entre eux : $r = 0,66$ chez les brebis, et $r = 0,75$ chez les jeunes, avec $p < 0,05$. Ils devaient donc avoir les mêmes caractères évolutifs dans la région, malgré le développement exogène plus long des larves chez *Nematodirus* (37). Dans l'étude de Bendine et Zahor (6), leurs prévalences respectives ont été de 30 et 48 p. 100, relativement proches des présents résultats.

L'infestation des jeunes par *M. marshalli* a semblé plus faible que chez les brebis, mais statistiquement il n'y a pas eu de différence significative.

Malgré la prévalence modérée et les faibles taux d'excrétion fécale des œufs chez *Nematodirus* spp. par rapport aux autres strongles, ces parasites doivent avoir des charges importantes chez les animaux. Ainsi Niven et coll. (30) ont trouvé qu'un taux de 200 opg correspondait à une charge de 6 000 vers. Ils doivent être considérés comme dangereux, notamment pour les agneaux chez lesquels leur pathogénicité peut être forte (10, 38).

Chez les brebis, l'infestation par les strongles a régressé à partir de décembre jusqu'en février, le froid hivernal limitant le déplacement des animaux, qui sont gardés en bergerie, et entraînant des pertes chez les parasites aux différents stades exogènes (œufs, larves). De même, chez les sujets déjà parasités, il devait y avoir une baisse de la fertilité chez les femelles de strongles et une éventuelle hypobiose (de faible ampleur et de courte durée), qui dépend en partie de la température ambiante subie par les larves (9). L'hypobiose permettrait d'expliquer la remontée subite des taux d'infestation et des opg au mois de mars, où la température redevient douce.

La chute des opg à partir d'avril dans le cas des brebis a paru très précoce, au vu des conditions climatiques encore favorables au

parasitisme. Cela pouvait être en rapport avec des traitements antérieurs aux avermectines, de plus en plus utilisées en raison de leur large spectre et leur rémanence assez importante (35), ou bien avec un meilleur état de protection immunitaire chez les animaux (34) qui pâturent des pâturages de bonne qualité en cette période.

La chute du parasitisme stronglyien en été dans les deux classes d'âge des ovins, malgré la baisse de leur état de santé par malnutrition et sa reprise d'automne, suggère une hypobiose estivale chez la plupart des strongles, comme cela a été déjà décrit ailleurs pour la saison (18, 21, 32).

Il a été ainsi possible de déterminer de façon plus précise les moments les plus critiques de l'année relatifs au parasitisme interne des ovins de la région, où les traitements anthelminthiques étaient surtout effectués au cours du printemps. Contre les strongles, il est donc suggéré deux déparasitages préventifs par an, au début des mois de mars et d'octobre, à partir d'un certain niveau d'infestation (opg > 500) afin de contrôler le parasitisme et d'éviter le développement d'une résistance chez les parasites (20). Selon le principe des traitements dits ciblés (20) qui sont plus économiques, des traitements anthelminthiques peuvent être recommandés chez les brebis vers la fin de la gravidité, et chez les agneaux après le sevrage, l'immunité contre les strongles se développant par la suite (14, 37, 38).

Des études ont relevé l'influence de certaines plantes sur l'infestation des animaux par les strongles ou sur la fertilité de ces derniers (2, 19, 22), ainsi qu'une résistance naturelle aux nématodes chez certaines races ovines (34, 39). Outre les conditions climatiques de la région, certaines plantes steppiques, qui constituent une base importante de l'alimentation du cheptel sur les parcours, ou des aptitudes génétiques chez la race Ouled Djellal pourraient jouer un rôle dans la relative limitation du parasitisme stronglyien, méritant que des études soient entreprises à leur sujet.

■ CONCLUSION

L'étude a révélé que le parasitisme interne des ovins de race Ouled Djellal en région semi-aride d'Algérie était permanent et multiple. Il avait une évolution saisonnière marquée et était dominé par des strongles digestifs, parmi lesquels étaient souvent présents ceux des genres *Marshallagia* et *Nematodirus*. La présence fréquente de coccidies et, à moindre degré, de cestodes adultes, surtout en saison chaude, induit une adaptation des traitements prophylactiques, notamment chez les agneaux.

La coprologie quantitative a montré un intérêt et aurait permis d'éviter des traitements inutiles, le niveau d'excrétion fécale des œufs de strongles ayant été très inférieur à 1 000 opg dans de nombreux cas. Elle a révélé que le parasitisme était important à partir de l'automne, alors que les traitements étaient plus fréquemment effectués au printemps.

Bien que la majorité des ovins aient été parasités, les opg globalement peu importants au cours de l'année ont indiqué que les ovins étaient généralement en équilibre avec les strongles, à la faveur des conditions géoclimatiques et/ou zootechniques de la région. Cependant, ils sont demeurés exposés à un déséquilibre en faveur des parasites à certaines occasions (période de disette ou de mise bas). Des traitements saisonniers plutôt individuels devraient donc être entrepris avant les pics observés chez les brebis gravides et les agneaux après le sevrage pour une meilleure efficacité. Les rôles éventuels de la végétation autochtone et de la race ovine dans la limitation du parasitisme, du moins relatif aux strongles, seraient intéressants à évaluer.

Remerciements

Nous remercions tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce travail, en particulier Dr S. Aïssat, vétérinaire inspecteur, Dr A. Aït Amar, vétérinaire privé, et M. B. Azzouzi du département des Sciences agronomiques de l'université de Tiaret. Nous remercions également Dr J. Cabaret et Dr D. Kerboeuf pour leur accueil à l'unité Bioagresseurs de l'Inra-Nouzilly, France, et leur aide dans la diagnose des strongles.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABEBE W., ESAYAS G., 2001. Survey of ovine and caprine gastro-intestinal helminthosis in eastern part of Ethiopia during the dry season of the year. *Revue Méd. vét.*, **152**: 379-384.
2. AKROUT A., 2004. Etude des huiles essentielles de quelques plantes pastorales de la région de Matmata (Tunisie). In : Ferchichi A., Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieu méditerranéens. Paris, France, Ciheam-lamz, p. 289-292.
3. AUDEBERT F., CASSONE J., KERBOEUF D., DURETTE-DESSET M.C., 2004. Development of *Nematodirus spathiger* (Nematoda, Molineoidea) in the rabbit and comparison with other *Nematodirus* spp. parasites of ruminants. *Parasitol. Res.*, **94**: 112-117.
4. BARGER I.A., MILLER J.E., KLEI T.R., 1999. The role of epidemiological knowledge and grazing management for helminth control in small ruminants. *Int. J. Parasitol.*, **29**: 41-47.
5. BASTIAENSEN P., DORNY P., BATAWUI K., BOUKAYA A., NAPALA A., HENDRICKX G., 2003. Parasitisme des petits ruminants dans la zone périurbaine de Sokodé, Togo. I. Ovins. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **56**: 43-50.
6. BENDINE T., ZAHOR Z., 1988. Les infestations parasitaires chez les petits ruminants dans la région de Tiaret. Mémoire TSHA, université de Tiaret, Algérie, 60 p.
7. BOULKABOUL A., BOUAKKAZ A., KERBOEUF D., 2006. Détection d'une résistance aux benzimidazoles chez les strongles digestifs du cheval en Algérie. *Revue Méd. vét.*, **157**: 59-64.
8. BRUNSDON R.V., 1970. The spring-rise phenomenon: seasonal changes in the worm burdens of breeding ewes and in the availability of pasture infection. *N.Z. Vet. J.*, **18**: 47-54.
9. CABARET J., 1977. Inhibition du développement larvaire des strongles gastro-intestinaux des ruminants domestiques, conséquences épidémiologiques. *Rec. Méd. vét.*, **153**: 419-427.
10. CABARET J., 2004. Parasitisme helminthique en élevage biologique ovin : réalités et moyens de contrôle. *Prod. Anim.*, **17**: 145-154.
11. CABARET J., GASNIER N., JACQUIET P., 1998. Faecal egg counts are representative of digestive-tract strongyle worm burdens in sheep and goats. *Parasite*, **5**: 137-142.
12. CABARET J., OUHELLI H., 1984. Fertilité des strongles parasites du tube digestif des ovins dans les conditions naturelles. *Revue Méd. vét.*, **135**: 627-633.
13. CHARTIER C., HOSTE H., BOUQUET W., MALPAUX B., PORS I., KOCH C., 1998. Periparturient rise in fecal egg counts associated with prolactin concentration increase in French Alpine dairy goats. *Parasitol. Res.*, **84**: 806-810.
14. CHARTIER C., ITARD J., MOREL P.-C., TRONCY P.-M., 2000. Précis de parasitologie vétérinaire tropicale. Paris, France, Editions Tec. & Doc. Lavoisier, 773 p.
15. CHELLIG R., 1992. Les races ovines algériennes. Alger, Algérie, Office des publications universitaires, 80 p.
16. COOP R.L., HOLMES P.H., 1996. Nutrition and parasite interaction. *Int. J. Parasitol.*, **26**: 951-962.
17. FOREYT W.J., 2001. Veterinary parasitology. Reference manual, 5th Edn. Ames, IA, USA, Iowa State University Press, 235 p.
18. GIBBS H.A., 1986. Hypobiosis in parasitic nematodes – an update. *Adv. Parasitol.*, **25**: 129-174.
19. GITHIORI J.B., 2004. Evaluation of anthelmintic properties of ethnoveterinary plant preparations used as livestock dewormers by pastoralists and small holder farmers in Kenya. Doct. thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 72 p.
20. HOSTE H., CHARTIER C., LE FRILEUX Y., 2002. Control of gastrointestinal parasitism with nematodes in dairy goats by treating the host category at risk. *Vet. Res.*, **33**: 531-545.
21. HOSTE H., LE FRILEUX Y., POMMARET A., GRUNER L., VAN QUACKEBEKE E., KOCH C., 1999. Importance du parasitisme par des strongles gastro-intestinaux chez les chèvres laitières dans le Sud-Est de la France. *Prod. Anim.*, **12**: 377-389.
22. IDRIS U.E., ADAM S.E., TARTOUR G., 1982. The anthelmintic efficacy of *Artemisia herba alba* against *Haemonchus contortus* infection in goats. *Natl Inst. Anim. Health Q.* (Tokyo), **22**: 138-143.
23. KAUFMANN J., 1996. Parasitic infections of domestic animals. A diagnostic manual. Basel, Switzerland, Birkhäuser Verlag, 423 p.
24. KINGBURY P.A., 1965. Relationship between egg counts and worm burdens of young sheep. *Vet. Rec.*, **77**: 900-901.
25. KORNI R., 2004. Les pathologies néonatales ovines à Tiaret et Relizane. Mémoire Doct. vét., université Ibn Khaldoun, Tiaret, Algérie, 55 p.
26. LLOYD S., SOULSBY E.J.L., 1998. Is anthelmintic resistance inevitable? Back to basics. *Equine vet. J.*, **30**: 280-283.
27. MCLEOD R.S., 1995. Cost of major parasites to the Australian livestock industries. *Int. J. Parasitol.*, **25**: 1363-1367.
28. MEKHANCHA F., 1988. Etude bibliographique de la taxonomie des helminthes parasites des ruminants domestiques existant en Algérie. Mémoire Doct. vét., ISV, Constantine, Algérie, 89 p.
29. NIEC R., 1968. Cultivo e identificación de larvas infectantes de nematodes gastrointestinales del bovino y ovino. Manual técnico n° 3. Buenos Aires, Argentina, INTA, 37 p.
30. NIVEN P., ANDERSON N., VIZARD A.L., 2002. Trichostrongylid infections in sheep after rainfall during summer in southern Australia. *Aust. Vet. J.*, **80**: 567-570.
31. OUATTARA L., DORCHIES P.H., 2001. Helminthes gastro-intestinaux des moutons et chèvres en zones sub-humide et sahélienne du Burkina Faso. *Revue Méd. vét.*, **152**: 165-170.
32. PANDEY V.S., OUHELLI H., DAKKAK A., CABARET J., 1990. Epidemiology of gastrointestinal helminths of sheep in the Rabat area of Morocco. *Ann. Rech. vét.*, **21**: 259-266.
33. RVC-FAO, 2004. The RVC/FAO guide to veterinary diagnostic parasitology. Part 1 Ruminants. <http://www.fao.org/ag/againfo/resources/documents/Parasitology/RuminantL3/Introduction.htm>. Consulté le 08/11/2004.
34. STEAR M.J., WAKELIN D., 1998. Genetic resistance to parasite infection. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **17**: 143-153.
35. SUAREZ V.H., 2002. Helminthic control on grazing ruminants and environmental risks in South America. *Vet. Res.*, **33**: 563-573.
36. TARAZONA J.M., 1986. A method for the interpretation of parasite egg counts. *Vet. Parasitol.*, **22**: 113-119.
37. URQUHART G.M., ARMOUR J., DUNCAN J.L., DUNN A.M., JENNING F.W., 1996. Veterinary parasitology, 2nd Edn. Oxford, UK, Blackwell Science, 292 p.
38. VLASSOFF A., LEATHWICK D.M., HEATH A.C.G., 2001. The epidemiology of nematode infections of sheep. *N.Z. Vet. J.*, **49**: 213-221.
39. WOOLASTON R.R., BAKER R.L., 1996. Prospects of breeding small ruminants for resistance to internal parasites. *Int. J. Parasitol.*, **26**: 845-855.

Reçu le 10.01.2006, accepté le 06.03.2007

Summary

Boukhaboul A., Moulaye K. Internal Parasites in Algerian Arab Sheep in a Semiarid Area of Algeria

A study of internal parasites was performed on an Algerian Arab sheep breed (Ouled Djellal) naturally infected in a semi-arid area of Algeria (Tiaret). Fecal examinations carried out on 423 sheep during the year 2004 revealed a global infection rate of 78.9% and the presence of cestodes (*Moniezia* spp., *Avitellina* sp.), coccidia (*Eimeria* spp.), and nematodes including lungworms (*Dictyocaulus* sp., *Muellerius* sp., *Protostrongylus* sp.). The parasitism pattern was seasonal for all parasites. Coccidia were more present in lambs (n = 164), with a prevalence of 44.5%. The strongyle infection was highest (70.4%) in ewes (n = 240), with a peak in March and November. The following strongyles were identified: *Trichuris ovis* (5.8%), *Marshallagia marshalli* (28.3%) and *Nematodirus* spp. (27%). The other strongyles, of which some genera/species were identified by fecal culture, had a prevalence of 56.6%. *M. marshalli* and *Nematodirus* spp. had a remarkably similar evolution, but at a lower level than that of other strongyles. The fecal egg count (EPG, i.e. eggs/gram of feces) showed two peaks; the highest (average of 1081 EPGs) occurred in November (lambing period) and was probably linked to the periparturient rise. Generally, the strongyle infection was moderate even though it was predominant. The prevalence of individual and under 500 EPGs was 74.1%, that of over or equal to 1000 EPGs was 14%, and the EPG monthly average exceeded this threshold in November only. Besides climatic conditions, the implication of some factors, such as the grazed vegetation type in the area and sheep breed, deserve investigation. For disease control, two anthelmintic treatments (in spring and fall) may be sufficient.

Keywords: Ouled Djellal sheep – Nematoda – Coccidia – Cestoda – Feces – Semiarid zone – Algeria.

Resumen

Boukhaboul A., Moulaye K. Parásitos internos del ovino de raza Ouled Djellal en zona semi árida de Argelia

Se realizó un estudio sobre los parásitos internos en los ovinos de raza Ouled Djellal infestados naturalmente en una región semi árida de Argelia (Tiaret). Los exámenes coprológicos efectuados durante el año 2004 en 423 ovinos revelaron una tasa global de infestación de 78,9% y permitieron la identificación de céstodos (*Moniezia* spp., *Avitellina* sp.), coccidios (*Eimeria* spp.) y nemátodos, incluyendo estróngilos respiratorios (*Dictyocaulus* sp., *Muellerius* sp., *Protostrongylus* sp.). El parasitismo fue estacional para todos los parásitos. Las coccidiosis fueron las más presentes en los jóvenes (n = 164), con una prevalencia de 44,5%. En la oveja (n = 240), la infestación por estróngilos digestivos fue la más elevada (70,4%), con un pico en marzo y otro en noviembre. Se identificaron los siguientes estróngilos : *Trichuris ovis* (5,8%), *Marshallagia marshalli* (28,3%) y *Nematodirus* spp. (27%). Los otros estróngilos, de los cuáles algunos géneros/especies fueron identificados por cultivo coprológico presentaron una prevalencia de 56,6%. *M. marshalli* y *Nematodirus* spp. presentaron una evolución notablemente similar, pero de un nivel más bajo que los otros estróngilos. La excreción de los huevos de estróngilos por gramo de heces (opg) presentó dos picos, siendo el más elevado (promedio de 1081 opg) en noviembre (período de partos), ligado probablemente al fenómeno del aumento de opg en el momento del peri parto. Globalmente, el parasitismo ligado a los estróngilos fue moderado, a pesar de su predominancia. La prevalencia de opg individuales inferiores a 500 fue de 74,1%, la de opg superiores o iguales a 1000 fue solamente de 14% y el promedio mensual de opg sólo sobrepasó este límite en noviembre. Aparte de las condiciones climáticas, la implicación de ciertos factores, tales como la naturaleza de la cobertura vegetal de la región y la raza ovina, ameritan investigación. Para la profilaxis, dos tratamientos anti helmínticos durante el año (primavera y otoño) deberían bastar.

Palabras clave: Ovino Ouled Djellal – Nematoda – Coccidia – Cestoda – Heces – Zona semiárida – Argelia.

Activités de pâturage, biodiversité et végétation pastorale dans la zone Ouest du Burkina Faso

E. Botoni/Liehoun^{1*} P. Daget² J. César³

Mots-clés

Bovin – Biodiversité – Végétation – Savane – *Detarium microcarpum* – Dynamique des populations – Pâturage – Burkina Faso.

Résumé

L'évolution de la biodiversité végétale en fonction de trois niveaux de pression foncière et pastorale (faible, modérée, forte) a été étudiée sur des parcours communautaires de la région subhumide du Burkina Faso. L'étude a été conduite sur des faciès de savanes arbustives à *Detarium microcarpum*. Ces savanes, très familières dans les paysages végétaux pâturés de la région, sont considérées comme un faciès de dégradation des formations originelles de la région. L'étude met en évidence une augmentation de la biodiversité avec l'augmentation de l'anthropisation et de la pression pastorale. Cette biodiversité élevée s'accompagne toutefois d'une dégradation de la valeur pastorale de la végétation. La production de biomasse et la valeur pastorale baissent de plus de la moitié en cas de pression pastorale forte. La part consommable de la biomasse est également très affectée car celle des espèces considérées comme fourragères médiocres atteint 34 à 68 p. 100 de la biomasse évaluée.

■ INTRODUCTION

La zone cotonnière du Burkina Faso et également, il semblerait, la sous-région où elle se trouve sont confrontées à une réduction des parcours naturels, consécutive à une augmentation rapide des mises en culture. Ces régions connaissent également une forte augmentation des effectifs de cheptel bovin à la suite de la sédentarisation des pasteurs et du développement de l'élevage chez les agriculteurs (20, 21, 22, 26). Il en résulte une double pression agricole et pastorale sur les terres. En effet, l'augmentation de l'emprise agricole par la mise en culture des savanes jusque-là inexploitées pose avec acuité la question de la gestion durable des terres et d'une exploitation raisonnée de la biodiversité (1). Le concept englobe différentes échelles biologiques (du gène à l'écosystème, en passant par l'espèce), spatiales, et des dimensions écologiques fonctionnelles et structurelles (6, 28). De manière plus pragmatique, la biodiversité mesure l'hétérogénéité globale d'un ensemble

dénombrable dont les éléments peuvent être regroupés en catégories, donc d'un ensemble partitionnable (29). Le maintien de cette biodiversité est au cœur des questions de développement durable. Ainsi, l'un des défis pour le pâturage des animaux domestiques est d'assurer le maintien de cette biodiversité et l'intégrité des paysages pastoraux (4). Toutefois, l'action anthropique et, en particulier, l'impact de la pâture sur la biodiversité végétale sont assez controversés (2, 14, 18, 27). Ils sont tantôt considérés comme un facteur favorable à l'augmentation de la biodiversité, tantôt comme un facteur d'homogénéisation de la flore et des paysages. Les auteurs qui ont abordé la question recommandent la prudence, car l'impact du pâturage est à moduler en fonction de plusieurs paramètres : la zone agroclimatique, la pression anthropique globale, l'intensité du pâturage, la saison de pâture, etc. (8, 9).

L'objectif de la présente étude a été de comprendre et d'analyser le mécanisme d'évolution des végétations pâturées dans le contexte de forte pression foncière et pastorale qui prévaut dans les zones cotonnières de l'ouest du Burkina Faso, et d'en déduire les conséquences pour l'élevage dont l'alimentation est encore largement dépendante des parcours communautaires. L'accent a été porté sur la diversité spécifique à l'échelle des communautés végétales (6, 7, 10) et tout particulièrement sur l'analyse de la strate herbacée qui fournit l'essentiel de l'alimentation des ruminants domestiques dans cette région. Les herbacées ont également une valeur indicatrice plus pertinente que les ligneux pour révéler les déséquilibres provoqués par l'action humaine (9).

1. Inera Farako-Bâ, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

2. Cirad, URP Pastoralisme, Montpellier, F-34000 France ; Cnrs, Montpellier, F-34000 France.

3. Cirad, URP Pastoralisme, Montpellier, F-34000 France ; Cirades, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

*Auteur pour la correspondance

Inera Farako-Bâ, BP 910 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

E-mail : edwigebot@hotmail.com

■ MATERIEL ET METHODES

Sites d'étude

L'étude a été menée dans trois terroirs présentant un gradient de pression foncière et pastorale. Ils se situent en zone sud-soudanienne à l'ouest du Burkina Faso. C'est la partie la plus arrosée du pays avec des précipitations qui varient de 900 à 1 200 mm de pluie. La végétation actuelle se compose essentiellement de formations savaniques à *Vitellaria paradoxa* et andropogonées vivaces. Elle est fortement modifiée par les activités anthropiques.

Le terroir d'Ouara, dans les anciens fronts pionniers de migration, est situé en pleine zone cotonnière. Avec un taux d'occupation agricole évalué à 47 p. 100 en 1998, ce terroir est représentatif des dynamiques agraires dans la zone cotonnière du Burkina Faso. Les pressions foncière et animale y sont fortes (tableau I). Les dynamiques agraires observées dans ce terroir se généralisent dans toute la région Ouest. Cette situation est consécutive au glissement des courants migratoires de populations et des aires d'élevage vers de nouveaux fronts pionniers qui se situent actuellement dans l'extrême sud-ouest du pays. A cet égard, ce terroir constitue un observatoire pour une analyse critique des interactions élevage et biodiversité. Les sols du terroir sont de type ferrugineux tropical lessivé induré. Dans l'ensemble, ce sont des sols peu profonds, la carapace apparaissant à 30–35 cm. Ils ont une texture sablo-limoneuse en surface (0–12/19 cm) (23).

Le terroir de Torokoro est représentatif des nouveaux fronts pionniers dans la partie méridionale du pays où convergent éleveurs et migrants agricoles à la recherche de terres et de pâturages. Le taux d'occupation agricole était encore faible dans l'ensemble : 17 p. 100 en 1998. La densité de population et du cheptel était plus faible qu'à Ouara (tableau I). Les stations étudiées se développent sur des sols à texture semblable à ceux d'Ouara mais localement plus profonds.

Le troisième site, la zone de pâture de Tierkoura, est exclusivement réservé à l'élevage. Jusqu'à une date récente, la forte infestation glossinaire interdisait son utilisation. Suite à des actions d'assainissement, son exploitation est réglementée depuis 2001. Le mode de gestion expérimenté prévoit un accueil de 90 p. 100 des animaux des terroirs riverains pendant la période agricole, soit du 15 mai au 1^{er} février. De mai à novembre 2001, la zone avait accueilli environ 5 100 bovins (soit une charge de 1,26 UBT/ha)*. Comme dans les deux autres sites, la station étudiée se trouve sur des sols peu profonds à texture sablo-limoneuse.

Enquêtes phyto-écologiques

L'impact des troupeaux domestiques sur la flore et la végétation des parcours communautaires est difficile à quantifier en condition réelle (multifonctionnalité des espaces, impossibilité de connaître les charges animales réelles à cause des fluctuations saisonnières des effectifs, etc.). A l'instar d'autres auteurs, on admet que les évolutions constatées à un moment donné sont la résultante de facteurs écologiques (sols, climat) et d'une action combinée de plusieurs facteurs anthropiques dont certains sont localement déterminants dans les processus d'évolution. Pour apprécier l'importance de la pression foncière, deux critères ont été considérés :

– la densité de population ; elle était relativement plus forte à Ouara (57 habitants/km²) par rapport à Torokoro (11 habitants/km²) ; dans la zone de pâture de Tierkoura, elle ne faisait l'objet d'aucune occupation humaine à l'exception, temporaire, des pasteurs ;

* UBT : unité bovin tropical, un animal adulte pesant 250 kg ; bovin = 0,75 UBT ; caprin et ovin = 0,1 UBT.

Tableau I

Quelques caractéristiques des sites

	Terroir d'Ouara	Terroir de Torokoro	Zone pastorale de Tierkoura
Superficie (en hectares)	7 966	16 190	4 000
Taux d'occupation agricole	47 %	17 %	0
Densité de population (habitants/km ²)	57	11	0
Charge animale (UBT*)	2 361	1 467	3 825
Densité animale UBT/ha	0,31	0,09	1,26

* 1 bovin = 0,75 UBT ; 1 ovin ou un caprin = 0,1 UBT

– le taux d'occupation agricole ; il était important à Ouara (47 p. 100), faible à Torokoro (17 p. 100) et nul dans la zone de pâture qui ne faisait l'objet d'aucune mise en culture.

L'intensité de la pression de pâture a été appréciée sur la base de deux critères :

– la charge animale présente ; elle était élevée à Ouara (0,31 UBT/ha), faible à Torokoro (0,09 UBT/ha), élevée mais ponctuelle dans la zone de pâture de Tierkoura (1,26 UBT/ha) ;

– l'ancienneté de l'utilisation pastorale ; l'augmentation des effectifs de cheptels, consécutive à l'installation des éleveurs à Ouara, date du milieu des années 1970, alors qu'elle est récente pour Torokoro (milieu des années 1995). La zone de pâture de Tierkoura n'a été réellement exploitée qu'à partir de 2001.

Des critères précédents, trois niveaux de perturbation ont été déduits :

– le niveau 1, où la pression foncière a été nulle et la pression pastorale élevée mais ponctuelle ; la pression anthropique globale sur les pâturages a été considérée comme faible ; c'était la situation de la zone pastorale de Tierkoura exclusivement réservée au pâturage ;

– le niveau 2, où la pression foncière a été faible associée à une pression pastorale modérée ; la pression anthropique globale sur les pâturages a été considérée comme modérée ; c'était la situation du terroir de Torokoro ;

– le niveau 3, où la pression foncière a été forte associée à une pression pastorale également forte ; la pression anthropique globale sur les pâturages a été considérée comme forte ; le terroir d'Ouara était représentatif de cette situation.

Selon une approche synchronique, des faciès de savanes arbustives à *Detarium microcarpum* ont été étudiés. *D. microcarpum* est un arbuste classé comme plante envahissante à l'origine de l'embroussaillage des pâturages soudanais (3). Ces savanes sont considérées comme un faciès de dégradation des formations originales de la région. Elles sont très familières dans les paysages végétaux pâturés et existent un peu partout à l'état de jachère ou de formations naturelles. Elles sont régulièrement parcourues par les feux de brousse qui sont un facteur anthropique commun à toutes ces savanes. Les termes de formations naturelles sont abusivement utilisés, car les phytogéographes qui ont étudié les savanes africaines argumentent qu'elles ont été, à un moment donné de leur existence, exploitées par l'homme. Dans le cas présent, ces termes sont utilisés pour désigner toutes les formations qui n'ont subi que

des perturbations mineures, en particulier celles qui n'ont pas fait l'objet de défrichement de mémoire d'homme.

Les relevés de végétation ont été effectués de la mi-septembre à début novembre 2002. Six stations de 2 500 m² chacune (50 m x 50 m) ont été étudiées : deux stations de savanes naturelles, dont l'une dans la zone de pâture de Tierkoura (savane naturelle 1) et l'autre à Torokoro (savane naturelle 2), et quatre anciennes jachères de plus de 15 ans, dont l'une à Torokoro (jachère 1) et les trois autres à Ouara (jachère 2, jachère 3 et jachère 4). Le tableau II donne la répartition de ces stations en fonction de l'intensité de la pression foncière et pastorale. Dans chacune des stations, une placette de 16 m² (4 m x 4 m) a été mise en défens pour l'étude de la strate herbacée. La taille des placettes a été choisie en fonction de l'aire minimale pour la strate ligneuse et herbacée dans les savanes soudanaises (30, 33).

La composition floristique et l'organisation spatiale du tapis herbacé ont été étudiées par la méthode des points quadrats (11). La liste floristique a été complétée par l'inventaire des espèces non recensées sur la ligne de lecture. Chaque placette a été ensuite fauchée et triée en deux catégories fourragères : les graminées (vivaces et annuelles) et les autres espèces (herbacées diverses et cypéracées). La biomasse a été séchée à l'air libre, puis à l'étuve pour la détermination du taux de matière sèche (MS). Quant à la strate ligneuse, des comptages ont été effectués en fonction des strates : la strate des buissons, des régénérations et des petits arbustes

(moins de 2 m de hauteur), la strate des arbustes et des jeunes arbres (2-5 m), et la strate des arbres (plus de 5 m de hauteur).

La biodiversité de la flore a été approchée à partir de la richesse floristique. La diversité- α correspondait au nombre d'espèces inventoriées dans une station donnée (6, 7, 32). La comparaison des flores interstationnelle (diversité- γ) a été calculée grâce à la distance de Hamming (10). Elle s'écrit $H = 1 - J$ où J est le coefficient de communauté de Jaccard (24) égal au rapport du nombre d'espèces communes entre deux relevés.

On retient les échelles de valeurs suivantes : différence floristique très faible pour $H < 20$; faible pour $20 \leq H < 40$; moyenne pour $40 \leq H < 60$; forte pour $60 \leq H < 80$; très forte pour $80 \leq H$.

La diversité de la végétation a été calculée à l'aide de l'indice de Shannon (31) :

$$H = -\sum(P_i \log_2 P_i)$$

avec P_i = probabilité de rencontrer l'espèce i et exprimé par la contribution spécifique de l'espèce. Cet indice varie de zéro (une seule espèce) à $\log_2 N$ (lorsque toutes les espèces ont la même abondance). De façon générale, plus il y a d'espèces avec une abondance voisine, plus la diversité est élevée.

■ RESULTATS

Impact du pâturage sur la richesse floristique et le spectre fourrager

Les stations les plus anthropisées et qui subissaient en outre une forte pression pastorale (niveau 3), en l'occurrence les jachères anciennes d'Ouara, avaient la plus grande richesse floristique. En moyenne 76 espèces ont été recensées à Ouara contre 56 à Torokoro et 42 en zone pastorale (figure 1a). La différence floristique entre stations a surtout été remarquable au niveau de la flore herbacée.

Quatre catégories d'espèces ont été retenues pour caractériser le spectre fourrager et rendre compte de la répartition des espèces en fonction de leur intérêt fourrager : (i) les graminées vivaces qui, en dehors de conditions édaphiques particulières, dominent dans les savanes sud-soudanienne en équilibre ; (ii) les graminées annuelles qui s'installent dans les premiers stades postcultureux ou dans des conditions édaphiques particulières ; (iii) les herbacées

Tableau II

Répartition des stations en fonction de l'intensité de la pression foncière et de pâturage

	Pression anthropique globale		
	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Savanes naturelles	1	1	0
Jachères	0	1	3
Total stations	1	2	3

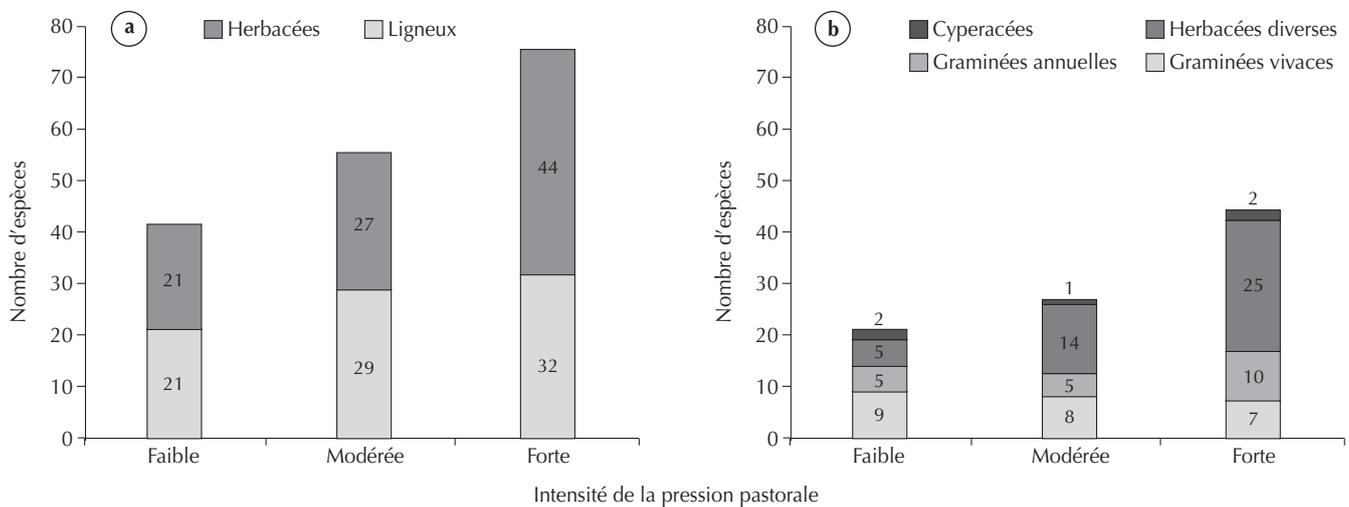


Figure 1 : richesse floristique et spectre fourrager de quelques faciès de savanes arbustives à *Detarium microcarpum*.

diverses qui regroupent différentes dicotylédones d'intérêt pastoral faible à nul ; (iv) les cypéracées qui ont également un intérêt pastoral faible.

Dans toutes les stations, se retrouvait un fond d'espèces communes composé de quelques graminées vivaces de savanes (*Andropogon ascinodis*, *Schizachyrium sanguineum*, *Monocymbium cereisiiforme*), auxquelles s'ajoutait un nombre important d'herbacées diverses et de graminées annuelles. Toutefois, il y avait peu d'espèces communes aux stations à faible pression pastorale et à celles subissant une pression pastorale modérée à forte. La différence entre les flores des différentes stations calculée par la distance de Hamming a été ainsi très forte entre les stations subissant une pression pastorale faible et les autres ($H > 80$). Elle a été forte à très forte entre les stations subissant une pression pastorale modérée et forte, selon qu'il s'agissait de formation naturelle ou de jachère (tableau III).

Le spectre fourrager a révélé (figure 1b) que c'étaient les espèces de la catégorie herbacées diverses qui faisaient la différence entre stations. La proportion de cette catégorie a augmenté avec l'intensité de la pression pastorale. La richesse de la flore dans cette catégorie dans les stations à forte pression pastorale a révélé un premier signe de dégradation de la flore pastorale par l'éviction des graminées vivaces. Parmi ces herbacées diverses ont été recensées de nombreuses dicotylédones dont certaines étaient également indicatrices d'épuisement des parcours (*Spermacoce* spp., *Indigofera* spp., *Tephrosia* spp., etc.), ainsi que des espèces postculturales.

Impact du pâturage sur la structure de la strate herbacée

Recouvrement

Les contributions spécifiques cumulées pour chaque catégorie d'herbacées (graminées vivaces, graminées annuelles, herbacées diverses et cypéracées), présentées dans la figure 2, font ressortir que, lorsque la pression pastorale était peu importante (niveau 1), le sol était presque entièrement recouvert par les graminées vivaces (99 p. 100). Les espèces *Andropogon ascinodis* et *Hyparrhenia* spp. étaient les plus abondantes et participaient pour 89 à 99 p. 100 au recouvrement total. En revanche, avec l'augmentation de la

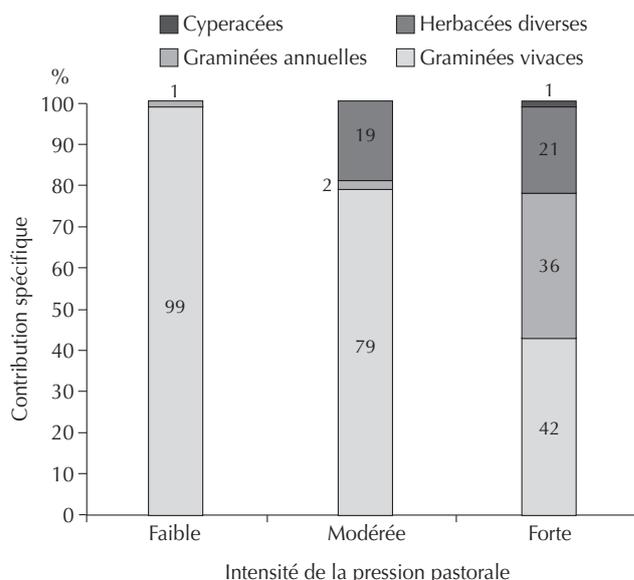


Figure 2 : importance des types biologiques dans la végétation herbacée.

pression pastorale (niveaux 2 et 3), la part de ces graminées vivaces dans le recouvrement était moindre. Entre les niveaux d'intensité de pâturage 2 et 3, la participation des graminées annuelles, respectivement de 2 et 36 p. 100, faisait la différence. Cette catégorie a pris de plus en plus d'importance avec l'intensité de pâturage.

Diversité informatique de Shannon

L'indice de diversité de Shannon prend en compte non seulement la richesse floristique mais également la proportion de chaque espèce au sein du tapis herbacé. Il a été calculé à partir des fréquences centésimales (Fci) des espèces. La tendance au niveau des jachères a été la suivante : plus la pression pastorale était forte, plus la diversité était élevée (figure 3). Cette situation peut être interprétée comme la conséquence d'un habitat où de nombreuses espèces ont pu s'installer du fait de la perturbation créée par la pâture.

Tableau III

Différence entre flore herbacée calculée par la distance de Hamming

		Pression pastorale					
		Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3	
		Savane naturelle 1	Savane naturelle 2	Jachère 1	Jachère 2	Jachère 3	Jachère 4
Niveau 1	Savane naturelle 1	0					
Niveau 2	Savane naturelle 2	***	0				
	Jachère 1	***	**	0			
Niveau 3	Jachère 2	***	***	**	0		
	Jachère 3	***	***	**	*	0	
	Jachère 4	***	***	**	*	*	0

* Différence floristique moyenne
 ** Différence floristique forte
 *** Différence floristique très forte

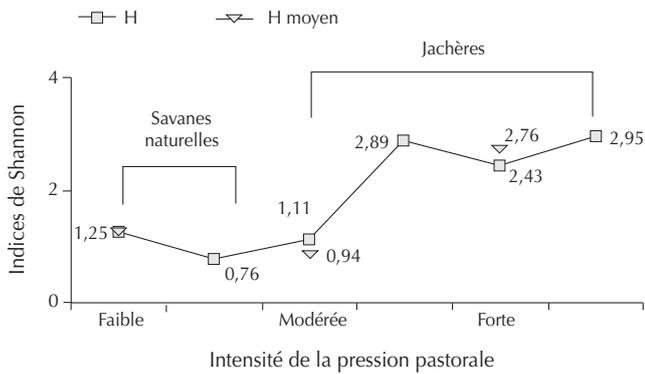


Figure 3 : évolution de l'indice de diversité de Shannon en fonction de la pression de pâturage d'après la distance de Hamming (cité dans Daget, 2003).

En revanche, pour les formations naturelles, une tendance inverse a été observée. Les auteurs ont calculé des indices de 1,25 et 0,76 respectivement pour la station subissant une pression pastorale faible et celle subissant une pression modérée. Dans cette dernière, la dominance marquée au profit de deux espèces (*Andropogon asciodis* et *Hyparrhenia subplumosa*) expliquait la faible diversité du tapis végétal. En effet, les deux espèces à elles seules contribuaient pour 93 p. 100 au recouvrement herbacé. Cette forte dominance pouvait être mise en relation avec l'effet bénéfique du broutage en cas de pression pastorale modérée qui favorisait le tallage des meilleures espèces sélectionnées par le bétail. Une forte dominance de quelques espèces entraîne une baisse de la diversité de la végétation. La probabilité de recenser les mêmes espèces à chaque point de lecture était forte. En revanche, l'équirépartition des individus dans la station à faible pression de pâturage indique une diversité plus élevée. En effet, quatre espèces ont été interceptées sur la ligne de lecture : *Andropogon asciodis*, *Hyparrhenia subplumosa*, *Urelytrum* sp. et *Schizachyrium sanguineum*, avec respectivement 48, 26, 16 et 10 p. 100 du recouvrement. La probabilité de recenser les mêmes espèces à chaque point de lecture était plus faible.

Biodiversité et potentiel fourrager

Impact du pâturage sur la productivité des parcours

La production de biomasse dans la savane naturelle subissant une pression pastorale faible était plus forte que celle de son homologue en situation de pression pastorale modérée (figure 4) : respectivement 2,6 t MS/ha contre 1,9 t MS/ha. Cette différence était attribuée aux effets du pâturage, cause de la différence floristique très forte entre les deux stations (tableau III).

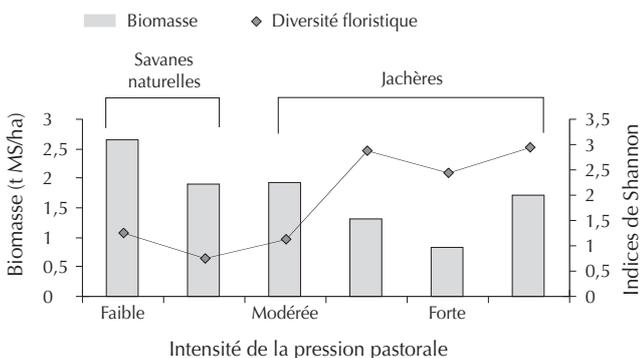


Figure 4 : évolution de la production des parcours en fonction de la diversité spécifique.

La production de biomasse des quatre stations de jachère a été en moyenne plus faible que celle des savanes naturelles. Les stations en situation de forte pression pastorale et anthropique (niveau 3), avec la diversité floristique la plus élevée, ont montré les plus faibles niveaux de production. La production moyenne de ces jachères a été évaluée à 1,2 t MS/ha contre 1,9 t MS/ha en pression pastorale modérée et 2,6 t MS/ha en situation de pression pastorale faible. Dans les stations subissant une forte pression pastorale, la part des herbacées diverses a représenté 26,71 à 48,39 p. 100 de la biomasse totale mesurée.

Impact du pâturage sur la valeur pastorale

La valeur pastorale (12, 13, 15) est un indice bromatologique des herbages qui fait intervenir la composition floristique à travers la contribution spécifique présence (CPS) et la qualité fourragère des espèces ou indice spécifique. Elle permet une comparaison des herbages entre eux (33). Les valeurs moyennes ont été de 60, 49 et 35 p. 100 respectivement pour les pressions pastorales de niveaux 1, 2 et 3 (figure 5). Les savanes naturelles, où les graminées vivaces, espèces les plus productives, ont contribué fortement au recouvrement herbacé, ont montré aussi les valeurs pastorales les plus élevées. D'une façon générale, les résultats ont montré que la valeur pastorale des pâturages baissait avec l'augmentation de la pression pastorale, à cause de la diminution de la contribution des bonnes espèces fourragères.

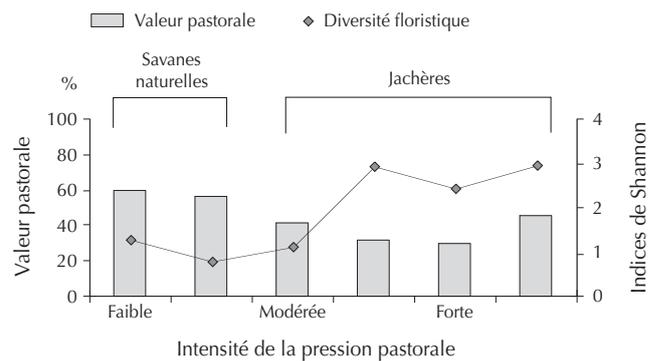


Figure 5 : évolution de la production des parcours en fonction de la diversité spécifique.

DISCUSSION

La qualité des pâturages sud-soudaniens dépend avant tout de la proportion des graminées vivaces, les espèces les plus productives et les plus consommées par le bétail (9, 16). En dehors des situations édaphiques particulières, le tapis herbacé des savanes soudanaises en équilibre est constitué en grande majorité de graminées cespiteuses qui développent de larges touffes. Sur toute la gamme des sols ferrugineux tropicaux ou ferrallitiques, on retrouve à peu près les mêmes espèces ; seule leur proportion peut varier d'une savane à une autre (9). Ainsi les graminées vivaces, comme *Andropogon asciodis*, *Hyparrhenia subplumosa*, *Hyparrhenia smithiana*, *Schizachyrium sanguineum*, ont été recensées dans plus de 70 p. 100 des relevés dans les stations peu perturbées. Quand ces formations sont mises en culture, une phase de jachère dont la durée est fonction de la pression foncière permet une reconstitution de la végétation.

En l'absence de perturbations majeures, de nombreux travaux attestent qu'au bout de 10 à 15 ans, les adventices des cultures et les plantes de jachères sont remplacées par la graminée vivace

Andropogon gayanus qui finit toujours par disparaître au profit de graminées savanicoles, comme *Andropogon ascinodis*, *Hyparrhenia* spp., etc. (9, 17, 33). L'importance des espèces annuelles dans ces savanes et dans les jachères anciennes, en particulier les dicotylédones classées dans la catégorie herbacées diverses et les graminées annuelles, est un signe de déséquilibre, défavorable aux graminées vivaces, entraînant donc une dégradation de la végétation pastorale.

Dans la présente étude de cas sur les savanes arbustives à *Detarium microcarpum*, l'importance de ces deux catégories d'espèces (herbacées diverses et graminées annuelles) dans la flore et la végétation a été utilisée comme indicateur d'évolution pour comparer différents faciès soumis à des pressions foncières et pastorales différencielles. L'examen de la flore en fonction de l'importance de la pression anthropique et pastorale a fait ressortir les faits majeurs suivants :

- une richesse floristique plus élevée dans les stations de jachère que dans celles de savanes naturelles. Cette situation résultait surtout de l'héritage des cycles culturels précédents. En effet, de nombreuses espèces postculturales pouvaient se maintenir sous l'effet perturbateur du pâturage ;

- une augmentation de la richesse floristique avec l'augmentation de la pression pastorale. Cette augmentation a été surtout remarquable au niveau de la strate herbacée avec 44 espèces inventoriées en situation de forte pression pastorale contre 21 dans les stations moins perturbées. En effet, de nombreux travaux au Sahel et dans les savanes soudanaises concluent à un maintien ou une augmentation de la richesse floristique herbacée en cas d'exploitation pastorale importante (2, 9, 17, 18, 25) ;

- un nombre élevé d'espèces appartenant à la catégorie des herbacées diverses, en situation de pression pastorale modérée à forte. La proportion de cette catégorie d'espèces a augmenté avec l'intensité de la pression de pâturage. Elle a représenté respectivement 51 et 56 p. 100 du nombre d'espèces recensées en cas de pression pastorale modérée à forte, alors que leur proportion dans les savanes naturelles peu perturbées n'était que de 24 p. 100. Des valeurs similaires ont été trouvées par Hoffman (19) qui a analysé la flore des jachères pâturées en pays Lobi au nord-est de la Côte d'Ivoire. L'auteur évalue la proportion des herbacées diverses à 50,5 p. 100, alors qu'elle est comprise entre 3 et 14 p. 100 dans les savanes voisines moins perturbées. Selon César (9), la présence de nombreuses espèces de légumineuses (*Tephrosia* spp., *Indigofera* spp.) est un indicateur d'épuisement des sols, en l'occurrence une carence en azote ;

- une proportion de graminées annuelles variant entre 21 et 45 p. 100 des espèces inventoriées dans les stations subissant une forte pression pastorale. La présence d'espèces postculturales, comme *Digitaria horizontalis*, *Eragrostis* spp., a été enregistrée. Cette situation est révélatrice d'un processus d'évolution bloqué pour ces jachères anciennes où cette catégorie d'espèce devrait en principe avoir disparu. En effet, ces espèces qui sont des adventices des cultures ne subsistent que peu de temps après l'abandon de la parcelle. Lorsque ces espèces se maintiennent longtemps après l'abandon de la culture, cela indique un fort épuisement du sol ou une dégradation par le pâturage (9) ;

- des espèces indicatrices de mauvaise gestion pastorale, voire de surpâturage, ont été recensées dans les stations subissant une forte pression pastorale. Il s'agissait d'espèces classées dans la catégorie des refus, comme *Elionurus pobeguinii*, *Panicum phragmitoides*, qui se multipliaient au détriment des espèces bonnes fourragères, lesquelles, au contraire, avaient tendance à régresser sous l'effet de la sélection par le bétail.

L'analyse de la structure de la végétation a également révélé l'importance des graminées annuelles et des herbacées diverses, constatée au niveau de la flore des stations subissant une forte pression pastorale (niveau 3), où la contribution au recouvrement des deux catégories a varié de 48 à 63 p. 100. La graminée annuelle *Digitaria horizontalis* a, par exemple, contribué à 30 p. 100 du recouvrement dans certaines stations. Dans les stations subissant une pression pastorale modérée (niveau 2), la contribution des herbacées diverses et des graminées annuelles a été évaluée à 38 p. 100 du recouvrement. Toutefois, les espèces *Elionurus pobeguinii*, *Panicum phragmitoides*, *Spermacoce* spp., etc., considérées comme indicatrices de surpâturage, n'ont pas été trouvées.

En revanche, l'analyse de la végétation n'a pas révélé la tendance à l'homogénéisation décrite au Sahel. En effet, des travaux en zone sahélienne du Niger montrent qu'en cas de pâturage important sur des jachères en saison de pluie, la végétation est dominée par une seule espèce ou par un petit nombre d'espèces qui représentent entre 50 et 90 p. 100 de la contribution spécifique (5). Sur des jachères surpâturées du Sud Niger, Hiernaux (18) rapporte que l'espèce *Sida cordifolia* fait à elle seule 46 à 74 p. 100 du couvert herbacé.

Quand on considère le niveau de production de biomasse et la qualité du pâturage dans les différentes situations de pressions foncières et d'intensité de pâturage, on met en évidence que l'activité humaine affecte négativement ces paramètres. En effet, les stations soumises à une pression pastorale forte (niveau 3) ont été celles dont la productivité et la valeur pastorale ont été les plus faibles. Sur les stations fortement pâturées, les espèces non ou peu consommables (essentiellement les légumineuses et autres dicotylédones diverses) ont constitué 27 à 48 p. 100 de la biomasse totale. Des situations similaires sont évoquées par Hiernaux (18) en zone sahélienne et soudano-sahélienne du Niger. Selon ces auteurs, les espèces non consommables représentent 53 à 61 p. 100 de la phytomasse des jachères surpâturées. Dans les savanes soudanaises en équilibre, les légumineuses ne représentent jamais une masse importante, même si le nombre d'espèces est toujours assez important. A Nazinga, en zone sud-soudanienne du Burkina Faso, les légumineuses ne représentent que 4 p. 100 du biovolume (16). Selon le même auteur, elles ne contribueraient que pour 0,5 p. 100 de la biomasse dans les savanes guinéenne de la Côte d'Ivoire. Quant aux autres dicotylédones, en nombre d'espèces souvent important, leur biomasse est également faible et ne représente également que 4 p. 100 du biovolume à Nazinga. Pour ce qui concerne les monocotylédones diverses, dont différentes cypéracées, en particulier le genre *Fimbristylis* qui est le plus représenté à Ouara, leur biomasse est généralement insignifiante.

■ CONCLUSION

L'extension des zones cultivées au détriment des parcours naturels est un phénomène qui caractérise les dynamiques agraires dans de nombreux pays africains et pose le problème de la gestion durable de ces parcours. L'étude de cas sur un faciès des paysages végétaux les plus courants en zone sud-soudanienne du Burkina Faso permet d'émettre quelques hypothèses sur les interactions en cours, entre l'élevage et les milieux favorables à cette activité.

En comparant la flore et la végétation du terroir d'Ouara, représentatif des dynamiques agraires en cours dans cette région, avec d'autres végétations moins perturbées, on met en évidence que la pâture augmente la richesse floristique. La différence entre les flores des milieux moins perturbés et ceux soumis à une exploitation pastorale se fait surtout au niveau des herbacées diverses qui sont considérées comme des espèces fourragères médiocres à mauvaises. L'action du pâturage, en modifiant l'équilibre au niveau

des graminées pérennes natives des savanes, ouvre le milieu à d'autres espèces appartenant à un cortège floristique différent. En revanche, l'augmentation de la biodiversité par l'action du pâturage détériore la valeur pastorale et la productivité des pâturages à cause de la régression des bonnes espèces fourragères au profit de plantes herbacées sans valeur pastorale. On peut donc conclure que l'augmentation de la pression foncière, consécutive à la réduction des espaces pâturables et à l'augmentation concomitante du cheptel sédentaire, entraîne une dégradation du potentiel fourrager des terroirs. En cas de forte pression anthropique, comme c'est le cas

dans le terroir d'Ouara, le niveau de production de biomasse chute de plus de la moitié et, surtout, plus de la moitié de cette biomasse n'est pas consommée par le bétail. Au total, moins du quart de la biomasse disponible dans ce terroir est utilisable pour le bétail, et ce, sans tenir compte des pertes diverses occasionnées par le feu, les termites, le piétinement, etc. Le niveau de dégradation dans ce terroir a atteint un seuil où une simple diminution de la charge animale n'est plus suffisante pour régénérer les parcours. Il faudra y associer un éclaircissement de la strate arbustive par élimination des ligneux et une réintroduction de plantes fourragères.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABBADIE L., 2000. Maîtrise des effets du changement global des savanes. Réseau GLOBALSAV ACI Ecologie quantitative. Paris, France, ministère délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, 8 p.
2. ACHARD F., HIernaux P., BANOIN M., 2001. Les jachères naturelles et améliorées en Afrique de l'Ouest. In : Floret C., Pontanier R., eds, De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances. Vol. 2. Montrouge, France, John Libbey Eurotext, p. 201-239.
3. AUDRU J., 1977. Les ligneux et sub-ligneux des parcours naturels soudano-guinéens en Côte d'Ivoire. Leur importance et les principes d'aménagement. Maisons Alfort, France, Lemvt, 267 p.
4. BALENT G., ALARD D., BLANFORT V., GIBON A., 1998. Activités de pâturage, paysages et biodiversité. *Ann. Zootech.*, **47** : 419-429.
5. BANOIN M., ACHARD F., 1998. Place de la jachère dans les systèmes d'élevage et comportement alimentaire du bétail sur un terroir du sud-ouest du Niger : Tiko. In : Floret C., Pontanier R., eds, La jachère et systèmes agraires, Niamey, Niger, 30 sept. - 02 oct. 1998. Paris, France, Orstom.
6. BARBAULT R., 1997. Biodiversité. Paris, France, Hachette, 160 p.
7. BLONDEL J., 1995. Biogéographie. Approche écologique et évolutive. Paris, France, Masson, 291 p.
8. BOUDET G., 1975. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Paris, France, ministère de la Coopération, 254 p. (Manuel et précis d'élevage n° 4)
9. CESAR J., 1992. Etude de la production biologique des savanes de la Côte d'Ivoire et son utilisation par l'homme. Biomasse, valeur pastorale et production fourragère. Doct. Etat, université Pierre et Marie Curie, Paris, France, 672 p.
10. DAGET P., 2003. La biodiversité stationnelle et régionales : retour sur les concepts et les mesures. In : Coll. La biodiversité végétale, des plantes pour l'avenir, Association française pour la conservation des espèces végétales, bureau des ressources génétiques, Troyes, France, 13-15 nov. 2003.
11. DAGET P., POISSONET J., 1971. Une méthode d'analyse phyto-écologique des prairies, critères d'application. *Ann. agron.*, **22** : 5-41.
12. DAGET P., POISSONET J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages. *Fourrages*, **49** : 31-39.
13. DAGET P., POISSONET J., 1990. Notion de valeur pastorale. Montpellier, France, Institut de Botanique. *Repère*, **3** : 5-8.
14. DAGET P., POISSONET J., 1997. Biodiversité et végétation pastorale. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **50** : 141-144.
15. DELPECH R., 1960. Critères de jugement de la valeur agronomique des prairies. *Fourrages*, **4** : 83-98.
16. FOURNIER A., 1991. Phénologie, croissance et production végétales dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest. Variation selon un gradient climatique. Doct. Etat, université Pierre et Marie Curie, Paris, France, 312 p.
17. FOURNIER A., YONI M., ZOMBRE P., 2000. Les jachères à *Andropogon gayanus* en savane soudanienne dans l'ouest du Burkina Faso : flore, structure, déterminants et fonction dans l'écosystème. *Etud. Flor. vég. Burkina Faso*, **5** : 3-32.
18. HIernaux P., 1998. Effects of grazing on plant species composition and spatial distribution in rangelands of the Sahel. *Plant Ecology*, **33** : 387-399.
19. HOFFMANN O., 1985. Pratiques pastorales et dynamique du couvert végétal en pays Lobi (nord-est de la Côte d'Ivoire). Paris, France, Orstom, 355 p.
20. INERA/CIRDES, 1997. Etude des systèmes d'élevage de la zone de Sidéradougou. Rapport de recherche. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Inera/Cirdes, 60 p.
21. INERA/CIRDES, 1998. Etude des systèmes d'élevage de la partie nord de la zone agro-pastorale de Sidéradougou : Pratiques d'élevages intégrés aux exploitations agricoles et stratégies d'utilisation de l'espace. Rapport de recherche. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Inera/Cirdes, 28 p.
22. INERA/GRN-SP, 1999. Historique dynamique des terroirs d'intervention du projet Front pionnier de migration. Rapport de recherche. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Inera/GRN-SP.
23. INERA/GRN-SP-OUEST, 2000. Synthèse des activités du projet Fronts pionniers de migration. Rapport campagne 1998-99. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Inera/GRN-SP.
24. JACCARD P., 1901. Lois de distribution de la flore alpine dans le bassin de Dranses et quelques régions voisines. *Bull. Soc. vaudoise Sci. nat.*, **37** : 241-272.
25. KOITA B., BODIAN A., 2000. Evolution de la diversité végétale avec le temps de jachère en zone soudanienne au Sénégal. In : Floret C., Pontanier R., eds, La jachère en Afrique tropicale. Montrouge, France, John Libbey Eurotext, p. 408-414.
26. LHOSTE P., 1988. Etude de l'élevage dans le développement des zones cotonnières. Maison-Alfort, France, Cirad-Iemvt.
27. NOSBERGER J., MESSERLI M., CARLEN C., 1998. Biodiversity in grassland. *Ann. Zootech.*, **47** : 383-393.
28. NOSS R.F., 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conserv. Biol.*, **4** : 355-364.
29. POILECOT P., DAGET P., 2002. Contribution du service des herbiers du Cirad à l'étude de la biodiversité végétale. Montpellier, France, Cirad-Emvt, 16 p.
30. POISSONET J., CESAR J., 1972. Structure spécifique de la strate herbacée dans la savane à palmier rônier de Lamto (Côte d'Ivoire). *Ann. Univ. Abidjan*, **E5** : 577-601.
31. SHANNON C., WEAWER W., 1948. The mathematical theory of communication. Urbana, IL, USA, Urbana University Press, p. 117-127.
32. WHITTAKER R., 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, **21** : 212-251.
33. ZOUNGRANA I., 1991. Recherche sur les aires pâturées au Burkina Faso. Doct. Etat, université de Bordeaux, France, 277 p.

Reçu le 05.09.2005, accepté le 04.07.2006

Summary

Botoni/Liehoun E., Daget P., César J. Pasture Activities, Biodiversity and Pasture Vegetation in the Western Area of Burkina Faso

The biodiversity evolution of common access rangelands was studied based on three levels (high, medium, low) of land occupation and grazing pressure in the subhumid area of Burkina Faso. The study was carried out on shrubby savannahs of *Detarium microcarpum*. These grazed savannahs are very common in the region and are considered as a degraded pattern of the original vegetation. The study showed that vegetal diversity increased with human and grazing pressure. However, this high biodiversity led to the degradation of the shrubby rangeland feed value and of the vegetation in general. A high grazing pressure can reduce the biomass and pasture index by more than half. The palatable part of the biomass was also much affected, because that of species with low fodder value reached 34 to 68% of the measured biomass.

Keywords: Cattle – Biodiversity – Vegetation – Savanna – *Detarium microcarpum* – Populations dynamics – Grazing – Burkina Faso.

Resumen

Botoni/Liehoun E., Daget P., César J. Actividades de pastoreo, biodiversidad y vegetación pastoril en la zona oeste de Burkina Faso

La evolución de la biodiversidad vegetal basada en tres niveles de presión territorial y pastoril (débil, moderada, fuerte) ha sido estudiada en rutas comunitarias de la región subhúmeda de Burkina Faso. El estudio ha sido conducido en zonas de las sabanas de arbustos de *Detarium microcarpum*. Estas sabanas, muy familiares en los paisajes vegetales de pastoreo de la región, son consideradas como una faceta del deterioro de las formaciones originales de la región. El estudio pone en evidencia un aumento de la biodiversidad y un aumento de la intervención humana y de la presión pastoril. Esta elevada biodiversidad está siempre acompañada de un deterioro del valor pastoril de la vegetación. La producción de biomasa y el valor pastoril, bajan a más de la mitad en el caso de presión pastoril fuerte. La parte consumible de la biomasa se ve igualmente muy afectada ya que las especies consideradas como forraje mediocre alcanzan 34 a 68% de la biomasa evaluada.

Palabras clave: Ganado bovino – Biodiversidad – Vegetación – Sabana – *Detarium microcarpum* – Dinámica de poblaciones – Pastoreo – Burkina Faso.

Incorporation of Dry *Mangifera indica* Kernel in the Concentrate Ration of Growing Lambs

N.M. Anigbogu^{1*} P. Bienstman²
B. Van Damme² C.D. Ezeokoli¹

Keywords

Sheep – Lamb – *Mangifera indica* – Growth – Concentrates – Tannin – Maize – Nigeria.

Summary

Twenty Southeast Dwarf yearling lambs of Nigeria were grouped according to their live weight (20.9 ± 1.7 kg) and offered one of the five concentrate rations as a supplement to the low quality dry season forage of mixed grass/legume hays (mainly three part *Pennisetum purpureum* and one part *Centrosema pubescens*) for 56 days growth period, after which five of the lambs were relocated to metabolism cages for digestibility and nitrogen balance trials. The *Mangifera indica* kernel was substituted for maize offal in diets A, B, C, D and E at 0, 15, 30, 45 and 60%, respectively. The concentrate intakes and growth rates were 951, 961, 1017, 1225 and 1001, and 116, 125, 146, 162 and 116 g/day, respectively.

■ INTRODUCTION

The increasing demand for energy and protein feedstuffs, and the prospect of greater cost are already having their effects on the supply in quantity of finished compounded feeds, and their future use for ruminants is quite uncertain. The problem is further aggravated by the fact that grains, which form the bulk of supplementary feed for ruminants, are staple food for humans and are also needed for industrial raw materials. Thus, the situation warrants exploring the possibilities of using alternatively energy and protein sources for animal feeding. Mango (*Mangifera indica* L.) seed kernels constitute about 15% of the mango weight and may well be used for livestock feed (14). Gohl (8) reported that ruminants can tolerate concentrate with up to 15% *Mangifera* seed kernel without

adverse effects, and that the kernels are fairly rich in tannin, which progressively leads to reduced growth rate and less efficient feed utilization in pigs and poultry. The present study was conducted to determine the optimum level of inclusion of *Mangifera* kernel in the diet of growing lambs.

■ MATERIALS AND METHODS

Twenty Southeast Dwarf yearling lambs of Nigeria were divided into five groups according to their initial live weight (20.9 ± 1.7 kg) and assigned to five different experimental diets in a completely randomized block design. Each group was given a basal diet of 0.5 kg/head of mixed grass/legume hays (mainly three parts *Pennisetum purpureum* and one part *Centrosema pubescens*), and a concentrate ration mixture containing maize offal (60%), dried poultry manure (10%), palm kernel cake (20%), molasses (8%), bonemeal (1%) and salt (1%). Ground *M. indica* kernel replaced maize offal at 0, 15, 30, 45 and 60% (w/w) in diets A, B, C, D and E, respectively, and were available *ad libitum*. Before starting the study, the animals were quarantined for 30 days, which followed a 30-day-pretrial adaptation period to the experimental diets. Weighed quantities of

1. Department of Animal Production and Aquaculture, Anambra State University of Technology, Abakiliki, Nigeria.

2. Agrofeed Mill Nig., Calabar, Nigeria.

* Corresponding Author

Present address: College of Animal Science and Animal Health, Michael Okpara University of Agriculture, Umudike, PMB 7267, Umuahia, Abia State, Nigeria.

E-mail: nmanigbogu@yahoo.com

concentrate rations and hays (called diets) were offered daily, separately at 7h30 and 16h30, respectively, to avoid selective intake of the diets. Refusals were collected and weighed before the next feeding. Each diet was sampled and bulked for 56 days, and chemically analyzed. Fresh water was available *ad libitum* throughout the trial period, and the lambs were weekly weighed. To study the utilization of nutrients and nitrogen balance, five lambs of an average body weight of 24.2 ± 0.7 kg were placed in metabolic cages and fed the five experimental diets in a 5x5 Latin square design, with a 10-day adaptation period, followed by a five day period of collection of feces and urine. The experimental diets and refusals were sampled daily and pooled for a 5-day collection period for chemical analysis. Daily outputs of urine and feces were also recorded and sampled. The urine was stored at 5°C and feces were frozen until required for analysis. The lambs were weighed at the beginning and at the end of each collection period. The diet and feces samples were dried to a constant weight, under laboratory conditions, then ground to pass through a 2-mm screen in a Willy mill. The dry matter, organic matter, crude fiber, nitrogen free-extract, ether extract, protein and ash contents were determined (3). The tannin content

of the *M. indica* kernel was determined according to Herman and Enge's method (10), which depends upon the formation of a copper-tannin complex. Urine samples were analyzed for nitrogen. Data were analyzed statistically (9, 19). Duncan's multiple range test was used to determine the significant difference among means (6, 21). The feeding study was carried out at Chief Ekpunobi's Farm at Abakiliki, old Anambra State, and the other studies with the help of Agrofeed Mill Nig., Calabar, Nigeria, in association with N.V. Versele-Laga, Belgium.

■ RESULTS AND DISCUSSION

The chemical composition of the hay, maize offal, *M. indica* kernel and the different concentrate rations administered to the lambs are shown in Table I. Results from the chemical analysis of *M. indica* kernels used in the experimental trial were similar to those reported by Gohl (8), and the higher protein content of 8.13% agreed with that of Ranjhan (18). As the level of inclusion of *M. indica* kernel increased, the ether extract and ash contents of

Table I

Chemical composition of feedstuffs and concentrate rations [% on dry matter (DM) basis]

Feedstuff	Dry matter	Organic matter	Crude fiber	Crude protein	Nitrogen free extract	Ether extract	Ash	Tannin	
Hay	96.4	89.1	34.3	10.88	42.2	1.7	7.3	–	
Maize offal	85.9	81.1	5.5	8.39	57.6	7.4	4.8	–	
<i>Mangifera indica</i> kernel	98.4	93.2	3.0	8.13	73.1	9.0	5.2	10	
Concentrate ration	Level of kernel (%)								
A	0	94.8	89.54	7.89	11.87	66.77	4.31	5.25	–
B	15	94.28	89.17	7.37	11.76	66.85	4.36	5.69	1.5
C	30	51.72	87.59	6.86	11.81	66.92	5.19	6.13	3.0
D	45	97.93	91.34	6.36	11.84	69.0	7.35	6.58	4.5
E	60	98.37	91.34	5.84	11.71	67.07	7.78	7.02	6.0

Table II

Mean daily intakes and live weight gains of lambs fed diets containing levels of ground *Mangifera indica* kernels for a period of 56 days (N = 4)

	Diets					Mean value	Standard deviation	Coefficient of varieties
	A	B	C	D	E			
Levels of <i>M. indica</i> kernel (%)	0	15	30	45	60	–	–	–
Initial weight (kg)	20.1	19.9	20.2	21.1	21.0	20.46	0.55	0.03
Final weight (kg)	20.22	20.03	20.35	21.26	21.12	20.60	0.56	0.03
Live weight gain (g/d)	116	125	146	162	116	133	20.32	0.15
Concentrate ration intake (g DM/d)	951	961	1017	1225	1001	1031	111.83	0.11
Intake of <i>M. indica</i> (g DM/d)	0	144	305	551	600	–	–	–
Nitrogen intake (g/d)	18.1 ^a	18.1 ^a	19.2 ^a	23.2 ^b	18.8 ^a	19.48	2.13	0.11

^{a, b} Means on the same row with different superscripts are significantly different (P < 0.05)

Table III

Mean intake and digestibility of diet fed to lambs with levels of ground *Mangifera indica* kernels. Observations were collected over a 5 day period, following 10 days of adaptation (N = 5)

	Diets					Mean value	Standard deviation	Coefficient of varieties
	A	B	C	D	E			
Total DMI (g/d)	811	712	724	858	740			
DMI (g/W ^{0.75} kg)	85	75.2	75.7	86.7	76.5			
Concentrate intake (g DM/d)	566	467	479	613	495	524	62.85	0.12
Digestibility coefficient (%)								
Dry matter	58.48	57.89	58.98	60.80	59.54	59.13	1.23	0.02
Organic matter	68.97 ^a	67.68 ^a	71.98 ^a	69.95 ^a	63.30 ^b	68.37	10.52	0.15
Crude fiber	60.47 ^b	63.67 ^b	65.46 ^b	77.05 ^a	69.07 ^a	67.144	6.35	0.09
Crude protein	63.42 ^a	66.65 ^b	67.19 ^b	69.62 ^c	63.54 ^a	66.084	2.63	0.04
Nitrogen-free extract	55.31 ^c	65.19 ^b	75.03 ^a	74.91 ^a	60.04 ^b	66.096	8.82	0.13
Ether extract	72.23 ^b	62.13 ^a	82.10 ^c	90.30 ^c	85.1 ^c	75.372	11.70	0.16
Nitrogen balance (g/d)								
Intake	10.77 ^a	8.79 ^b	9.05 ^b	11.66 ^a	9.27 ^b	9.898	1.23	0.12
Feces	1.98 ^c	1.73 ^c	1.27 ^d	2.35 ^b	2.78 ^a	2.022	0.58	0.29
Urine	5.74 ^b	5.08 ^b	5.38 ^b	6.57 ^a	5.07 ^b	5.568	0.62	0.11
Retained	3.05 ^a	1.98 ^c	2.40 ^b	2.69 ^b	1.42 ^d	2.308	0.63	0.27

DMI = dry matter intake

^{a, b, c, d} Means on the same row with different superscripts are significantly different (P < 0.05)

the concentrate rations rose correspondingly and the levels of crude fiber decreased. The low protein (10.88%), and high fiber (34.3%) contents of the hay confirmed that the basal diet was mature and of low quality forage. The tannin content of the *M. indica* kernel was high at 10%, compared to that of 7.5% found by Devendra (5). Tannin contents in *M. indica* kernel vary, depending on the variety, maturity and climatic conditions (13); the content in the concentrate rations increased with the increasing levels of *M. indica* (from 1.5% in diet B to 6.0% in diet E). The daily intake of the basal forage diet remained constant at about 0.45 kg/head throughout the trial period. The growth and diet intake trials are summarized in Table II. There were no significant (P > 0.05) differences in the diet intake and growth rates between the groups, but the nitrogen intake was significant (P < 0.05). The results of the digestibility trials are presented in Table III. They show that all the digestibility components of the various diets were significantly (P < 0.05) different, except for the dry matter (DM). On the nitrogen balance trial, the intake and retained nitrogen balances together with those of the urine and feces were significant (P < 0.05).

Differences in growth rates noted over the five treatments might be caused by the fact that the diet intake, although generally low at about 951 g DM/day, rose to reach a maximum of 1225 g DM/day in diet D with 45% *M. indica*. The crude fiber, crude protein and nitrogen-free extract digestibility showed a similar pattern in that the intake of digestible nutrients, and in particular that of crude protein which is important for growth, increased as the level of *M. indica* in the concentrate ration rose. The best growth rate of 162 g/day, which was obtained in diet D, was lower than expected (4). Spornly and Wiktorsson's (20) observations suggested that 25 kg tissue protein would support a live weight gain of 100 g/day in sheep. Poorer than expected growth was noted in sheep fed a diet of forage + concentrate with a crude protein percentage of

14.33 calculated to support a daily gain of about 100 g, but which achieved a gain of 54.29 g/day (1). The difference between the observed and expected growth rate may be explained by the low fiber and high fat contents (6.86 and 5.80%, respectively), the low digestibility of the diets in general, and the fact that high inhibitors, such as tannins, present in *M. indica* tend to bind proteins with indigestible fiber, thereby making it unavailable to the animal (2, 7, 8, 15). The high outputs of fecal nitrogen in diets D and E (2.35 and 2.78 g/day, respectively) agree with this observation, as does the reduction in the overall digestibility of DM and crude proteins in diet E (59.54 and 63.54%) compared to that in D (60.80 and 69.62%, respectively). The reduced diet intake, as observed in diet E, was associated with reduced dry matter digestibility, but might have also been influenced by the diet unfavorable olfactory properties (16, 22). This became more apparent when the level of *M. indica* in the concentrate ration was increased. Other researchers (11, 12) reported that the presence of condensed tannins and other inhibitors deter feed intake in some animals (15).

CONCLUSION

Rations that include *M. indica* kernel might support the growth rate in lambs in a way similar to or greater than that which is obtained through feeding them with maize offal. However, the maximum level of inclusion as noted in this study is 45% beyond which the toxic properties of the phenolic compounds present in *M. indica* limit production at a 60% level. While Pritchard et al. (17) investigated whether feeding polyethylene glycol could limit the toxic effects of condensed tannins, inclusion of *M. indica* reduced the cost of rations in this study (diet D was about 38% cheaper than diet A), which makes it an alternative feed to low quality forage rations for sheep and one which cannot compete with food for humans.

REFERENCES

1. AKINMUSI F.A., ADELEYE I.O.A., 1998. Response of West African dwarf ewes to pre-mating concentrate supplementation. In: Proc. 3rd Ann. Conf. Animal Science Association of Nigeria, Ikeja, Lagos, Nigeria, 22-24 Sept. 1998.
2. ANIGBOGU N.M., 1990. Report submitted to the Board of Directors. Calabar, Nigeria, Agrofeed Mill Nigeria.
3. AOAC, 1984. Official methods of analysis, 14th edn. Washington DC, USA, Association of Official Analytical Chemists.
4. DEB HOVELL F.D., ORSKOV E.R., 1989. The role of fish meal in rations for sheep. *IAFMM tech. Bull.*, **23**: 1-15.
5. DEVENDRA G., 1990. Potential value of non-conventional feedstuffs for animals in Asia. *FFTC Extension Bull.*, **10**: 1-19.
6. DUNCAN D.B., 1955. Multiple range and multiple F-test. *Biometrics*, **11**: 1-5.
7. FIRKINS L.J., 1996. Maximizing microbial protein synthesis in the rumen. *J. Nutr. (Suppl.)*, **126**: 1347s-1354s.
8. GOHL I.B., 1981. Tropical feeds. Rome, Italy, FAO, 529 p.
9. GOMEZ A.K., GOMEZ A.A., 1984. Statistical procedures for agricultural research. Los Banos, Philippines, International Rice Research Institute, 680 p.
10. HERMAN K., ENGE W., 1970. Method in food analysis. In: Joslyn M.A. Ed., Physical, chemical and instrumental methods of analysis, 2nd edn. New York, USA, Academic Press, p. 325-388.
11. HERRERA-SALDANA R.E., HUBER J.T., POORE M.H., 1990. Dry matter, crude protein and starch digestibility of five cereal grains. *J. Dairy Sci.*, **73**: 2386-2393.
12. HUHTANEN P., 1991. Associative effects of feeds in ruminants. *Norw. J. agric. Sci. (Suppl.)*, **5**: 37-57.
13. ICAR, 1985. An India coordinated research project. Utilization of agricultural by-products and industrial waste materials for evolving economic rations for livestock. Terminal report 1967-1985. New Delhi, India, ICAR.
14. INFIC, 1978. Report. Rome, Italy, FAO/INFIC.
15. PATEL B.N., PATEL C.A., TALAPADA P.M., 1972. Evaluation of mango seed kernels and tomatoe waste in the ration of bullocks. *Indian J. Nutr. Diet.*, **9**: 347-350.
16. PETEL B.M., PETEL C.A., 1971. Study on partial replacement of concentrate by-products mixture from the ration of bullocks. *Indian J. Nutr. Diet.*, **9**: 157-160.
17. PRITCHARD D.A., STOCK D.C., O'SULLIVAN B.N., MARTIN P.R., HARWOOD I.S., O'ROURKE P.K., 1988. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, **17**: 290-293.
18. RANJHAN S.K., 1993. Animal nutrition and feeding practices, 4th Edn. New Delhi, India, Vikas Publishing House, 415 p.
19. SAS, 1995. SAS User's Guide. Cary, NC, USA, SAS Institute.
20. SPORNDLY R., WIKTORSSON H., 1993. Feeding tables for ruminants. Uppsala, Sweden, Swedish University of Agricultural Sciences. (Spec. skrifter 52)
21. STEEL R.G.D., TORRIE J.H., 1980. Principles and procedures of statistics. New York, USA, McGraw-Hill Book Company, 481 p.
22. VISSER H. DE, 1993. Influence of carbohydrates on feed intake, rumen fermentation and milk performance in high-yielding dairy cows. Wageningen, the Netherlands, Landbouwniversiteit.

Reçu le 23.08.2004, accepté le 01.06.2007

Résumé

Anigbogu N.M., Bienstman P., Van Damme B., Ezeokoli C.D. Incorporation d'amandes de *Mangifera indica* séchées dans les rations concentrées d'agneaux en croissance

Vingt agneaux Nains du sud-est du Nigeria ont été groupés selon leur poids vif ($20,9 \pm 1,7$ kg) et ont reçu une des cinq rations concentrées en complément d'un fourrage de saison sèche de qualité médiocre à base d'un mélange d'herbes et de légumineuses (principalement trois quarts de *Pennisetum purpureum* et un quart de *Centrosema pubescens*) pendant une période de croissance de 56 jours. Ensuite, cinq des agneaux ont été transférés dans des cages à métabolisme pour l'étude de la digestibilité et du bilan azoté. Des amandes de *Mangifera indica* ont remplacé, à raison de 0, 15, 30, 45 et 60 p. 100, les issues de maïs, respectivement dans les rations A, B, C, D et E. Les ingestions de concentrés et les taux de croissance ont été respectivement de 951, 961, 1 017, 1 225 et 1 001, et 116, 125, 146, 162 et 116 g/jour.

Mots-clés : Ovin – Agneau – *Mangifera indica* – Croissance – Aliment concentré pour animaux – Tannin – Maïs – Nigeria.

Resumen

Anigbogu N.M., Bienstman P., Van Damme B., Ezeokoli C.D. Incorporación de grano seco de *Mangifera indica* en la ración de concentrado de los corderos en crecimiento

Veinte corderos enanos sur orientales de un año de Nigeria fueron agrupados según su peso vivo ($20,9 \pm 1,7$ kg) y luego se les ofreció una de las cinco raciones del concentrado como suplemento al forraje de baja calidad de la estación seca de una mezcla de hierba/leguminosas en heno (principalmente tres partes de *Pennisetum purpureum* y una parte de *Centrosema pubescens*) durante el período del crecimiento de 56 días, después del cual cinco de los corderos fueron mantenidos en jaulas metabólicas para ensayos de equilibrio de digestibilidad y de nitrógeno. El grano de *Mangifera indica* se substituyó con restos de maíz en las dietas A, B, C, D y E en 0, 15, 30, 45 y 60%, respectivamente. Las tasas de consumo de concentrado y de crecimiento fueron 951, 961, 1017, 1225 y 1001, y 116, 125, 146, 162 y 116 g/día, respectivamente.

Palabras clave: Ovino – Cordero – *Mangifera indica* – Crecimiento – Pienso concentrado – Tanino – Maíz – Nigeria.

Pratiques alimentaires et productivité des femelles laitières en zone périurbaine de Dakar

M. Ba Diao ^{1*} A. Dieng ² M.M. Seck ³ R.C. Ngomibé ²

Mots-clés

Bovin laitier – Alimentation des animaux – Production laitière – Reproduction – Zone périurbaine – Sénégal.

Résumé

Les pratiques alimentaires et les performances de reproduction et de production laitière ont été étudiées dans une unité laitière dans la zone périurbaine de Dakar. Une enquête sur les pratiques alimentaires a été réalisée en septembre - octobre 2004. L'exploitation des données enregistrées a permis de calculer la production laitière moyenne par vache entre novembre 2003 et octobre 2004 et les paramètres de reproduction entre 1991 et 2004. La superficie fourragère (30 ha) et l'effectif de vaches présentes (84 vaches) étaient nettement plus élevés que ceux de la majorité des élevages laitiers périurbains de Dakar. Néanmoins, l'alimentation des animaux est restée fortement tributaire des apports de paille de riz et des concentrés. Les difficultés d'acquisition de ces intrants ont induit des changements fréquents de régimes alimentaires. En outre, comme il y avait un mélange de plusieurs types génétiques bovins très différents dans un même lot d'alimentation, les besoins quotidiens en éléments nutritifs de base ont été rarement couverts pour les fortes productrices. Ces mauvaises conditions d'élevage se sont traduites par une production laitière moyenne faible (1 972 kg/vache/an), un âge au premier vêlage élevé pour les génisses nées au Sénégal (37 mois) et des intervalles entre vêlages (17 mois) trop longs. L'analyse des facteurs influençant les résultats de reproduction a montré que l'intervalle entre vêlages était fortement lié aux effets du type génétique et des variations climatiques interannuelles. Ces observations indiquent l'importance des facteurs du milieu (climat, conduite alimentaire) sur les performances des vaches et la nécessité d'une gestion rigoureuse de l'alimentation en fonction du type génétique.

■ INTRODUCTION

Au Sénégal, l'Etat mène depuis plus de deux décennies une politique d'amélioration et d'intensification des productions animales, notamment de la production laitière. Assurer la sécurité alimentaire en lait et produits laitiers est une priorité pour les pouvoirs publics qui ont mis en œuvre une stratégie d'intensification basée sur l'exploitation de races bovines exotiques hautes productrices introduites en zone périurbaine des Niayes (1). Cependant, en dépit de nombreuses opérations d'appui technique et économique avec la mise en place du projet laitier et d'importants investissements de

la part des éleveurs (2), les prévisions de production pour la zone périurbaine de 15 000 litres par jour (12) n'ont pas été atteintes. Le pays reste largement tributaire des importations qui ont coûté près de 37 milliards de francs CFA en 2004 (13).

Ce déficit de production laitière est notamment dû aux contraintes alimentaires du cheptel, accentuées par les insuffisances structurelles des exploitations, telles que le manque de superficie, le morcellement des exploitations, la faiblesse des compétences techniques des acteurs, et par la détérioration de l'environnement économique global de la production laitière (2, 7). Dans la zone périurbaine de Dakar, la majorité des fermes intensives sont de petites unités de production, d'une à dix vaches laitières, caractérisées par l'exiguïté de l'assise foncière ne leur permettant pas de cultiver du fourrage (2). En effet, la superficie moyenne réservée à l'élevage est de 2,6 ha et 47 p. 100 des fermes ont moins d'un hectare (21). L'utilisation d'une alimentation sèche à base de sous-produits agricoles et agro-industriels est donc généralisée chez les petits producteurs. Les performances obtenues sont faibles en raison, en grande partie,

1. Institut sénégalais de recherches agricoles, Laboratoire national de l'élevage et de recherches vétérinaires, BP 2057, Dakar, Sénégal.

Tél. : +221 832 36 78 / 832 76 92 ; fax : +221 832 36 79

E-mail : mbadio@sentoo.sn

2. Ecole nationale supérieure d'agriculture, Thiès, Sénégal.

3. Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.

* Auteur pour la correspondance

des difficultés liées à l'approvisionnement en intrants (2). Néanmoins, dans ce contexte, des entreprises à vocation laitière affirmée se sont constituées, avec comme objectif principal l'exploitation de vaches exotiques à haute potentialité génétique. La base de l'alimentation dans ces fermes spécialisées est le fourrage cultivé (maïs ou sorgho) vert ou ensilé. Cet article présente les pratiques alimentaires et les résultats techniques obtenus dans l'une de ces fermes laitières spécialisées installées en zone périurbaine de Dakar.

■ MATERIEL ET METHODES

Présentation de l'unité laitière étudiée

L'unité laitière étudiée était la ferme de Niacoulrab située à 30 km au nord-est de Dakar. Elle a été choisie sur la base de l'ancienneté et de la stabilité de l'activité de production laitière qui a démarré en 1991. Les activités horticoles (arboriculture fruitière et maraîchage) et celles d'élevage (bovins laitiers, bovins extensifs et ovins) y étaient associées sur une superficie totale de 85 ha. Les plantations d'agrumes, de manguiers, de papayers, de passiflores, de bananiers plantains et le maraîchage occupaient 61 p. 100 de la superficie. La surface fourragère (maïs) représentait 35 p. 100 du domaine.

L'atelier de production laitière était composé d'animaux de races importées et de métis demi ou trois quarts sang exotique (croisements entre Gobra et Holstein ou Montbéliarde), élevés en stabulation permanente. L'alimentation était à base d'ensilage de maïs et de paille de riz associé aux concentrés fabriqués à la ferme.

Les animaux de l'élevage extensif, de races locales, étaient conduits au pâturage de juillet à février - mars. Les femelles n'étaient pas traitées et constituaient le troupeau de base pour la production de métis.

Les animaux bénéficiaient d'un suivi sanitaire permanent assuré par un vétérinaire qui était également responsable du suivi de la reproduction. Un technicien d'élevage était chargé de la production de fourrage, du rationnement, de l'abreuvement et de la traite mécanique.

Aucun contrôle individuel de la production laitière n'était effectué, faute d'installation d'un appareil de mesure adéquat au niveau de la traite mécanique. Les informations techniques disponibles concernaient les productions laitières mensuelles de l'ensemble du troupeau. Cependant, l'enregistrement des données individuelles de reproduction (vêlage, insémination, diagnostic de gestation) a été régulièrement mis à jour.

Méthodes

Seul l'atelier laitier a été concerné par la présente étude. Une enquête rétrospective sur les pratiques alimentaires sur un an a été réalisée en septembre - octobre 2004. Les quantités d'aliments distribuées aux différents lots d'animaux ont été notées. Elles ont été converties en unités fourragères lait (UFL) et en matières azotées digestibles (MAD) sur la base des tables de l'Inra (15) ou des analyses bromatologiques effectuées au Laboratoire national de l'élevage et de recherches vétérinaires de Dakar ou à l'École nationale supérieure d'agriculture de Thiès. Une enquête rétrospective portant sur l'évolution sur un an des stocks alimentaires a permis d'identifier les contraintes pour un approvisionnement régulier en aliments de bétail.

L'exploitation des données enregistrées a permis de calculer, sur une année (de novembre 2003 à octobre 2004), la moyenne économique à l'échelle de l'exploitation : (production laitière totale / somme des jours de présence) x 365.

L'âge au premier vêlage et l'intervalle entre vêlages, critères d'appréciation des performances de reproduction, ont été calculés sur la base des enregistrements chronologiques des données entre 1991 et 2004. L'analyse statistique a été effectuée par calcul des moyennes et écarts-types. L'analyse de la variance a été utilisée pour comparer les moyennes. Sur l'âge au premier vêlage, les effets de l'origine (importée vs née au Sénégal), de la race (métisse, Montbéliarde, Holstein), du mois et de l'année de naissance ont été étudiés. Sur l'intervalle entre vêlages, les facteurs de variation introduits ont été la race, le rang, le mois et l'année de vêlage.

■ RESULTATS

Race, effectifs et structure du troupeau

Le recensement du troupeau laitier (tableau I) indique un effectif moyen de 218 animaux, dont 47,7 p. 100 de métis demi ou trois quarts sang exotique (croisés entre la race Gobra et la race Montbéliarde ou Holstein), 43,1 p. 100 de Holsteins, 7,0 p. 100 de Montbéliardes, 1,3 p. 100 de Jersiaise et 0,9 p. 100 d'Abondance. Les vaches, les jeunes femelles et les mâles ont représenté respectivement 38,5, 34,0 et 27,5 p. 100 de l'effectif. Parmi les vaches présentes, 27,4 p. 100 étaient improductives mais non réformées et un taux de vaches en lactation de 51,2 p. 100 a été observé.

Tableau I

Races et effectifs moyens dans l'unité de production étudiée

Race	Effectif moyen	% Femelles	% Vaches
Métisse	104	74	27
Holstein	94	74,5	51,1
Montbéliarde	15	40	26,7
Abondance	2	100	100
Jersiaise	3	100	66,7
Total	218	72,5	38,5

Pratiques alimentaires

Les animaux ont été répartis dans huit lots : vaches en production, vaches tarées gravides, génisses premier âge (1-2 ans), génisses deuxième âge (2 ans - premier vêlage), femelles à la réforme non vendues, mâles, jeunes (6-12 mois) et veaux de moins de 6 mois. Le tableau II montre les poids vifs moyens et les rations alimentaires distribuées par lot. A l'intérieur de chaque lot, le régime alimentaire a été identique quels qu'aient été les races et les poids des animaux en présence.

Les veaux ont été séparés de leur mère dès la naissance. Ils ont été élevés dans la *nursery* où ils ont reçu quatre litres de lait par jour en deux repas jusqu'au sevrage intervenant à l'âge de 4 mois (races exotiques) ou de 5 à 6 mois (métis). Au-delà de deux semaines d'âge, 200 g d'un concentré de production [CP = 1,18 UFL, 219 g MAD, 1,1 g Ca et 4,8 g P par kilogramme de matière sèche (MS)] et de la paille de riz leur ont été offerts.

La ration de base a été la paille de riz non traitée, distribuée à l'ensemble des animaux âgés de plus de 6 mois et complétée par un concentré d'équilibre (CE = 0,96 UFL, 303 g MAD, 3,3 g Ca et

Tableau II

Poids moyens des animaux et rations moyennes distribuées par lot d'alimentation dans l'unité de production étudiée

Lot	Caractéristiques	Effectifs	Poids vifs moyens	Quantités d'aliments distribuées (kg MS/animal/jour)					Valeurs alimentaires (/animal/jour)			
				Paille de riz	Ensilage	CE	CP	Total	UFL	MAD (g)	Ca (g)	P (g)
1	Jeunes 6-12 mois	18	119,2 ± 16,9	1,5	–	0,5	1,0	3,0	2,4	375	6,5	9,1
2	Génisses (12-24 mois)	18	251,7 ± 51,6	3,5	1,1	1,3	–	5,9	4,0	446	16,3	12,8
3	Génisses (24 mois-1 ^{er} vêlage)	28	410,0 ± 74,5	5,7	0,9	0,8	–	7,4	4,4	294	19,6	12,2
4	Vaches en lactation	43	577,1 ± 100,0	8,0	–	2,4	2,2	12,6	8,9	1 232	29,8	31,6
5	Vaches tarées	18	517,8 ± 115,2	7,3	–	2,0	0,4	9,7	6,1	716	25,3	20,4
6	Femelles à la réforme	24	486,8 ± 83,4	6,8	–	0,8	–	7,6	4,2	262,8	19,6	11,6
7	Mâles âgés de plus de 12 mois	49	480,5 ± 106,0	6,7	0,5	0,5	–	7,7	4,3	191	19,9	11,0

MS : matière sèche

CE : concentré d'équilibre (60,7 % drêche de brasserie ; 18,7 % tourteau d'arachide ; 9,8 % mélasse ; 9,3 % graine de coton ; 1,5 % complément minéral vitaminé)

CP : concentré de production (61,5 % maïs grain ; 37 % tourteau d'arachide ; 1,5 % complément minéral vitaminé)

UFL : unités fourragères lait

MAD : matières azotées digestibles

5,2 g P / kg MS). De l'ensilage de maïs, mal conservé et moisi, a été offert aux génisses et aux mâles âgés de plus de 12 mois. Un concentré de production de même composition que celui des veaux a été donné aux femelles en lactation en priorité et parfois aux jeunes âgés de 6 à 12 mois et aux femelles tarées.

La composition de ces concentrés a beaucoup varié en fonction de la disponibilité des intrants. Le tableau III montre l'évolution des stocks des différents intrants alimentaires de novembre 2003 à octobre 2004. Les ruptures de stocks de maïs et de tourteau d'arachide utilisés dans la fabrication de ces concentrés ont été fréquentes, conduisant à une variation de la composition des rations distribuées.

La quantité moyenne de MS consommée par vache en lactation et par jour a été de 12,6 kg. Les apports quotidiens moyens en

éléments nutritifs de cette ration ont été de 8,9 UFL, 1 232 g MAD, 29,8 g Ca, 31,6 g P. Les concentrés consommés ont représenté respectivement 36,5, 54,6 et 98,1 p. 100 des apports en MS, UFL et MAD.

Performances de production laitière

Sur l'ensemble du troupeau, le stade de lactation moyen a été de sept mois et 16 p. 100 des vaches ont dépassé 15 mois de lactation. La production annuelle moyenne (tableau IV) a été de 1 972 kg de lait par vache présente, soit une production journalière moyenne de 5,5 kg. Les femelles exotiques (dont 88 p. 100 de Holsteins) ont produit 2 523 kg par vache présente contre 869 kg pour les femelles métisses.

Tableau III

Quantités d'intrants alimentaires stockés (tonnes)

Aliments	2003			2004								
	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
Maïs	0	9	4,5	9	0	4,5	0	4,5	4,5	4,5	4,2	0
Drêche	77,2	91,3	70,2	63,2	57,6	35,1	28,1	63,2	77,2	0	14	14
Graine de coton						148 *						
Tourteau d'arachide	5	5,5	5	0	10	0	4,14	1,3	5,1	5	5	0
Aliment commercial	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	2	0
Mélasse						54 *						

* Quantité stockée sur toute la période

Tableau IV

Performances de production laitière dans l'unité de production étudiée

	Effectifs	Production totale (kg/an)	Production journalière (kg/j)
Total vaches présentes	84	1 972	5,5
Vaches exotiques (48 HO, 4 MTB, 2 AB, 2 JER)	56	2 523	6,9
Vaches métisses (½ et ¾ de sang HO ou MTB)	28	869	2,4

HO : Holstein ; MTB : Montbéliarde ; JER : Jersiaise ; AB : Abondance

Performances de reproduction

Le tableau V montre les performances de reproduction obtenues. L'âge au premier vêlage a été de 34 mois avec un taux de variation de 23,4 p. 100. L'analyse de variance a montré que seul le facteur origine a eu une influence significative sur ce critère ($P < 0,001$). Les génisses nées au Sénégal ont vêlé pour la première fois à 37 mois, c'est-à-dire 9 mois plus tard que les femelles importées (28 mois). La race n'a exercé aucun effet significatif sur l'âge au premier vêlage.

L'intervalle entre vêlages a été de 17 mois avec un taux de variation de 37,3 p. 100. Cette variation a été significativement influencée par la race et l'année de vêlage ($P < 0,001$), alors que les effets de la saison et du rang de vêlage n'ont pas été significatifs dans le modèle utilisé. La race Holstein a donné les plus mauvais résultats ; l'intervalle a été rallongé de trois à quatre mois par rapport aux autres races présentes (tableau V). La figure 1 montre que l'intervalle entre vêlages a varié selon les années.

Tableau V

Performances de reproduction dans l'unité de production étudiée

Paramètres de reproduction	Nb. d'animaux	Moyenne et Ecart-type (jours)
Age 1 ^{er} vêlage		
Toutes femelles	287	1 025 ± 240
Importée	125	832 ± 41 ^a
Née au Sénégal	162	1 110 ± 33 ^b
Intervalle entre vêlages		
Toutes femelles	440	518 ± 193
Jersiaise	24	478 ± 44 ^a
Montbéliarde	189	488 ± 33 ^a
Métisse	65	506 ± 44 ^a
Holstein	162	602 ± 39 ^b

^{a, b} Dans le même bloc les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,001$)

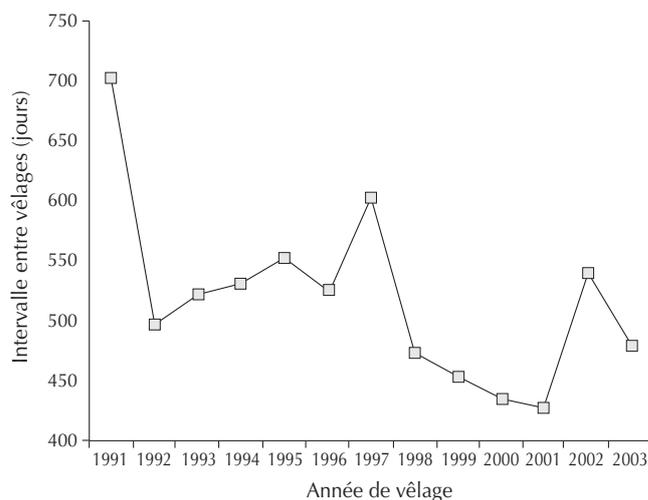


Figure 1 : influence de l'année de vêlage sur l'intervalle entre vêlages. Moyennes estimées par la méthode des moindres carrés.

DISCUSSION

Avec ses 30 hectares de surface fourragère et ses 84 vaches dont 51,2 p. 100 en production, la ferme de Niacoulrab est de taille relativement grande par rapport à la moyenne de la région des Niayes (2, 21). En effet, plus de 85 p. 100 des fermes laitières dans cette zone exploitaient moins de dix vaches et des superficies comprises entre un et cinq hectares. Néanmoins, dans la composition du troupeau laitier, la proportion de vaches présentes (38,5 p. 100) était faible par rapport à ce qui est habituel en élevage laitier spécialisé ; au Maroc, par exemple, la moyenne est de 58,5 p. 100 (23). Cette faible proportion de vaches s'explique par la présence d'un nombre important de mâles (29 p. 100). En outre, le maintien d'un lot de femelles improductives, qui représentaient 27,4 p. 100 des vaches, témoignait d'une mauvaise politique de réforme en vigueur dans cette ferme. Ces pratiques n'obéissent à aucune logique de recherche d'une productivité optimale.

Dans cette ferme, l'ensilage de maïs était normalement l'aliment de base pour les laitières. Avec la panne de l'ensileuse, un problème de conservation des fourrages s'est posé durant la campagne agricole 2003-2004. La paille de riz étant utilisée comme aliment de lest, il est certain que les concentrés ingérés par les vaches ont couvert aussi une bonne partie de leurs besoins d'entretien. Or, la forte variabilité dans la disponibilité des intrants entrant dans la composition de ces concentrés se traduit par un changement fréquent de régimes alimentaires. D'une part, ceci ne permet pas une accoutumance de la flore du rumen et, d'autre part, cela exige de la part du technicien d'élevage une grande maîtrise du rationnement.

La prévision correcte des quantités ingérées est une étape prépondérante du rationnement des vaches laitières (8). Pourtant dans cette ferme, les races n'étaient pas différenciées dans la gestion de l'alimentation. Or, la capacité d'ingestion d'une vache dépend du volume de son rumen, lui-même fonction de son poids et de son niveau de production. Elle est donc plus importante chez la Holstein que chez la Montbéliarde et la Jersiaise (20). On peut craindre alors un nivellement de la production vers le bas, un aplatissement de la courbe de lactation, surtout chez les fortes productrices en début de lactation, et un engraissement des vaches qui sont en fin de lactation ou qui sont moins bonnes laitières. Dans tous les cas, les régimes alimentaires offerts ont été très déséquilibrés et l'apport quotidien en énergie, en minéraux et parfois en matières azotées, très insuffisant pour une croissance régulière des génisses et une production laitière

soutenue chez les hautes productrices. A titre d'exemple, le niveau des UF du régime offert aux vaches en production aurait permis de couvrir les besoins d'entretien et de production de 7 à 8 kg de lait pour une vache de 600 kg. En revanche, les MAD autoriseraient trois à quatre fois plus de lait. Ces mauvaises conditions d'élevage se sont traduites par une moyenne économique faible (1 972 kg/vache/an), même pour les races exotiques (2 523 kg/vache/an), comparée aux résultats disponibles dans certains pays tropicaux et subtropicaux où la Holstein-Frisonne produit entre 4 000 et 6 600 kg de lait par lactation (tableau VI). Les intervalles entre vêlages (17 mois) ont été également trop longs eu égard à l'optimum recherché (12-13 mois) et aux références bibliographiques disponibles (tableau VI). Parmi les races présentes, la Holstein a eu les plus mauvais résultats de reproduction, ce qui peut être expliqué par son potentiel génétique supérieur, donc par sa plus grande capacité à mobiliser ses réserves corporelles pour la production laitière en début de lactation (20). Or, si le poids de la femelle diminue entre le vêlage et la mise à

la reproduction, la fécondation est difficile (14). L'année de vêlage influence également les performances de reproduction. En élevage bovin laitier dans des zones à aléas climatiques prononcés, les performances de reproduction sont liées au climat et à ses variations annuelles, de par leurs effets directs sur l'animal et indirects sur la production fourragère (5).

Les conditions d'alimentation des génisses, se traduisant par des déficits alimentaires chroniques, ne permettent pas un développement harmonieux et complet de l'organisme. Or, les caractéristiques de la croissance des génisses (vitesse et régularité de la croissance, poids au premier vêlage) ont une grande influence sur les performances ultérieures de la vache adulte : fertilité et surtout longévité de la femelle adulte (3). L'âge au premier vêlage observé chez les femelles nées au Sénégal (37 mois) traduit certainement un retard de maturité sexuelle. Ce résultat est comparable à ceux trouvés dans les petits élevages de la même zone des Niayes (2),

Tableau VI

Performances de reproduction et de production laitière dans divers pays

Race	Pays (auteur)	Age 1 ^{er} vêlage (mois)	Intervalle entre vêlages (jours)	Production laitière par lactation (kg) (durée de lactation, en jours)
Holstein	Maroc - tous élevages (Boujenane, 1986)	29,5 ± 3,5	411 ± 88	3 300 (338)
Holstein	Guadeloupe - Martinique (Jordan et coll., 1992)	32,4 ± 6	446 ± 123	4 367 (330)
Holstein - Frisonne	Ghana (Osei et coll., 1991)	34,1 ± 1,27	480 ± 67,5	2 499 ± 148
Holstein - Frisonne	Kenya (Staal et coll., 1998)	–	–	4 477 (305)
Frisonnes (Pie-noir et Pie rouge)	Maroc - fermes d'Etat (Srairi et Kessab, 1998)	30,2 ± 1,8	391 ± 19	6 016 ± 836 (vache/an)
Holstein - Frisonne	Cameroun (Njwe et coll., 2002)	32,5 ± 3,5	–	4 284 ± 1 626 (315 ± 36)
Jersiaise	Sénégal (Sow et Diop, 1996)	30	428	3 274
Montbéliarde	Sénégal - station (Denis, 1981)	30	484 (I) 390 (S)	3 250
Diverses races laitières	Sénégal - fermes périurbaines (Ba Diao, 2005)	32 ± 5 (I) 36 ± 7 (S)	511 ± 149	Ho : 4 541 ± 1 730 Mt : 3 605 ± 1 356 Jer : 3 096 ± 784
Zébu x Frison (F1)	Ethiopie - Station Arsi (Kiwuwa et coll., 1983)	–	458	2 352 (373)
Ndama x Frisonne (F1)	Gambie (Diack et coll., 2004)	32,8 ± 3,8	428,8 ± 96,9	–
Ndama x Jersey (F1)		31,9 ± 2,5	382,7 ± 67,2	
Zebu x Frisonne (F1)	Tanzanie (Bee et coll., 2006)	–	405 ± 51	2 190 ± 183
Boran x Frisonne (F1)	Ethiopie (Demeke et coll., 2004)	36 ± 0,4	417 ± 6	–
Frisonne		37,3 ± 0,3	459 ± 4	
Boran x Jersey (F1)		35,4 ± 0,5	408 ± 6	

(I) femelles importées ; (S) femelles nées au Sénégal

Ho : Holstein ; Mt : Montbéliarde ; Jer : Jersiaise

et au Ghana (19). Ceux trouvés en Afrique de l'Est sont généralement meilleurs, entre 29 et 34 mois (tableau VI). Il existe donc des marges de progrès à réaliser durant la phase d'élevage des génisses dans les unités laitières des Niayes, afin de mieux maîtriser leur croissance et d'avancer l'âge au premier vêlage.

■ CONCLUSION

Malgré l'importance des superficies fourragères disponibles, cette unité laitière a affiché des résultats techniques (reproduction et production laitière) médiocres qui ne différaient guère de ceux obtenus au niveau des petits élevages laitiers périurbains. Ces résultats traduisent l'inadéquation des pratiques d'élevage, en particulier le non-respect des normes et recommandations alimentaires actuellement en vigueur en élevage laitier intensif, et le maintien d'animaux improductifs dans l'exploitation. La mise en œuvre d'une bonne politique de réforme devrait permettre d'améliorer l'offre

alimentaire pour le reste du troupeau et d'augmenter sensiblement la productivité de l'élevage. L'analyse des performances de reproduction a montré que l'intervalle entre vêlages était lié à l'effet de la race ; ceci devrait amener les techniciens à mieux gérer le rationnement par type génétique. Une mauvaise conduite des génisses a été illustrée par leur âge moyen tardif au premier vêlage. De gros efforts devraient être davantage investis dans l'élevage des génisses, car en dépit de son caractère non immédiatement productif, il présente la clé de la réussite, surtout en raison de son incidence prononcée sur la carrière ultérieure des vaches laitières.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel technique de la ferme de Niacoulrab, et plus particulièrement K. Ba et M. Mboup pour leur disponibilité lors de la collecte des informations. Ils sont reconnaissants à O. Bougaleb de l'Isra-Lnerv pour la relecture du document.

BIBLIOGRAPHIE

1. BA DIAO M., 1987. Un essai d'approche de l'encadrement en milieu intensif. Exemple du projet de développement de la production laitière intensive et semi-intensive dans la région des Niayes. Mémoire de confirmation, Isra-Lnerv, Dakar, Sénégal, 85 p.
2. BA DIAO M., 2005. Situation et conditions de développement de la production laitière intensive dans les Niayes au Sénégal. Thèse Doct. Biologie animale, Ucad, Dakar, Sénégal, 132 p.
3. BADINAND F., 1983. Relations fertilité – niveau de production – alimentation. *Inra Bull. tech. crzsv Theix*, **53** : 73-83.
4. BEE J.K.A., MSANGA Y.N., KAVANA P.Y., 2006. Lactation yield of crossbred dairy cattle under farmer management in Eastern coast of Tanzania. *Livest. Res. rural Dev.*, **18**: www.cipav.org.co/lrrd/lrrd18/2/bee18023.htm.
5. BERBIGIER P., 1988. Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale. Versailles, France, Inra, 237 p.
6. BOUJENANE I., BA M., 1986. Performances de reproduction et de production laitière des vaches Pie noires au Maroc. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **39** : 145-149.
7. BROUTIN C., SOKONA K., TANDIA A., BA M., 2000. Paysage des entreprises et environnement de la filière lait au Sénégal. Dakar, Sénégal, Gret / Enda-Graf / Ifan, 60 p. www.gret.org/incompe.
8. COULON J.B., HAUWUY A., MARTIN B., CHAMBA J.F., 1997. Pratiques d'élevage, production laitière et caractéristiques des fromages dans les Alpes du Nord. *Prod. Anim.*, **10** : 195-205.
9. DEMEKE S., NESER F.W.C., SCHOEMAN S.J., 2004. Estimates of genetic parameters for Boran, Friesian and crosses of Friesian and Jersey with the Boran cattle in the tropical highlands of Ethiopia: reproduction traits. *J. Anim. Breed. Genet.*, **121**: 57-65.
10. DENIS J.P., 1981. Rapport sur la production laitière au Sénégal ; résultats des recherches entreprises durant le V^e plan. Dakar, Sénégal, Isra-Lnerv, 15 p.
11. DIACK A., SANYANG F.B., CORR N., 2004. Survival, growth and reproductive performance in F1 crossbred cattle produced and managed on station in the Gambia. *Livest. Res. rural Dev.*, **16**: www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/9/diac16070.htm.
12. DIRECTION DE L'ELEVAGE, 1988. Plan d'action pour l'élevage. Dakar, Sénégal, ministère des Ressources animales, 76 p.
13. DIRECTION DE L'ELEVAGE, 2005. Productions animales en 2004. Dakar, Sénégal, direction de l'Élevage, 17 p.
14. GIROU R., 1969. La reproduction en fonction de l'alimentation. In: Alimentation des vaches laitières. Paris, France, Iteb / Inra, p. 133-136.
15. JARRIGE R., éd., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Paris, France, Inra, 471 p.
16. JORDAN A., 1992. Situation et condition de développement du secteur productif au sein d'une filière laitière en milieu tropical insulaire : le cas des Antilles françaises. Thèse Doct., INA - Paris Grignon, France, 192 p. + annexes.
17. KIWUWA G.H., TRAIL J.C.M., KURTU M.Y., WORKU G., ANDERSON F.M., DURKIN J., 1983. Crossbred dairy cattle in Arsi Region, Ethiopia. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, p. 30. (Research report No. 11)
18. NJWE R.M., KWANJI L.N., GABCHE A.L., TAMBI E.N., 2002. Contributions of Heifers Project International (HPI) to small-scale dairy development in Cameroon. In: Rangnekar D., Thorpe W., Eds, Proc. South-South workshop Smallholder dairy production and marketing, opportunities and constraints, Anand, India, 13-16 March 2001. Anand, India, NDDDB, Nairobi, Kenya, ILRI, p. 414-430.
19. OSEI S.A., EFFAH-BAAH K., KARIKARI P., 1991. The reproductive performance of Friesian cattle bred in the hot humid forest zone of Ghana. *Anim. Genet. Res.*, **68**: 490-497.
20. PRESTON T.R., 1988. Développement des systèmes de production laitière sous les Tropiques. Wageningen, Pays Bas, CTA, 71 p.
21. SERY A., 2003. Typologie des fermes laitières périurbaines de Dakar et Thiès. Thèse Doct. vét., Eismv, Dakar, Sénégal, 102 p.
22. SOW M.A., DIOP P.E.H., 1996. Place du système d'élevage intensif dans la production du lait au Sénégal ; exemple de la Société alimentaire (Soca). In : Diop P.E.H., Mazouz A., eds, Reproduction et production laitière. Paris, France, Aupelf-Uref, p. 75-80. (Coll. Universités francophones)
23. SRAIRI M.T., KESSAB B., 1998. Performances et modalités de production laitière dans six étables spécialisées au Maroc. *Prod. Anim.*, **11** : 321-326.
24. STAAL S., CHEGE L., KENYANJUI M., KIMARI A., LUKUYU B., NJUBI D., OWANGO M., TANNER J., THORPE W., WAMBUGU M., 1998. Characterization of dairy systems supplying the Nairobi milk market: A pilot survey in Kiambu District for the identification of target groups of producers. Smallholder Dairy (R&D) Project. Nairobi, Kenya, ILRI, p. 85.

Reçu le 02.11.2005, accepté le 10.08.2006

Summary

Ba Diao M., Dieng A., Seck M.M., Ngomibé R.C. Feeding Practices and Productivity of Dairy Cows in the Suburban Area of Dakar

Feeding practices, and reproduction and milk production performances were studied in a dairy farm in the suburban area of Dakar. A survey on feeding practices was carried out in September-October 2004. The analysis of recorded data enabled to calculate the average milk production per cow between November 2003 and October 2004, and reproduction parameters between 1991 and 2004. The fodder area (30 ha) and the number of cows (84) were markedly higher than those of the majority of suburban Dakar dairy farms. Nevertheless, the animal feed depended still heavily on the supplies of rice straw and concentrates. The difficulties to acquire these inputs led to many changes in the feeding diets. Moreover, as there was a mixture of several and very different cattle genotypes within the same feeding groups, the daily requirements in basic nutritive elements were seldom met for high producing cows. These bad management conditions resulted in poor average milk production (1972 kg/cow/year), a late age at first calving for heifers born in Senegal (37 months) and long calving intervals (17 months). The analysis of the factors affecting the reproduction results showed that the calving interval was highly related to the genetic type and to interannual climatic variations. These observations show the importance of environmental factors (climate, feeding management) on cows' performances and the need to strictly adapt feeding practices to the genetic type.

Keywords: Dairy cattle – Animal feeding – Milk production – Reproduction – Suburban area – Senegal.

Resumen

Ba Diao M., Dieng A., Seck M.M., Ngomibé R.C. Prácticas alimentarias y productividad de las hembras lecheras en las zonas periurbanas de Dakar

Las prácticas alimentarias y los rendimientos de reproducción y producción lechera han sido estudiadas en una unidad lechera de la zona periurbana de Dakar. Una encuesta sobre las prácticas alimentarias ha sido realizada en setiembre - octubre 2004. La utilización de datos registrados ha permitido calcular el promedio de la producción lechera por vaca, entre noviembre 2003 y octubre 2004 y los parámetros de reproducción entre 1991 y 2004. La superficie de forraje (30 ha) y el efectivo de vacas presentes (84) fue apenas más elevado que el de la mayoría del ganado lechero periurbano de Dakar. Sin embargo, la alimentación de los animales se mantuvo fuertemente dependiente de los abastecimientos de paja de arroz y de concentrados. La dificultad en la adquisición de éstos productos ha conducido a cambios frecuentes de regímenes alimentarios. Por otra parte, como había una mezcla de varios tipos genéticos de bovinos muy diferentes en un mismo lote de alimentación, las necesidades cotidianas en elementos nutritivos de base fueron rara vez cubiertos para las productoras fuertes. Estas malas condiciones de cría se traducen en una producción lechera promedio baja (1972 kg/vaca/año), una edad elevada para el primer parto de los terneros nacidos en Senegal (37 meses) y muy largos los intervalos entre partos (17 meses). El análisis de factores que afectan los resultados de reproducción ha mostrado que el intervalo entre parto está fuertemente ligado a los efectos de tipo genético y los cambios climáticos intra anuales. Esas observaciones indican la importancia de los factores ambientales (clima, conducta alimenticia) sobre el rendimiento de las vacas y la necesidad de una gestión rigurosa de la alimentación en función al tipo genético.

Palabras clave: Ganado bovino de leche – Alimentación de los animales – Producción lechera – Reproducción – Zona periurbana – Senegal.

Paramètres génétiques et phénotypiques des performances de reproduction des brebis des races Boujaâd et Sardi au Maroc

I. Boujenane ¹* A. Chikhi ²

Mots-clés

Ovin Boujaâd – Ovin Sardi – Reproduction – Héritabilité – Corrélation génétique – Critère de sélection – Maroc.

Résumé

L'étude a porté sur l'analyse de 1 264 et 811 performances de reproduction de brebis respectivement de races Boujaâd et Sardi. Ces données ont été collectées de 1993-94 à 1999-2000 dans le domaine expérimental Dérroua de l'Institut national de la recherche agronomique de Béni Mellal. Les paramètres génétiques des caractères de reproduction ont été estimés par la méthode Reml (*restricted maximum likelihood method*) d'estimation des composantes de la variance et de la covariance. Les répétabilités estimées chez la race Boujaâd ont été de 0,18 et 0,17 respectivement pour la taille de portée à la naissance et au sevrage, de 0,23 et 0,18 respectivement pour le poids de portée à la naissance et au sevrage, et de 0,18 pour la durée de gravidité. Chez la race Sardi, les estimations correspondantes ont été respectivement de 0,21 et 0,18, 0,24 et 0,15, et 0,16. Les héritabilités estimées chez la race Boujaâd ont été de 0,18 et 0,11 respectivement pour la taille de portée à la naissance et au sevrage, de 0,18 et 0,11 respectivement pour le poids de portée à la naissance et au sevrage, et de 0,04 pour la durée de gravidité. Les estimations correspondantes chez la race Sardi ont été respectivement de 0,21 et 0,18, 0,24 et 0,15, et 0,16. Les corrélations génétiques et phénotypiques entre ces caractères ont varié respectivement de 0,83 à 1,00 et de 0,27 à 0,93 chez la race Boujaâd, et de 0,06 à 0,96 et de 0,07 à 0,82 chez la race Sardi. Il a été conclu que ces paramètres pourraient être utilisés dans des programmes de sélection pour améliorer la productivité des brebis des races Boujaâd et Sardi.

■ INTRODUCTION

Les paramètres génétiques et phénotypiques sont nécessaires pour l'évaluation génétique sur laquelle est basée la sélection afin de réaliser un progrès génétique appréciable. En outre, pour qu'un programme de sélection soit efficace, il est essentiel que ces paramètres soient estimés à partir des données collectées sur la population étudiée et en appliquant la méthode d'estimation appropriée. Or, ces paramètres n'ont jamais été estimés dans le cas des races ovines Boujaâd et Sardi, qui ont des performances intéressantes et

qui sont appelées à jouer un rôle important dans la production de viande au Maroc (10, 11). L'objectif de ce travail a été de déterminer les principaux facteurs de l'environnement et d'estimer les paramètres génétiques et phénotypiques des caractères de reproduction des brebis des races Boujaâd et Sardi en vue de leur utilisation dans les programmes de sélection.

■ MATERIEL ET METHODES

Troupeau suivi et mode de conduite

L'analyse a porté sur 1 264 performances de reproduction de 267 brebis de race Boujaâd et 811 performances de reproduction de 256 brebis de race Sardi du domaine expérimental Dérroua de l'Institut national de la recherche agronomique de Béni Mellal. Les brebis des races Boujaâd et Sardi ont eu un rang d'agnelage qui a varié de 1 à 6, avec une moyenne respectivement de 3 et 2,7, un âge à l'agnelage de 51 et 47 mois et un poids à la lutte de 50,9 et

1. Département des productions animales, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, BP 6202, Rabat-Instituts, 10101 Rabat, Maroc.

Tél./fax : +212 37 77 64 20 ; e-mail : i.boujenane@iav.ac.ma

2. Centre régional de la recherche agronomique d'Errachidia, Institut national de la recherche agronomique, Errachidia, Maroc.

* Auteur pour la correspondance

53,4 kg. Les paternités des brebis ont été connues pour 83,2 p. 100 des brebis Boujaâd et 87,8 p. 100 des brebis Sardi. Les données analysées ont été collectées durant sept campagnes, de 1993-94 à 1999-2000.

Les brebis ont été soumises au rythme d'un agnelage par an. La lutte a été contrôlée ; elle a commencé au début du mois de juin et a duré 60 jours. Les brebis ont été réparties en lots de lutte de 20 à 24 brebis. Dans chaque lot, un bélier intact, préalablement peint sur sa partie abdominale, pour identifier les brebis saillies, a assuré la lutte de 17 h à 8 h le lendemain. Chaque année, quatre à six béliers de chaque race ont été utilisés pour la lutte. Ils ont été réformés après une ou deux saisons de lutte. En outre, un bélier au minimum a assuré la connexion entre les campagnes. Les brebis ont été en stabulation permanente. Elles ont reçu une alimentation à base de foin de luzerne, de paille, d'orge grain, de maïs grain, de pulpe sèche de betterave, de tourteau de tournesol et un complément minéral vitaminé (CMV). L'alimentation des agneaux a été exclusivement à base du lait maternel au cours du premier mois de vie. A partir du deuxième mois, ils ont reçu un concentré spécifique composé d'orge, de tourteau de tournesol et de CMV. Le sevrage a eu lieu vers l'âge de 90 jours. Des vaccins et des traitements prophylactiques ont été apportés aux animaux pour prévenir l'entérototoxicité, la clavelée, la myopathie, ainsi que les problèmes de parasitisme interne et externe. De plus amples détails sur le mode de conduite du troupeau ont été rapportés par Chikhi et Boujenane (10, 11).

Variables étudiées

Les variables étudiées ont été la fertilité, la taille et le poids de portée à la naissance (respectivement nombre et poids des agneaux nés), la taille et le poids de portée au sevrage (respectivement nombre et poids des agneaux présents à 90 jours) et la durée de gravité des brebis ayant agnelé.

Analyses statistiques

La détermination des effets des facteurs de l'environnement qui ont influencé les performances de reproduction a été faite séparément pour les brebis des races Boujaâd et Sardi par la méthode des moindres carrés. Les modèles adoptés ont inclus les effets fixes de l'âge de la brebis avec six niveaux pour la race Boujaâd (âge < 30 mois, 30 – 41 mois, 42 – 53 mois, 54 – 65 mois, 66 – 77 mois et > 77 mois) et cinq niveaux pour la race Sardi (âge < 30 mois, 30 – 41 mois, 42 – 53 mois, 54 – 65 mois et > 65 mois), la campagne d'agnelage (1993-94 ... 1999-2000), et le poids à la lutte introduit comme covariable. L'interaction entre l'âge de la brebis et la campagne d'agnelage n'a pas eu d'effet significatif sur les variables étudiées.

Les paramètres génétiques et phénotypiques des caractères de reproduction étudiés ont été estimés par la méthode Reml (*restricted maximum likelihood method*) d'estimation des composantes de la variance et de la covariance à l'aide du programme Mtdfrem1 (3). Le modèle mixte utilisé pour estimer la répétabilité et l'héritabilité a inclus les effets fixes (âge de la brebis, campagne d'agnelage et poids à la lutte comme covariable) et les effets aléatoires de la brebis et de l'environnement permanent. La convergence a été considérée atteinte lorsque la variance du simplex a été inférieure à 10^{-8} . La représentation matricielle du modèle a été comme suit :

$$y = Xb + Za + \underset{p}{W}e + e$$

où y était le vecteur des observations, X la matrice d'incidence qui a relié les observations aux effets fixes et à la covariable, b le vecteur des effets fixes et du coefficient de régression, Z la matrice d'incidence qui a relié les observations aux valeurs génétiques additives,

a le vecteur des valeurs génétiques additives $\sim (0, A \sigma_a^2)$, W la matrice d'incidence qui a relié les observations aux effets de l'environnement permanent, e_p le vecteur des effets de l'environnement permanent $\sim (0, I_c \sigma_{ep}^2)$ et e le vecteur aléatoire des résiduelles $\sim (0, I_n \sigma_e^2)$. De même, A était la matrice des relations génétiques additives entre les animaux, I_c la matrice identité d'ordre égal au nombre de brebis, I_n la matrice identité d'ordre égal au nombre d'observations, σ_a^2 la variance génétique additive, σ_{ep}^2 la variance de l'environnement permanent et σ_e^2 la variance résiduelle. Pour chaque caractère, la répétabilité (r) a été estimée par $r = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{ep}^2}{\sigma_p^2}$ et l'héritabilité (h^2) par $h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2}$, avec σ_p^2 représentant la variance phénotypique totale.

Les corrélations génétiques et phénotypiques entre les caractères de reproduction ont été estimées par des analyses à deux caractères en appliquant le même modèle que dans le cas des analyses monocaractères. Les valeurs initiales utilisées ont été les composantes des variances obtenues à partir des analyses monocaractères.

■ RESULTATS ET DISCUSSION

Effets des facteurs non génétiques

Les moyennes ajustées de la fertilité, de la taille et du poids de portée à la naissance et au sevrage, et de la durée de gravité des races Boujaâd et Sardi ont été rapportées dans les tableaux I et II. L'âge de la brebis a eu un effet très significatif sur tous les caractères de reproduction étudiés chez les deux races. Les plus faibles performances ont été réalisées par les brebis âgées de moins de 30 mois. Les performances les plus élevées ont été enregistrées chez les brebis âgées de 54 à 66 mois pour la race Sardi et chez les brebis âgées de plus de 78 mois pour la race Boujaâd. Les brebis de race Sardi âgées de 54 à 66 mois ont réalisé des performances supérieures de 13 p. 100 pour la fertilité, 0,23 agneau pour la taille de portée à la naissance, 0,27 agneau pour la taille de portée au sevrage, 1,10 kg pour le poids de portée à la naissance, 5,8 kg pour le poids de portée au sevrage et 0,7 jour pour la durée de gravité, par rapport à celles des brebis âgées de moins de 30 mois. Chez les brebis de race Boujaâd, les différences entre les classes extrêmes ont été de 13 p. 100 pour la fertilité, 0,27 agneau pour la taille de portée à la naissance, 0,23 agneau pour la taille de portée au sevrage, 1,26 kg pour le poids de portée à la naissance, 6,0 kg pour le poids de portée au sevrage et 1,4 jour pour la durée de gravité. More O'Ferrall (17) a rapporté une différence de 12 p. 100 pour la taille de portée à la naissance, 26 p. 100 pour la taille de portée au sevrage et 36 p. 100 pour le poids de portée au sevrage entre les brebis Galway âgées de deux et quatre ans. En outre, l'augmentation de l'âge des brebis des races Sardi, D'man et de leurs croisées de 100 jours s'est accompagnée d'une amélioration du taux de fertilité de 3 p. 100, de la taille de portée à la naissance de 6,3 p. 100, de la taille de portée au sevrage de 0,11 agneau et du poids de portée au sevrage de 1,4 kg, et cela jusqu'à un âge optimum de 67 mois (9).

Les caractères de reproduction étudiés chez les deux races ont été significativement influencés par la campagne d'agnelage, sauf pour le poids de portée à la naissance et la taille de portée au sevrage de la race Sardi. Les performances les plus élevées ont été généralement enregistrées chez les deux races durant la campagne 1995-96 et les plus faibles ont été réalisées lors de la campagne 1996-97. La campagne d'agnelage a affecté les performances de reproduction à travers son effet sur la disponibilité en aliments produits au niveau

Tableau I

Moyennes ajustées ± erreurs types des performances de reproduction des brebis de race Boujaâd

Facteurs de variation	Nb.	Fertilité (%)	Taille de portée à la naissance (agneaux)	Poids de portée à la naissance (kg)	Taille de portée au sevrage (agneaux)	Poids de portée au sevrage (kg)	Durée de gravidité (jours)
Age des brebis		***	***	***	**	***	***
< 30 mois	267	87 ^a ± 1	1,19 ^a ± 0,03	4,33 ^a ± 0,11	1,14 ^a ± 0,03	24,2 ^a ± 0,6	150,6 ^a ± 0,1
de 30 à 42 mois	248	100 ^b ± 1	1,24 ^a ± 0,03	4,90 ^{ab} ± 0,10	1,20 ^{ac} ± 0,03	26,3 ^b ± 0,5	151,2 ^b ± 0,1
de 42 à 54 mois	226	100 ^b ± 1	1,28 ^{ab} ± 0,03	5,09 ^{bc} ± 0,10	1,23 ^{ac} ± 0,03	27,9 ^c ± 0,5	151,2 ^b ± 0,1
de 54 à 66 mois	220	100 ^b ± 2	1,36 ^{bc} ± 0,03	5,37 ^{cd} ± 0,10	1,32 ^{cd} ± 0,03	28,8 ^{cd} ± 0,6	151,8 ^{cd} ± 0,1
de 66 à 78 mois	169	100 ^b ± 2	1,35 ^c ± 0,04	5,30 ^{cd} ± 0,13	1,28 ^{bc} ± 0,04	27,9 ^{bc} ± 0,7	151,4 ^{bc} ± 0,2
> 78 mois	136	100 ^b ± 2	1,46 ^d ± 0,04	5,59 ^d ± 0,14	1,37 ^d ± 0,04	30,2 ^d ± 0,7	152,0 ^d ± 0,2
Campagne d'agnelage		***	***	***	***	***	***
1993-94	80	100 ^a ± 2	1,31 ^{ace} ± 0,06	5,24 ^{abc} ± 0,19	1,25 ^{ad} ± 0,06	28,7 ^a ± 1,0	152,2 ^a ± 0,3
1994-95	98	100 ^a ± 1	1,32 ^{ae} ± 0,05	4,88 ^{ac} ± 0,16	1,29 ^{ab} ± 0,05	29,7 ^b ± 0,8	149,5 ^b ± 0,2
1995-96	177	100 ^a ± 1	1,48 ^b ± 0,04	5,50 ^b ± 0,12	1,41 ^c ± 0,04	30,0 ^b ± 0,6	151,3 ^{cd} ± 0,2
1996-97	227	99 ^b ± 1	1,20 ^c ± 0,03	4,89 ^c ± 0,10	1,16 ^d ± 0,03	25,8 ^c ± 0,5	152,2 ^a ± 0,1
1997-98	223	97 ^{bc} ± 1	1,25 ^{ac} ± 0,03	4,90 ^c ± 0,10	1,18 ^d ± 0,03	25,7 ^c ± 0,5	151,9 ^a ± 0,1
1998-99	236	98 ^b ± 1	1,36 ^e ± 0,03	5,26 ^{ab} ± 0,09	1,31 ^{bc} ± 0,03	26,4 ^c ± 0,5	151,5 ^c ± 0,1
1999-2000	223	95 ^c ± 2	1,26 ^{ac} ± 0,03	5,06 ^{ac} ± 0,10	1,21 ^{ad} ± 0,03	26,6 ^{ac} ± 0,5	151,1 ^d ± 0,1
Régression linéaire (poids à la lutte)		***	***	***	***	***	**
		-0,07 ± 0,05	0,014 ± 0,002	0,051 ± 0,005	0,010 ± 0,002	0,191 ± 0,027	-0,025 ± 0,008

Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'un facteur sont significativement différentes au seuil de 5 %
 ** P < 0,01 ; *** P < 0,001

Tableau II

Moyennes ajustées ± erreurs types des performances de reproduction des brebis de race Sardi

Facteurs de variation	Nb.	Fertilité (%)	Taille de portée à la naissance (agneaux)	Poids de portée à la naissance (kg)	Taille de portée au sevrage (agneaux)	Poids de portée au sevrage (kg)	Durée de gravidité (jours)
Age des brebis		***	***	***	***	***	***
< 30 mois	187	87 ^b ± 1	1,17 ^a ± 0,04	4,63 ^a ± 0,15	1,13 ^a ± 0,04	25,2 ^a ± 0,8	150,9 ^a ± 0,2
de 30 à 42 mois	173	100 ^a ± 1	1,17 ^a ± 0,04	4,86 ^a ± 0,13	1,15 ^a ± 0,04	26,9 ^a ± 0,7	151,0 ^a ± 0,2
de 42 à 54 mois	179	100 ^a ± 1	1,33 ^b ± 0,04	5,41 ^b ± 0,31	1,29 ^b ± 0,04	29,8 ^b ± 0,7	151,8 ^b ± 0,2
de 54 à 66 mois	144	100 ^a ± 2	1,40 ^b ± 0,04	5,73 ^b ± 0,16	1,40 ^c ± 0,04	31,0 ^b ± 0,8	151,6 ^b ± 0,2
> 66 mois	128	100 ^a ± 2	1,37 ^b ± 0,06	5,84 ^b ± 0,20	1,32 ^{bc} ± 0,06	29,5 ^b ± 1,0	152,1 ^b ± 0,3
Campagne d'agnelage		**	*	NS	NS	*	***
1993-94	48	97 ^b ± 2	1,29 ^{ab} ± 0,06	5,26 ± 0,23	1,28 ± 0,06	28,6 ^{ab} ± 1,2	152,2 ^c ± 0,3
1994-95	46	100 ^a ± 2	1,24 ^{ab} ± 0,07	4,95 ± 0,30	1,23 ± 0,07	31,2 ^{ab} ± 1,3	150,6 ^b ± 0,3
1995-96	123	100 ^a ± 2	1,30 ^{ab} ± 0,05	5,43 ± 0,18	1,29 ± 0,05	29,5 ^{ab} ± 0,9	151,9 ^{ac} ± 0,2
1996-97	144	97 ^b ± 1	1,20 ^b ± 0,04	5,18 ± 0,15	1,18 ± 0,04	26,9 ^c ± 0,8	152,5 ^{ac} ± 0,2
1997-98	160	96 ^b ± 1	1,26 ^b ± 0,04	5,30 ± 0,41	1,21 ± 0,04	26,5 ^c ± 0,7	151,3 ^b ± 0,2
1998-99	156	99 ^b ± 1	1,41 ^a ± 0,04	5,53 ± 0,14	1,35 ± 0,04	27,8 ^b ± 0,7	151,2 ^b ± 0,2
1999-2000	134	96 ^b ± 2	1,32 ^{ab} ± 0,05	5,39 ± 0,18	1,26 ± 0,05	28,8 ^{ab} ± 0,9	150,7 ^b ± 0,2
Régression linéaire (poids à la lutte)		***	***	***	***	***	NS
		-0,19 ± 0,05	0,009 ± 0,002	0,037 ± 0,006	0,007 ± 0,002	0,122 ± 0,033	0,008 ± 0,008

Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'un facteur sont significativement différentes au seuil de 5 %
 NS : P > 0,05 ; * P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; *** P < 0,001

de la station. L'effet de la campagne d'agnelage sur les performances de reproduction a été en accord avec ceux de plusieurs auteurs (2, 6) qui ont constaté que les performances de reproduction des brebis ont varié d'une campagne d'agnelage à l'autre.

Excepté la durée de gravidité des brebis de race Sardi, tous les autres caractères de reproduction étudiés chez les deux races ont été significativement influencés par le poids à la lutte des brebis. Ainsi, l'augmentation du poids à la lutte de 1 kg a amélioré la taille de portée à la naissance de 0,014 et 0,009 agneau, la taille de portée au sevrage de 0,010 et 0,007 agneau, le poids de portée à la naissance de 0,051 et 0,037 kg, et le poids de portée au sevrage de 0,191 et 0,122 kg, respectivement chez les brebis des races Boujaâd et Sardi. En revanche, cette augmentation a diminué la fertilité des brebis des races Boujaâd et Sardi respectivement de $-0,07$ et $-0,19$ p. 100, et la durée de gravidité des brebis de race Boujaâd de 0,025 jour. Ces résultats confirment ceux d'Abegaz et coll. (2) qui ont rapporté que la taille de portée à la naissance a augmenté de 0,025 pour chaque augmentation du poids à la lutte de 1 kg.

Répétabilité et héritabilité

Les répétabilités et les héritabilités estimées des caractères de reproduction des brebis des races Boujaâd et Sardi ont été rapportées dans le tableau III. Les répétabilités des caractères de reproduction des races Boujaâd et Sardi ont été presque identiques. Elles ont été de 0,18 et 0,21 pour la taille de portée à la naissance, 0,17 et 0,18 pour la taille de portée au sevrage, 0,23 et 0,24 pour le poids de portée à la naissance, 0,18 et 0,15 pour le poids de portée au sevrage, et 0,18 et 0,16 pour la durée de gravidité, respectivement chez les brebis des races Boujaâd et Sardi. Les répétabilités des poids de portée ont été légèrement supérieures à celles des tailles de portée correspondantes, sauf pour la taille et le poids de portée au sevrage de la race Sardi. De même, les répétabilités des caractères de portée à la naissance ont été plus élevées que celles de leurs homologues au sevrage. La même constatation a été faite par Boujenane et Mharchi (6).

Les répétabilités des tailles de portée à la naissance et au sevrage des brebis des races Boujaâd et Sardi ont été supérieures à celles obtenues par Boujenane et Mharchi (6) sur la race Béni Guil (0,11 et 0,10), par Boujenane et coll. (5) sur la race D'man (0,11 et

0,11), par Abdulkhaliq et coll. (1) sur les races Suffolk, Columbia et Targhee (0,09 et 0,10), par Abegaz et coll. (2) sur la race Horro (0,12), et aux valeurs moyennes rapportées par Fogarty (13) sur plusieurs races (0,11 et 0,08). Toutefois, les répétabilités de la taille de portée à la naissance des brebis des races Boujaâd et Sardi ont été inférieures à celles estimées par Boujenane et coll. (4) sur les brebis des races D'man, Sardi et leurs croisées.

La répétabilité du poids de portée à la naissance des races Boujaâd et Sardi a été pratiquement similaire à celles trouvées par Abdulkhaliq et coll. (1) sur les races Suffolk, Columbia et Targhee (0,21), et par Boujenane et Mharchi (6) sur la race Béni Guil (0,20). Mais, elle a été plus élevée que la répétabilité de 0,12 obtenue sur la race D'man (5). La répétabilité du poids de portée au sevrage des races Boujaâd et Sardi a été légèrement supérieure à celle obtenue chez les races Béni Guil (6) et D'man (5), et à la répétabilité moyenne (0,11) obtenue chez les races Suffolk, Columbia et Targhee (1). La répétabilité de la durée de gravidité des brebis des races Boujaâd et Sardi a été inférieure à celle rapportée par Prud'Hon et coll. (21) sur la race Mérinos (0,23).

Quoi qu'il en soit, les répétabilités des caractères de reproduction des brebis des races Boujaâd et Sardi sont restées faibles et ont montré que la prise en considération de plusieurs performances sur ces caractères était nécessaire lors de la sélection pour porter un bon jugement sur la brebis.

Les héritabilités estimées des caractères de reproduction des brebis de race Boujaâd ont été généralement inférieures aux répétabilités correspondantes, alors que celles des brebis de race Sardi ont été égales à leurs répétabilités. Ce dernier résultat, légèrement surprenant puisque la répétabilité est la limite supérieure de l'héritabilité, a été dû au fait que les variances de l'environnement permanent des caractères de reproduction des brebis de race Sardi ont été presque égales à zéro. Ceci a pu être expliqué par une mauvaise estimation des effets de l'environnement permanent consécutive à des répétitions en nombre insuffisant, puisque la moyenne du nombre d'agnelages a été de trois chez les brebis Boujaâd et de 2,7 chez les brebis Sardi. Néanmoins, les héritabilités calculées à partir des analyses à deux caractères ont été différentes et souvent légèrement inférieures à celles estimées à partir des analyses monocaractères (tableau IV). Les héritabilités des caractères de reproduction des

Tableau III

Estimations des composantes de la variance, de la répétabilité (\hat{r}) et de l'héritabilité (\hat{h}^2) des caractères de reproduction des brebis des races Boujaâd et Sardi obtenues à partir des analyses monocaractères

Caractère	Boujaâd						Sardi					
	σ_p^2	σ_a^2	σ_{ep}^2	σ_e^2	\hat{h}^2	\hat{r}	σ_p^2	σ_a^2	σ_{ep}^2	σ_e^2	\hat{h}^2	\hat{r}
Taille de portée à la naissance	0,175	0,031	0,000	0,144	0,18	0,18	0,188	0,039	$0,0600 \times 10^{-4}$	0,148	0,21	0,21
Taille de portée au sevrage	0,163	0,018	0,009	0,136	0,11	0,17	0,168	0,031	$0,0005 \times 10^{-4}$	0,137	0,18	0,18
Poids de portée à la naissance	1,748	0,323	0,082	0,344	0,18	0,23	2,211	0,528	$0,0050 \times 10^{-4}$	1,683	0,24	0,24
Poids de portée au sevrage	45,805	4,860	3,350	37,594	0,11	0,18	54,615	8,439	$0,6942 \times 10^{-4}$	46,176	0,15	0,15
Durée de gravidité	3,607	0,159	0,496	2,951	0,04	0,18	3,431	0,535	$0,3613 \times 10^{-4}$	2,897	0,16	0,16

Tableau IV

Estimations des héritabilités, des corrélations génétiques et des corrélations phénotypiques entre les caractères de reproduction des brebis des races Boujaâd (B) et Sardi (S) obtenues à partir des analyses à deux caractères ¹

Caractère	Taille de portée à la naissance		Taille de portée au sevrage		Poids de portée à la naissance		Poids de portée au sevrage		Durée de gravidité	
	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S
Taille de portée à la naissance	0,18	0,18	1,00	0,66	0,80	0,96	1,00	0,22	-0,19	-0,04
Taille de portée au sevrage	0,93	0,66	0,15	0,18	0,89	0,06	0,83	0,20	0,10	0,06
Poids de portée à la naissance	0,85	0,82	0,77	0,07	0,21	0,20	1,00	0,68	0,37	0,26
Poids de portée au sevrage	0,72	0,14	0,87	0,15	0,27	0,44	0,08	0,17	0,27	-0,04
Durée de gravidité	-0,04	-0,02	-0,04	-0,03	0,10	0,07	0,00	-0,02	0,05	0,15

¹ Les corrélations génétiques sont au-dessus de la diagonale, les corrélations phénotypiques sont au-dessous de la diagonale et les héritabilités, calculées comme la moyenne des héritabilités obtenues à partir des analyses à deux caractères, sont sur la diagonale

brebis de race Sardi ont été plus élevées que celles des brebis de race Boujaâd. Elles ont été de 0,21 et 0,18 pour la taille de portée à la naissance, de 0,18 et 0,11 pour la taille de portée au sevrage, de 0,24 et 0,18 pour le poids de portée à la naissance, de 0,15 et 0,11 pour le poids de portée au sevrage, et de 0,16 et 0,04 pour la durée de gravidité, respectivement chez les brebis des races Sardi et Boujaâd. Ces différences ont pu être expliquées par la difficulté du modèle et du protocole expérimental à bien estimer les effets de l'environnement permanent. Les héritabilités de la taille de portée à la naissance des brebis des races Sardi et Boujaâd ont été identiques à celles rapportées chez les brebis des races Timahdite et D'man (12), et Suffolk (1). Elles ont été supérieures à celles estimées chez les brebis des races D'man (5), Béni Guil (6), Horro (2), Columbia, Polypay, Rambouillet et Targhee (7), et Targhee, Suffolk et Polypay (22). En revanche, elles ont été inférieures aux héritabilités rapportées par Abdulkhalik et coll. (1) chez les races Targhee et Columbia (0,23 et 0,35). Les héritabilités de la taille de portée au sevrage des brebis des races Boujaâd et Sardi ont été supérieures à celles rapportées par plusieurs auteurs (5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 19, 24) sur différentes races. Cependant, elles ont été inférieures à celles trouvées par Abdulkhalik et coll. (1) sur les races Targhee et Columbia (0,19 et 0,26).

Les héritabilités du poids de portée à la naissance des brebis des races Boujaâd et Sardi ont été supérieures à celles trouvées par El Fadili et Leroy (12) chez les races Timahdite et D'man (0,15), par Boujenane et coll. (5) chez la race D'man (0,15) et par Abdulkhalik et coll. (1) chez la race Targhee (0,12). Elles ont été inférieures à l'héritabilité trouvée par Abdulkhalik et coll. (1) chez la race Suffolk (0,28). Cependant, l'héritabilité du poids de portée à la naissance des brebis de race Boujaâd a été comparable à celles obtenues par Boujenane et Mharchi (6) chez la race Béni Guil (0,19), et par Abdulkhalik et coll. (1) chez la race Columbia (0,20).

Les héritabilités du poids de portée au sevrage des brebis des races Boujaâd et Sardi ont été similaires à celle obtenue chez la race Béni Guil (6). Elles ont été supérieures à celles estimées par Boujenane et coll. (5) chez la race D'man (0,08), par El Fadili et Leroy (12) chez les races Timahdite et D'man (0,08), par Fogarty (13) (0,14), et par Safari et coll. (24) (0,11) chez plusieurs races. Mais,

elles ont été inférieures aux héritabilités trouvées par Abdulkhalik et coll. (1) chez les races Columbia et Suffolk, et par Bromley et coll. (8) chez les races Columbia, Polypay, Rambouillet et Targhee.

Les héritabilités de la durée de gravidité des brebis des races Boujaâd et Sardi ont été inférieures à celles trouvées par Prud'Hon et coll. (21) chez la race Mérinos (0,35), et Osinowo et coll. (20) chez la race Yankasa (0,20) lorsque la durée de gravidité était considérée comme caractère du fœtus. La faible héritabilité trouvée pour la durée de gravidité chez la race Boujaâd a pu être expliquée par l'effet des facteurs de l'environnement (21).

Corrélations génétiques et phénotypiques

Les corrélations génétiques et phénotypiques entre les caractères de reproduction étudiés chez les brebis des races Boujaâd et Sardi ont été rapportées dans le tableau IV. Les corrélations génétiques et phénotypiques entre les caractères de portée ont toutes été positives et moyennes à élevées. Celles faisant intervenir la durée de gravidité ont été parfois négatives. De façon générale, les corrélations enregistrées chez la race Boujaâd ont été supérieures à celles obtenues chez la race Sardi. Ainsi, les corrélations génétiques et phénotypiques ont varié respectivement de 0,83 à 1,00 et de 0,27 à 0,93 chez la race Boujaâd, et de 0,06 à 0,96 et de 0,07 à 0,82 chez la race Sardi. Chez la race Boujaâd, les corrélations génétiques estimées entre la taille de portée à la naissance et la taille de portée au sevrage, la taille de portée à la naissance et le poids de portée au sevrage, et entre le poids de portée à la naissance et le poids de portée au sevrage ont été égales à 1. Ceci indique que la sélection sur l'un des caractères est accompagnée inéluctablement par l'amélioration de l'autre caractère.

Chez la race Sardi, la corrélation phénotypique la plus faible a été enregistrée entre le poids de portée à la naissance et la taille de portée au sevrage (0,07), et la plus élevée entre la taille de portée à la naissance et le poids de portée à la naissance (0,82). Quant à la race Boujaâd, la corrélation phénotypique la plus faible a été enregistrée entre les poids de portée à la naissance et au sevrage (0,27), et la plus élevée entre les tailles de portée à la naissance et au sevrage (0,93).

Les valeurs des corrélations obtenues dans cette étude ont été conformes à celles rapportées par plusieurs auteurs (1, 5, 6, 8, 13, 14, 15, 19, 23) qui ont varié de 0,17 à 1,00 pour les corrélations génétiques et de 0,34 à 0,93 pour les corrélations phénotypiques, indiquant ainsi que beaucoup de gènes identiques étaient engagés dans l'expression de ces caractères chez les races ovines.

Les corrélations génétiques et phénotypiques de la durée de gravité des brebis Boujaâd et Sardi avec les caractères de portée ont été faibles et parfois négatives. Les corrélations génétiques ont varié de - 0,19 chez la race Boujaâd et de - 0,04 chez la race Sardi entre la taille de portée à la naissance et la durée de gravité, et à 0,37 chez la race Boujaâd et à - 0,04 chez la race Sardi entre le poids de portée à la naissance et la durée de gravité. Alors que les corrélations phénotypiques ont varié de - 0,04 chez la race Boujaâd et de - 0,03 chez la race Sardi entre la taille de portée au sevrage et la durée de gravité, et à 0,10 chez la race Boujaâd à 0,07 chez la race Sardi entre le poids de portée à la naissance et la durée de gravité. Osinowo et coll. (20) ont rapporté des corrélations génétiques de - 0,29 entre la durée de gravité et la taille de portée à la naissance, et de - 0,15 entre la durée de gravité et le poids de portée à la naissance.

Il apparaît opportun de noter que l'introduction du poids à la lutte dans le modèle est susceptible de biaiser les estimations des paramètres génétiques des performances de reproduction, puisqu'il est lui-même influencé par des facteurs génétiques, comme en témoignent les corrélations génétiques positives entre le poids corporel et certains paramètres de reproduction des brebis (18, 25). Néanmoins, Michels et coll. (16) rapportent qu'il n'y a pas de relation nette entre les performances de reproduction et le poids des brebis, et que cette relation ne doit pas être généralisée car elle varie selon la race des brebis étudiées.

■ CONCLUSION

Les paramètres génétiques et phénotypiques estimés pour les caractères de reproduction des brebis des races Boujaâd et Sardi ont montré que les héritabilités de ces caractères étaient faibles à moyennes, et que les corrélations génétiques et phénotypiques étaient souvent positives et élevées. L'héritabilité de la taille de portée à la naissance a suggéré que dans le cadre d'un schéma de sélection ce caractère pourra être utilisé comme critère de sélection pour améliorer la productivité des brebis des races Boujaâd et Sardi.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABDULKHALIQ A.M., HARVEY W.R., PARKER C.F., 1989. Genetic parameters for ewe productivity traits in the Columbia, Suffolk and Targhee breeds. *J. Anim. Sci.*, **67**: 3250-3257.
2. ABEGAZ S., DUGUMA G., NEGUSSIE E., GELMESA U., TEREFE F., REGE J.E.O., 2002. Factors affecting reproductive performance and estimates of genetic parameters of litter size in Horro sheep. *J. Agric. Sci.*, **139**: 79-85.
3. BOLDMAN K.G., KRIESE L.A., VAN VLECK L.D., KACHMAN S.D., 1993. A manual for MTDFREML, a set of programs to obtain estimates of variances and covariances. Washington, DC, USA, USDA, Agric. Res. Serv., 120 p.
4. BOUJENANE I., BRADFORD G.E., BERGER Y.M., LAHLOU-KASSI A., 1991. Repeatability estimates for litter size and its components in sheep. *Anim. Reprod. Sci.*, **26**: 107-113.
5. BOUJENANE I., KERFAL M., KHALLOUK M., 1991. Genetic and phenotypic parameters for litter traits of D'man ewes. *Anim. Prod.*, **52**: 127-132.
6. BOUJENANE I., MHARCHI A., 1992. Estimation des paramètres génétiques et phénotypiques des performances de reproduction des brebis de race Béni Guil. *Actes Inst. Agron. vét.*, **12**: 5-13.
7. BROMLEY C.M., SNOWDER G.D., VAN VLECK L.D., 2000. Genetic parameters among weight, prolificacy, and wool traits of Columbia, Polypay, Rambouillet, and Targhee sheep. *J. Anim. Sci.*, **78**: 846-858.
8. BROMLEY C.M., VAN VLECK L.D., SNOWDER G.D., 2001. Genetic correlations for litter weight weaned with growth, prolificacy, and wool traits in Columbia, Polypay, Rambouillet and Targhee sheep. *J. Anim. Sci.*, **79**: 339-346.
9. CHAFIK A., 1994. Effets d'hétérosis sur les performances des ovins de différentes générations du croisement entre les races D'man et Sardi. Thèse Doct. Sci., université Chouaib Doukkali, El Jadida, Maroc, 145 p.
10. CHIKHI A., BOUJENANE I., 2003. Performances de reproduction et de production des ovins de race Boujaâd au Maroc. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **56**: 83-88.
11. CHIKHI A., BOUJENANE I., 2003. Caractérisation zootechnique des ovins de race Sardi au Maroc. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **56**: 187-192.
12. EL FADILI M., LEROY P.L., 2001. Estimation of additive and non additive genetic parameters for reproduction, growth and survival traits in crosses between the Moroccan D'man and Timahdite sheep breeds. *J. Anim. Breed. Genet.*, **118**: 341-353.
13. FOGARTY N.M., 1995. Genetic parameters for live weight, fat and muscle measurements, wool production and reproduction in sheep: a review. *Anim. Breed. Abstr.*, **63**: 101-143.
14. HANFORD K.J., VAN VLECK L.D., SNOWDER G.D., 2002. Estimates of genetic parameters and genetic change for reproduction, weight, and wool characteristics of Columbia sheep. *J. Anim. Sci.*, **80**: 3086-3098.
15. HANFORD K.J., VAN VLECK L.D., SNOWDER G.D., 2003. Estimates of genetic parameters and genetic change for reproduction, weight, and wool characteristics of Targhee sheep. *J. Anim. Sci.*, **81**: 630-640.
16. MICHELS H., DECUYPERE E., ONAGBESAN O., 2000. Litter size, ovulation rate and prenatal survival in relation to ewe body weight: genetics review. *Small Ruminant Res.*, **38**: 199-209.
17. MORE O'FERRALL G.J., 1978. Phenotypic and genetic parameters of productivity in Galway ewes. *Anim. Prod.*, **23**: 295-304.
18. MORRIS C.A., JOHNSON D.L., SUMNER R.M.W., HIGHT G.K., DOBBIE J.L., JONES K.R., WRIGGLESWORTH A.L., HICKEY S.M., 1996. *N.Z. J. Agric. Res.*, **39**: 95-106.
19. OKUT H., BROMLEY C.M., VAN VLECK L.D., SNOWDER G.D., 1999. Genotypic expression at different ages: I. Prolificacy traits for sheep. *J. Anim. Sci.*, **77**: 2357-2365.
20. OSINOWO O.A., ABUBAKAR B.Y., TRIMNELL A.R., 1993. Genetic and phenotypic relationships between gestation length, litter size and litter birth weight in Yankasa sheep. *Anim. Reprod. Sci.*, **34**: 111-118.
21. PRUD'HON M., DESVIGNES A., DENOY I., 1970. Etude des résultats de six années d'élevage des brebis Mérinos d'Arles du domaine de Merle. II. La durée de vie embryonnaire et le poids à la naissance des agneaux. *Ann. Zoot.*, **19**: 439-454.
22. RAO S., NOTTER D.R., 2000. Genetic analysis of litter size in Targhee, Suffolk and Polypay sheep. *J. Anim. Sci.*, **78**: 2113-2120.
23. ROSATI A., MOUSA E., VAN VLECK L.D., YOUNG L.D., 2002. Genetic parameters of reproductive traits in sheep. *Small Ruminant Res.*, **43**: 65-74.
24. SAFARI E., FOGARTY N.M., GILMOUR A.R., 2005. A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livest. Prod. Sci.*, **92**: 271-289.
25. SNYMAN M.A., CLOETE S.W.P., OLIVIER J.J., 1998. Genetic and phenotypic correlations of total weight of lamb weaned with body weight, clean fleece weight and mean fibre diameter in three South African Merino flocks. *Livest. Prod. Sci.*, **55**: 157-162.

Accepté le 31.01.2007

Summary

Boujenane I., Chikhi A. Genetic and Phenotypic Parameters of Reproductive Performance of Boujaâd and Sardi Ewes

The analysis concerned 1264 and 811 reproduction records of Boujaâd and Sardi ewes, respectively. Data were collected from 1993-94 to 1999-2000 at Deroua Experimental Station of the Institut national de la recherche agronomique at Béni Mellal. The genetic parameters for reproductive traits were estimated by the REML estimation of variance and covariance components method. Repeatability estimates in Boujaâd ewes were 0.18 and 0.17 for litter size at birth and at weaning, 0.23 and 0.18 for litter weight at birth and at weaning, respectively, and 0.18 for length of pregnancy. Corresponding estimates in Sardi ewes were 0.21 and 0.18, 0.24 and 0.15, and 0.16. Heritability estimates of Boujaâd ewes were 0.18 and 0.11 for litter size at birth and at weaning, 0.18 and 0.11 for litter weight at birth and at weaning, respectively, and 0.04 for length of pregnancy. Corresponding estimates in Sardi ewes were 0.21 and 0.18, 0.24 and 0.15, and 0.16. Genetic and phenotypic correlations between these traits varied from 0.83 to 1.00 and from 0.27 to 0.93 in Boujaâd ewes, and from 0.06 to 0.96 and from 0.07 to 0.82 in Sardi ewes, respectively. It was concluded that these parameters could be used in selection programs to improve productivity in Boujaâd and Sardi ewes.

Keywords: Boujaâd sheep – Sardi sheep – Reproduction – Heritability – Genetic correlation – Selection criteria – Morocco.

Resumen

Boujenane I., Chikhi A. Parámetros genéticos y fenotípicos de los rendimientos de reproducción de las ovejas de raza Boujaâd y Sardi en Marruecos

El estudio se llevó a cabo sobre el análisis de 1264 y 811 rendimientos de reproducción de ovejas de razas Boujaâd y Sardi, respectivamente. Estos datos se colectaron de 1993 a 1994 y de 1999 al 2000 en el sitio experimental Déroua del Instituto nacional de la investigación agronómica de Béni Mellal. Los parámetros genéticos de los caracteres de reproducción fueron estimados mediante el método REML (*restricted maximum likelihood method*) para la estimación de los componentes de la varianza y de la covarianza. Las repetibilidades estimadas en la raza Boujaâd fue de 0,18 y 0,17 para el tamaño de la camada al nacimiento y al destete respectivamente, de 0,23 y 0,18 para el peso de la camada al nacimiento y al destete respectivamente y de 0,18 para la duración de la gestación. En la raza Sardi, las estimaciones correspondientes fueron respectivamente de 0,21 y 0,18, 0,24 y 0,15 y 0,16. Las heredabilidades estimadas en la raza Boujaâd fueron de 0,18 y 0,11 respectivamente para el tamaño de la camada al nacimiento y al destete, de 0,18 y 0,11 respectivamente para el peso de la camada al nacimiento y al destete y de 0,04 para la duración de la gestación. En la raza Sardi, las estimaciones correspondientes fueron respectivamente de 0,21 y 0,18, 0,24 y 0,15 y 0,16. Las correlaciones genéticas y fenotípicas entre estos caracteres variaron respectivamente de 0,83 a 1,00 y de 0,27 a 0,93 en la raza Boujaâd y de 0,06 a 0,96 y de 0,07 a 0,82 en la raza Sardi. Se concluye que estos parámetros podrían ser utilizados en los programas de selección para mejorar la productividad de las ovejas de razas Boujaâd y Sardi.

Palabras clave: Ovino Boujaâd – Ovino Sardi – Reproducción – Heredabilidad – Correlación genética – Criterio de selección – Marruecos.

Effets génétiques et non génétiques sur le poids de toison des ovins des races Boujaâd et Sardi

A. Chikhi¹ I. Boujenane²

Mots-clés

Ovin Boujaâd – Ovin Sardi – Laine – Héritabilité – Progrès génétique – Maroc.

Résumé

L'analyse a porté sur 1 937 et 2 005 poids de toison des ovins, respectivement des races Boujaâd et Sardi. Les données ont été collectées durant huit ans, de 1994 à 2001, dans le domaine expérimental Dérroua à l'Inra. L'âge à la tonte, l'année de tonte et le sexe de l'animal ont eu des effets significatifs sur le poids de toison des ovins des deux races. Les animaux âgés de moins de 18 mois et de sexe mâle ont montré les performances les plus élevées. La répétabilité et l'héritabilité du poids de toison ont été estimées par la méthode Reml appliquée à un modèle animal. Les répétabilités estimées du poids de la toison ont été de 0,46 et 0,57 respectivement pour les ovins des races Boujaâd et Sardi, et les héritabilités ont été respectivement de 0,27 et 0,40. La régression de la valeur génétique additive de chaque animal pour le poids de toison, estimée par la méthode Blup appliquée à un modèle animal en son année de naissance a montré un progrès génétique annuel de 32 g/an pour la race Boujaâd et de 68 g/an pour la race Sardi. Il a été conclu que la sélection serait très efficace pour l'amélioration du poids de toison des ovins des races Boujaâd et Sardi.

■ INTRODUCTION

La production des ovins est caractérisée par trois produits principaux, à savoir la viande, le lait et la laine. Au Maroc, la priorité est accordée à la production de viande dans le but de satisfaire la demande de la population en protéines animales ; la laine est considérée comme un sous-produit de l'élevage. En effet, bien que la production de la laine soit annuellement de 36 000 tonnes, elle est essentiellement destinée à la literie et à la fabrication des tapis. L'industrie textile fait rarement appel à la laine locale qu'elle considère de mauvaise qualité à cause de la forte présence de jarres dans la toison (4). Par conséquent, il est important de mettre en place un programme de sélection afin d'augmenter le poids de toison, d'améliorer la qualité de la laine et de valoriser les laines produites par les races locales (5). Ce programme de sélection, qui peut dans un premier temps s'intéresser à l'amélioration du poids de toison, nécessite pour sa réussite la connaissance des facteurs

non génétiques qui affectent ce caractère et l'estimation des paramètres génétiques et phénotypiques.

La présente étude vise la détermination des principaux facteurs non génétiques qui influencent le poids de toison des ovins des races Boujaâd et Sardi, l'estimation de la répétabilité, de l'héritabilité, ainsi que du progrès génétique réalisé par sélection.

■ MATERIEL ET METHODES

Source des données

L'étude a porté sur l'analyse de 1 937 poids de toison obtenus à partir de 427 brebis et béliers issus de 33 pères de race Boujaâd et de 2 005 poids de toison de 579 brebis et béliers issus de 24 pères de race Sardi. Les poids de toison ont été collectés durant huit années, de 1994 à 2001, dans le domaine expérimental Dérroua (DED) à l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) de Béni Mellal qui est localisé à 300 km au sud-est de Rabat. Les brebis tondues de race Boujaâd ont eu un rang d'agnelage moyen de 3,54 (rangs de 1 à 8) et un âge à la tonte moyen de 48,3 mois. Celles de race Sardi ont eu un rang d'agnelage moyen de 2,98 (rangs de 1 à 8) et un âge à la tonte moyen de 42,8 mois. La répartition du nombre de toisons par race, par sexe et par année est présentée dans le tableau I.

1. Institut national de la recherche agronomique, Errachidia, Maroc.

2. Département des Productions animales, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, BP 6202, Rabat-Instituts, 10101 Rabat, Maroc.

Tél./fax : +212 37 77 64 20 ; e-mail : i.boujenane@iav.ac.ma

* Auteur pour la correspondance

Tableau I

Répartition du nombre de données par race, par sexe et par année de tonte

Année de tonte	Race Boujaâd			Race Sardi		
	Mâle	Femelle	Total	Mâle	Femelle	Total
1994	–	134	134	–	105	105
1995	17	190	207	30	257	287
1996	23	235	258	26	275	301
1997	18	235	253	21	213	234
1998	46	246	292	45	213	258
1999	40	225	265	36	207	243
2000	51	239	290	49	239	288
2001	51	187	238	50	239	289
Total	247	1 690	1 937	257	1 748	2 005

Conduite des animaux

Les animaux des deux races étaient conduits en stabulation permanente et recevaient une alimentation à l'auge à base de foin de luzerne, de paille, d'orge grain, de maïs grain, de pulpe sèche de betterave, de tourteau de tournesol et d'un complément minéral et vitaminé. Les brebis se reproduisaient au rythme d'un agnelage par an. La lutte contrôlée était réalisée chaque année aux mois de juin et juillet et durait 60 jours. Les agnelages avaient lieu durant la période novembre - décembre. Les agneaux étaient sevrés à l'âge de 90 jours. Les animaux étaient vaccinés pour prévenir l'entérototoxicité, la clavelée et la myopathie, et ils étaient traités contre les parasites internes et externes. Des informations plus détaillées sur les races Sardi et Boujaâd et le mode de conduite du troupeau ont été rapportées par Chikhi et Boujenane (7, 8).

Contrôles effectués

Les animaux étaient tondus manuellement une fois par an, vers avril - mai. La tonte concernait tous les animaux du troupeau (brebis, béliers, antenaises et antenais), excepté les agneaux nés durant l'année. L'âge à la première tonte des animaux du troupeau était en moyenne de 17,5 mois. Le jour de la tonte, la toison de chaque animal était pesée, et le numéro, la date de tonte, le rang de tonte et le sexe de l'animal étaient enregistrés.

Analyses statistiques

L'analyse a été faite séparément pour chaque race. La détermination des effets des facteurs non génétiques qui ont influencé le poids de toison a été faite par la méthode des moindres carrés en utilisant la procédure des modèles linéaires généralisés (GLM) du logiciel SAS (21). Le modèle final incluait les effets fixes de l'âge à la tonte (7 niveaux : âge < 18 mois, 18 ≤ âge < 30 mois, 30 ≤ âge < 42 mois, 42 ≤ âge < 54 mois, 54 ≤ âge < 66 mois, 66 ≤ âge < 78 mois et âge ≥ 78 mois), le sexe (2 niveaux : mâle et femelle), l'année de tonte (8 niveaux : 1994 ... 2001) et l'interaction entre l'âge à la tonte et le sexe.

L'estimation des composantes de la variance a été faite en utilisant la méthode de vraisemblance maximale restreinte (Reml) à l'aide du programme Mtdfreml (3). Le modèle animal utilisé a inclus

les effets fixes (âge à la tonte, sexe, année de tonte), l'effet aléatoire de l'animal et l'effet aléatoire de l'environnement permanent. La convergence a été considérée comme atteinte lorsque la variance du simplex a été inférieure à 10⁻⁸. La représentation matricielle du modèle a été comme suit :

$$y = Xb + Za + We_p + e$$

où y est le vecteur des observations, X la matrice d'incidence qui relie les observations aux effets fixes, b le vecteur des effets fixes, Z la matrice d'incidence qui relie les observations aux valeurs génétiques additives, a le vecteur des valeurs génétiques additives ~ (0, Aσ²_a), W la matrice d'incidence qui relie les observations aux effets de l'environnement permanent, e_p le vecteur de l'environnement permanent ~ (0, I_cσ²_c) et e le vecteur des résiduelles ~ (0, I_nσ²_e). En outre, A est la matrice des relations génétiques additives entre les animaux, I_c une matrice unité de dimension égale au nombre d'animaux, I_n une matrice unité de dimension égale au nombre d'observations, σ²_a la variance génétique additive, σ²_c la variance de l'environnement permanent et σ²_e la variance résiduelle.

La répétabilité (r) du poids de toison a été estimée par $r = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{e_p}^2}{\sigma_p^2}$

et son héritabilité (h²) par $h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2}$, où σ²_p est la variance phénotypique totale.

Les valeurs génétiques de tous les animaux (individus, pères et mères) présents dans le fichier de données analysées ont été estimées en utilisant le modèle précédent. Le progrès génétique annuel réalisé a été calculé par la régression de la valeur génétique additive estimée de chaque animal en son année de naissance.

RESULTATS ET DISCUSSION

La moyenne arithmétique du poids de toison des ovins de race Boujaâd a été de 3,41 kg, avec un coefficient de variation de 23,1 p. 100. Celle du poids de toison des ovins de race Sardi a été de 2,00 kg, avec un coefficient de variation de 36,8 p. 100. Les moyennes ajustées du poids de toison des ovins des races Boujaâd et Sardi par facteur de variation sont rapportées dans le tableau II.

Effet de l'âge à la tonte

L'âge à la tonte a eu un effet significatif sur le poids de toison des ovins des races Boujaâd et Sardi. Le poids de toison le plus élevé a été enregistré chez les ovins âgés de moins de 18 mois, c'est-à-dire chez les animaux tondus pour la première fois. Le plus faible poids a été obtenu chez ceux âgés de plus de 78 mois. Les différences entre les classes extrêmes ont été de 1,89 kg chez les ovins Boujaâd et 1,45 kg chez les ovins Sardi. Ces résultats peuvent être expliqués par la diminution du nombre et de la densité des fibres avec l'âge des animaux. Plusieurs auteurs ont rapporté que l'âge à la tonte affecte le poids de la toison. Eikje (10) rapporte que les brebis âgées de deux ans (première tonte) des cinq races étudiées produisent des toisons de 0,3 à 0,5 kg plus lourdes que celles des autres groupes d'âge. Le poids de toison des ovins des races Sardi, Timahdite et de leurs races croisées est de 2,21 kg à un âge inférieur à 24 mois (première tonte) et de 1,55 kg à un âge de plus de 60 mois (11).

Effet du sexe

Le sexe des animaux des races Boujaâd et Sardi a influencé de manière très significative le poids de toison (p < 0,001). Les mâles ont produit des toisons plus lourdes que les femelles. Cette supériorité a été de 0,54 kg chez la race Boujaâd et de 0,27 kg chez la race Sardi. Ces résultats confirment ceux de Basuthakur et coll. (2) qui trouvent

Tableau II

Moyennes ajustées \pm erreurs types du poids de toison des ovins Boujaâd et Sardi

Facteur de variation	Race Boujaâd		Race Sardi	
	Nb.	Moyenne ajustée (kg)	Nb.	Moyenne ajustée (kg)
Age à la tonte (mois)		***		*
< 18	343	4,53 \pm 0,05 ^a	494	2,78 \pm 0,04 ^a
19 \leq âge < 30	365	3,83 \pm 0,05 ^b	403	2,19 \pm 0,05 ^b
30 \leq âge < 42	265	3,54 \pm 0,08 ^d	285	2,06 \pm 0,07 ^{cd}
42 \leq âge < 54	310	3,36 \pm 0,07 ^d	312	1,91 \pm 0,08 ^d
54 \leq âge < 66	212	3,01 \pm 0,10 ^c	215	1,80 \pm 0,10 ^e
66 \leq âge < 78	188	3,16 \pm 0,18 ^{cd}	149	1,42 \pm 0,37 ^{ce}
Age \geq 78	254	2,64 \pm 0,23 ^c	147	1,33 \pm 0,19 ^e
Sexe		***		***
Mâle	247	3,71 \pm 0,10 ^a	257	2,06 \pm 0,12 ^a
Femelle	1 690	3,17 \pm 0,02 ^b	1 748	1,79 \pm 0,02 ^b
Année de tonte		***		***
1994	134	2,57 \pm 0,09 ^a	105	1,59 \pm 0,10 ^a
1995	207	3,56 \pm 0,08 ^{ef}	287	1,69 \pm 0,08 ^{ae}
1996	258	4,06 \pm 0,07 ^b	301	2,08 \pm 0,08 ^b
1997	253	3,25 \pm 0,07 ^c	234	1,93 \pm 0,08 ^{ce}
1998	292	3,91 \pm 0,07 ^g	258	1,97 \pm 0,08 ^{bc}
1999	265	3,46 \pm 0,07 ^e	243	2,27 \pm 0,08 ^d
2000	290	3,70 \pm 0,06 ^f	288	2,07 \pm 0,07 ^b
2001	238	3,01 \pm 0,07 ^d	289	1,81 \pm 0,08 ^e

^{a, b, c, d, e, f} Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'un facteur sont significativement différentes au seuil de 5 %

* P < 0,05

*** P < 0,001

que les poids de toison des mâles sont plus élevés que ceux des femelles. La supériorité du poids de toison des mâles peut être expliquée par leur taille plus grande que celle des brebis et aussi par une différence d'origine hormonale (13). De plus chez, les femelles la croissance de la laine est réduite de 20 à 40 p. 100 durant la dernière période de gravidité et de 30 p. 100 pendant la période de lactation (9).

Effet de l'année de tonte

L'année de tonte a eu un effet très significatif sur le poids de toison des brebis et des béliers des races Boujaâd et Sardi (p < 0,001). Ces résultats sont en accord avec ceux d'Aboul-Naga et Afifi (1) et de Sidwell et coll. (22) qui rapportent que l'année de tonte affecte de manière significative le poids de toison. Chez les ovins Boujaâd et Sardi, le poids de toison le plus élevé a été enregistré en 1996, alors que le plus faible a été obtenu en 1994. Ces variations peuvent être expliquées par les changements au niveau des rations alimentaires, et au niveau de la fertilité et de la prolificité des brebis.

Effet de l'interaction entre l'âge et le sexe

L'interaction entre l'âge à la tonte et le sexe de l'animal a eu un effet significatif sur le poids de toison des races Boujaâd et Sardi. En effet, le sexe a agi différemment sur ce caractère en fonction de l'âge à la tonte. La différence de poids de toison entre les mâles et les femelles a été élevée chez les animaux dont l'âge était de moins de 18 mois et de 18 à 30 mois, et elle a été faible chez les animaux des autres classes d'âge.

Répétabilité et héritabilité

Les estimations des composantes de la variance, ainsi que la répétabilité et l'héritabilité du poids de toison par race sont rapportées dans le tableau III. La répétabilité du poids de toison des ovins de race Sardi (0,57) a été plus élevée que celle des ovins de race Boujaâd (0,46). Ces estimations moyennement élevées indiquent que la connaissance d'un seul poids de toison est suffisante pour porter un bon jugement sur les animaux de race Boujaâd et surtout de race Sardi. Toutefois, ces estimations ont été inférieures à celles obtenues par plusieurs auteurs (12, 14, 15, 17, 18, 20) sur les races Béni Guil, Columbia, Polypay, Rambouillet et Targhee, qui ont varié entre 0,58 et 0,70.

L'héritabilité du poids de toison a été plus élevée chez les ovins Sardi que chez les ovins Boujaâd. Elle a été de 0,40 chez la race Sardi et de 0,27 chez la race Boujaâd. La sélection sur le poids de toison pourrait aboutir à un gain génétique appréciable chez les deux races, mais il sera plus rapide chez la race Sardi que chez la race Boujaâd. Les héritabilités estimées dans la présente étude ont été inférieures à celles rapportées chez plusieurs races (Béni Guil, Rambouillet, Polypay, Targhee, Columbia et West White Faced), qui ont varié de 0,52 à 0,62 (6, 14, 15, 16, 17, 18, 20). Mais, elles ont été supérieures à l'héritabilité moyenne du poids de toison des races à viande (0,19) et l'héritabilité de la race Sardi a été plus élevée que les valeurs moyennes obtenues aussi bien chez les races lainières (0,34) que chez les races mixtes (0,34) (12).

Tableau III

Estimation des composantes de la variance du poids de toison des ovins Boujaâd et Sardi

Race	Paramètres							
	σ_p^2	σ_a^2	σ_{ep}^2	σ_e^2	h^2	r	$c^2 = \frac{\sigma_{ep}^2}{\sigma_p^2}$	$t^2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_p^2}$
Boujaâd	0,696	0,188	0,133	0,375	0,27	0,46	0,19	0,54
Sardi	0,540	0,216	0,094	0,230	0,40	0,57	0,17	0,43

Estimation du progrès génétique réalisé

Les moyennes des valeurs génétiques additives pour le poids de toison ont augmenté d'une année de naissance à l'autre de façon nette et progressive chez les ovins de race Boujaâd, et de manière relativement lente chez les ovins de race Sardi. Elles ont varié de presque 0 chez les animaux nés en 1992, à approximativement 0,38 kg en 1998 chez les ovins Boujaâd, et à 0,69 kg en 1993 chez les ovins Sardi (figures 1 et 2). Le progrès génétique annuel réalisé sur le poids de toison a été en moyenne de 32 g/an pour la race Boujaâd et de 68 g/an pour la race Sardi. Ces gains génétiques élevés indiquent que l'amélioration du poids de toison chez les races Sardi et Boujaâd peut être efficace et rapide. Les progrès génétiques annuels réalisés chez les races Boujaâd et Sardi ont été supérieurs au progrès génétique presque négligeable observé chez les races Columbia et Targhee (14, 15), et à la réponse corrélative de l'ordre de 13 g/an obtenue chez les races Border Leicester et Coopworth lorsque la sélection est pratiquée sur la croissance (19).

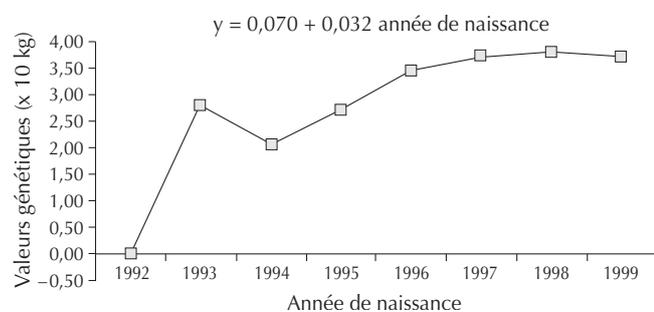


Figure 1 : évolution des valeurs génétiques additives des ovins de race Boujaâd pour les poids de toison selon l'année de naissance.

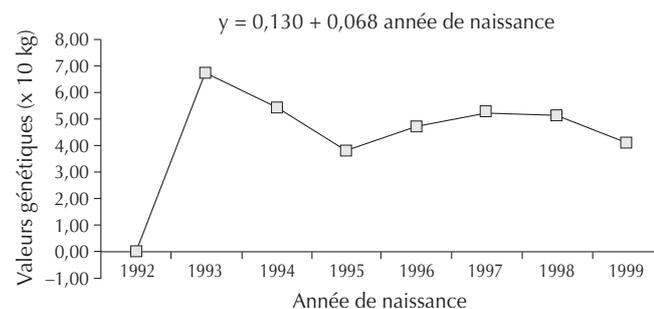


Figure 2 : évolution des valeurs génétiques additives des ovins de race Sardi pour les poids de toison selon l'année de naissance.

CONCLUSION

Le poids de toison des ovins Boujaâd et Sardi a été significativement influencé par l'âge à la tonte, le sexe de l'animal et l'année de tonte. Tout programme de sélection visant l'amélioration de ce caractère doit prendre en considération les effets de ces facteurs lors de l'évaluation génétique des animaux. L'héritabilité élevée du poids de toison des ovins Sardi et Boujaâd indique que la sélection peut être efficace pour l'amélioration de ce caractère, comme en témoignent les progrès génétiques élevés qui ont été réalisés. Néanmoins, la sélection pour l'augmentation du poids de toison tout seul résulte d'habitude en une laine grossière et peu fine, comme en témoignent les corrélations génétiques positives entre le poids de la toison et le diamètre de la fibre de laine (14, 15). Afin d'améliorer à la fois la quantité et la qualité de la laine, et de répondre ainsi à la demande des utilisateurs, le programme de sélection doit inclure à la fois le poids de toison et le diamètre de la fibre. Les deux caractères seront améliorés, mais le progrès génétique réalisé sur chacun d'entre eux sera plus faible que celui qui serait obtenu si la sélection était faite sur un seul caractère à la fois.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs vifs remerciements à M. L. Haounou, technicien au domaine expérimental Dérroua, pour sa collaboration technique.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABOUL-NAGA A.M., AFIFI E.A., 1977. Environment and genetic factors affecting wool production from sub-tropical coarse wool sheep. *J. Agric. Sci. Camb.*, **88**: 443-447.
2. BASUTHAKUR A.K., BURFENING P.J., VAN HORN J.L., BLACKWELL R.L., 1973. A study of some aspects of lifetime production in Targhee and Columbia sheep. *J. Anim. Sci.*, **36**: 813-820.
3. BOLDMAN K.G., KRIESE L.A., VAN VLECK L.D., KACHMAN S.D., 1993. A manual for MTDFREML, a set of programs to obtain estimates of variances and covariances. Washington, DC, USA, USDA, 120 p.
4. BOUJENANE I., 1999. Les ressources génétiques ovines au Maroc. Rabat, Maroc, Actes Editions, 136 p.
5. BOURFIA M., LAIDOUNI M.S., EL HMAMSI M.M., 1987. Caractéristiques des toisons des principales races ovines locales. In : 17^{es} Journées de l'Association nationale pour la production animale, Rabat, Maroc.
6. BROMLEY C.M., SNOWDER G.D., VAN VLECK L.D., 2000. Genetic parameters among weight, prolificacy, and wool traits of Columbia, Polypay, Rambouillet and Targhee sheep. *J. Anim. Sci.*, **78**: 846-858.
7. CHIKHI A., BOUJENANE I., 2003. Performances de reproduction et de production des ovins de race Boujaâd au Maroc. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **56** : 83-88.

8. CHIKHI A., BOUJENANE I., 2003. Caractérisation zootechnique des ovins de race Sardi au Maroc. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **56** : 187-192.
9. DONEY J.M., 1983. Factors affecting the production and quality of wool. In: Haresign W., Ed., Sheep production. London, UK, Butterworths, p. 537-544.
10. EIKJE E.D., 1971. Studies on sheep production records. II. Effect of environmental factors on fertility, fleece and body weight of ewes. *Acta Agric. Scand.*, **21**: 64-68.
11. EL FADILI M., 1997. Intensification de la production ovine par le croisement. Mémoire Ingénieur en chef, Inra, Rabat, Maroc.
12. FOGARTY N.M., 1995. Genetic parameters for live weight, fat and muscle measurements, wool production and reproduction in sheep: A review. *Anim. Breed. Abstr.*, **63**: 101-143.
13. GUIRSIS R.A., AFIFI E.A., GALAL E.S.E., 1982. Estimates of genetic and phenotypic parameters of some weight and fleece traits in coarse wool breed of sheep. *J. Agric. Sci. Camb.*, **99**: 277-285.
14. HANFORD K.J., VAN VLECK L.D., SNOWDER G.D., 2002. Estimates of genetic parameters and genetic change for reproduction, weight and wool characteristics of Columbia sheep. *J. Anim. Sci.*, **80**: 3086-3098.
15. HANFORD K.J., VAN VLECK L.D., SNOWDER G.D., 2003. Estimates of genetic parameters and genetic change for reproduction, weight and wool characteristics of Targhee sheep. *J. Anim. Sci.*, **81**: 630-640.
16. IMAN N.Y., JOHNSON C.L., RUSSEL L.D., STOBART R.H., 1992. Estimation of genetic parameters estimates for wool fiber measures. *J. Anim. Sci.*, **70**: 1110-1115.
17. LEE J.W., WALDRON D.F., VAN VLECK L.D., 2000. Parameter estimates for greasy fleece weight of Rambouillet sheep at different ages. *J. Anim. Sci.*, **78**: 2108-2112.
18. MHARCHI A., 1991. Analyse génétique des performances de reproduction et de production des ovins de race Beni Guil à la ferme de sélection ovine d'Oued Isly à Oujda. Mémoire 3^e cycle Agronomie, IAV Hassan II, Rabat, Maroc, 180 p.
19. NSOSO S.J., YOUNG M.J., BEATSON P.R., 1999. Correlated responses in greasy fleece weight trait in Border Leicester and Coopworth sheep breeds selected for lean tissue growth rate. *Small Rumin. Res.*, **34**: 149-154.
20. OKUT H., BROMLEY C.M., VAN VLECK L.D., SNOWDER G.D., 1999. Genotypic expression at different ages. II. Wool traits for sheep. *J. Anim. Sci.*, **77**: 2366-2371.
21. SAS/STAT, 1996. User's Guide, vers. 6.12. Cary, NC, USA, SAS Institute.
22. SIDWELL G.M., WILSON R.L., HOURIHAN M.E., 1971. Production in some pure breeds of sheep and their crosses. IV. Effect of crossbreeding on wool production. *J. Anim. Sci.*, **32**: 1099-1102.

Accepté le 19.09.2006

Summary

Chikhi A., Boujenane I. Genetic and non-Genetic Effects on the Fleece Weight of Boujaâd and Sardi Sheep Breeds

The analysis concerned 1937 and 2005 fleece weights of Boujaâd and Sardi sheep breeds, respectively. Data were collected during eight years from 1994 to 2001 at Deroua Experimental Station of INRA. Age at shearing, year of shearing and the animal sex had significant effects on the fleece weight of sheep of both breeds. Males under the age of 18 months showed the highest performance. Repeatability and heritability of fleece weights were estimated with the REML method applied to an animal model. Repeatability estimates for fleece weight were 0.46 and 0.57 for Boujaâd and Sardi, respectively, and heritability estimates were 0.27 and 0.40, respectively. The regression of the additive genetic value of each animal for fleece weight, estimated by the BLUP animal model, on its birth year, showed an annual genetic progress of 32 g/year for Boujaâd and 68 g/year for Sardi. It was concluded that selection would be very efficient to improve the fleece weights of Boujaâd and Sardi breeds.

Keywords: Boujaâd sheep – Sardi sheep – Wool – Heritability – Genetic progress – Morocco.

Resumen

Chikhi A., Boujenane I. Efectos genéticos y no genéticos sobre el peso del vellocino de los ovinos de razas Boujaâd y Sardi

El análisis se centró sobre 1937 y 2005 pesos de vellocino de ovinos, de las razas Boujaâd y Sardi respectivamente. Los datos fueron colectados durante ocho años, de 1994 a 2001, en el dominio experimental Deroua del Inra. La edad de la esquila, el año de la esquila y el sexo del animal tuvieron efectos significativos sobre el peso del vellocino de los ovinos de las dos razas. Los animales de menos de 18 meses y de sexo macho mostraron los rendimientos más elevados. La repetibilidad y la heredabilidad del peso del vellocino se estimaron mediante el método REML, aplicado al modelo animal. Las repetibilidades estimadas del peso del vellocino fueron de 0,46 y 0,57 para los ovinos de razas Boujaâd y Sardi respectivamente, las heredabilidades fueron respectivamente de 0,27 y 0,40. La regresión del valor genético aditivo de cada animal para el peso del vellocino, estimado mediante el método de BLUP aplicado a un modelo animal, sobre su año de nacimiento, mostró un progreso genético anual de 32 g/año para la raza Boujaâd y de 68g/año para la raza Sardi. Se concluyó que la selección sería eficaz para el mejoramiento del peso del vellocino de las razas Boujaâd y Sardi.

Palabras clave: Ovino Boujaâd – Ovino Sardi – Lana – Heredabilidad – Mejora genética – Marruecos.

Suivi de la gravidité chez la brebis Ouled Djellal par dosage de la protéine associée à la gestation et de la progestérone

A. Benyounes¹ F. Lamrani² N. Melo de Sousa³
J. Sulon³ J. Folch⁴ J.-F. Beckers^{3*} M.A. Guellati^{5§}

Mots-clés

Ovin – Brebis Ouled Djellal – Gestation – Progestérone – Technique radioimmunologique – Algérie.

Résumé

L'objectif de la présente étude a été la caractérisation des profils plasmatiques de la protéine associée à la gestation (PAG) et de la progestérone, au cours de la gravidité et deux semaines après le part chez la race Ouled Djellal. Vingt-cinq brebis ont été prélevées hebdomadairement après synchronisation des chaleurs et monte naturelle. Les concentrations de PAG et de progestérone ont été déterminées par dosage radio-immunologique. Deux femelles n'ont pas été fécondées tandis que 23 ont eu des gestations considérées comme normales (n = 18) ou pathologiques (n = 5). Chez 18 brebis (12 gestations simples et 6 multiples), les concentrations de PAG et de progestérone ont été significativement influencées par le stade de la gestation ($P < 0,0001$) et non par le nombre de fœtus. Des profils individuels ont été décrits chez sept brebis, dont trois femelles ayant eu des pertes embryonnaires, et deux brebis ayant avorté (66^e et 110^e jours), et enfin chez deux brebis ayant donné naissance à terme chacune à un agneau vivant et expulsé au moment de la mise bas un ou deux fœtus momifiés. Les concentrations en PAG ont été plus faibles chez les femelles ayant eu des fœtus momifiés en parallèle avec des fœtus vivants.

■ INTRODUCTION

La progestérone, première hormone stéroïde connue, joue un rôle indispensable dans le maintien de la gestation chez les mammifères euthériens (3). Chez la brebis, le placenta synthétise des quantités non négligeables de progestérone à partir du cinquantième jour après fécondation, assurant le maintien de la gravidité même s'il y a une ovariectomie (17, 18). Le rôle indispensable de cette hormone chez les femelles gravides a été à la base du développement des premières méthodes de diagnostic hormonal de la gravidité dès les années 1970 (5).

1. Institut d'Agronomie, El Tarf, Algérie.

2. Institut technique des Elevages, Alger, Algérie.

3. Faculté de Médecine vétérinaire, Liège, B-4000 Belgique.

4. Servicio de Investigación Agroalimentaria, Zaragoza, Espagne.

5. Faculté des Sciences, Annaba, Algérie.

§ Ce travail est dédié au Prof. Guellati, directeur de cette recherche, malheureusement décédé le 26 mai 2006.

* Auteur pour la correspondance

Laboratoire d'endocrinologie et de reproduction animale, faculté de Médecine vétérinaire, université de Liège, B-4000, Belgique.

Tél. : +32 (0)43 66 41 61 ; fax : +32 (0)43 66 41 65

E-mail : jfbeckers@ulg.ac.be

L'existence de protéines spécifiques (Pspb) ou associées à la gestation (PAG) détectables dans la circulation périphérique maternelle dès le premier mois de la gravidité a été décrite pour la première fois chez la brebis dans les années 1990 (19, 33, 36). Les protéines associées à la gravidité sont synthétisées par les cellules binucléées du trophoblaste des ruminants dès l'implantation jusqu'à la mise bas. Chez l'espèce ovine, ces protéines peuvent être détectées dans la circulation périphérique maternelle dès les dix-huitième à vingtième jours après la fécondation jusqu'au premier mois après l'agnelage (19). Selon plusieurs auteurs, l'évolution de la concentration plasmatique de la PAG peut être influencée par plusieurs facteurs, comme la race (8, 19), la masse placentaire totale (33), le nombre de fœtus (20) et le stade de la gravidité (19). Etant donné sa spécificité et sa relation directe avec la gravidité, le dosage de la PAG par méthode radio-immunologique (RIA) s'est avéré bénéfique à plusieurs titres, comme la réalisation des réformes appropriées dans les troupeaux suite à un diagnostic précoce de non gravidité (15) et comme paramètre indicatif d'éventuelles pertes de gestation, sous forme de mortalités embryonnaires ou d'avortements (26, 34, 35).

L'objectif de la présente étude a été la caractérisation des profils plasmatiques de la PAG et de la progestérone au cours de la gravidité et deux semaines après le part chez la brebis Ouled Djellal

ayant des gestations simples et multiples. En outre, la description individuelle des concentrations plasmatiques chez des brebis ayant subi différents événements pathologiques au cours de la gravidité (perte embryonnaire, avortement et momification) a été retracée.

■ MATERIEL ET METHODES

Zone expérimentale

La présente étude a été menée dans la région de Guelma, est de l'Algérie (36° 28' de lat. N. et 7° 28' de long. E.). Les animaux ont été élevés dans un système semi-intensif (bergerie), dans une même exploitation. L'alimentation a été basée sur pâturage en vert à volonté et paille de blé. Cette ration a été complétée par de l'orge en grains concassés 45 jours avant et après la lutte, et durant 60 jours avant la date prévue d'agnelage. L'eau a été disponible à volonté. Les femelles ont été vaccinées contre la clavelée (vaccin anticlaveux, 1,0 ml/tête) et vermifugées (ivermectine, 1 ml/50 kg) 45 jours avant la lutte.

Les animaux

Un effectif de 25 brebis multipares de race Ouled Djellal, d'âge compris entre 2,5 et 4 ans, d'un poids vif moyen de $47,4 \pm 4,9$ kg et de note d'état corporel moyenne de $3,1 \pm 0,5$ a été utilisé. Toutes les femelles ont eu un intervalle entre l'agnelage et la lutte supérieur ou égal à 90 jours. Les brebis ont été isolées des mâles pendant au moins 60 jours avant la lutte.

Synchronisation des chaleurs

L'ensemble des brebis ont été synchronisées entre mars et juillet 2004 au moyen de traitements hormonaux associés à l'effet bélier. Des éponges vaginales imprégnées de 40 mg d'acétate de fluorogestone (FGA, Chronogest®, Intervet, France) ont été placées pendant 13 jours. Une injection intramusculaire de 500 UI de Pmsg (*pregnant mare serum gonadotropin*; Folligon®, Intervet) a été administrée à chaque femelle au moment du retrait des éponges.

La lutte

La lutte de mode naturel et contrôlé a été réalisée par trois béliers adultes de la même race à deux périodes : 48 h (premier accouplement) et entre 56 et 60 h (deuxième accouplement) après le retrait des éponges. Les mâles ont été réintroduits 15 jours après la lutte principale, pour détecter et lutter les femelles ayant manifesté un retour en chaleur.

Prise de sang et collecte des échantillons de plasma

Des prises de sang hebdomadaires ont été réalisées entre la première semaine après la lutte jusqu'à la deuxième semaine post-partum, excepté pour la prise de la deuxième semaine après la lutte, réalisée à 17 jours.

Les prélèvements de sang ont été faits au moyen de seringues jetables dans des tubes à Edta de 5 ml. Les tubes ont été immédiatement centrifugés ($1\ 500 \times g$ pendant 12 min) et les échantillons de plasma ont été transvasés et transportés dans une glacière jusqu'à leur lieu de stockage pour être conservés à -20°C jusqu'à leur dosage.

Dosages radio-immunologiques

Les dosages radio-immunologiques (RIA) de la progestérone et de la PAG ont été réalisés au laboratoire d'endocrinologie et de

reproduction animale (faculté de Médecine vétérinaire, université de Liège, Belgique). Les prises de sang des femelles vides ou non fécondées, ainsi que de celles ayant perdu leurs embryons ou ayant avorté ont été analysées à nouveau pour la détermination des concentrations plasmatiques de l'hormone lutéinisante (LH).

Progestérone

Les concentrations plasmatiques en progestérone ont été déterminées par une méthode RIA, dite directe, sans extraction de l'hormone, basée sur l'utilisation d'un agent bloquant la liaison stéroïde protéine de transport, tel l'ANS (acide sulfonique 8-anilino-1-naphthalène (Fluka and Riedel-de Haën, Schweiz, Suisse) (22).

La courbe standard de la progestérone (Sigma Chemical, St Louis, MO, USA) a été constituée de huit points (20, 10, 5, 2,5, 1,2, 0,6, 0,3 et 0,15 ng/ml), dilués deux à deux dans du sérum sans stéroïdes, à partir du point le plus haut de la courbe (20 ng/ml). Le traceur (P4-11-hemisuccinate-2^[125I]-iodohistamine ; Amersham Biosciences, Uppsala, Suède) a été dilué dans le tampon salin phosphate (0,10 M, pH 7,0) de façon à obtenir une radioactivité d'environ 20 000 cpm/100 µl. L'anticorps antiprogestérone (AS#43) a été utilisé à une dilution initiale de 1:15 000. Le système précipitant contenant le deuxième anticorps a été composé d'anticorps de mouton antigammaglobuline de lapin à 0,87 p. 100 volume : volume, de sérum normal de lapin à 0,17 p. 100 volume : volume, de polyéthylène glycol 6 000 à 20 mg/ml (Vel, Leuven, Belgique), de cellulose microcristalline à 0,05 mg/ml (Merck, Darmstadt, Allemagne) et de BSA (albumine de sérum bovin) à 2 mg/ml (Biochemicals, Aurora, OH, USA) solubilisés dans du tampon phosphate. La sensibilité du dosage RIA de la progestérone a été de 0,2 ng/ml.

La technique utilisée a été récemment décrite par Faye et coll. (7) et peut être résumée comme suit : 50 µl de chaque échantillon plasmatique ainsi que des différents points de dilution de la courbe standard ont été prélevés en duplicate dans des tubes en polystyrène à fond conique. Ensuite, 300 µl de tampon citrate-ANS (0,10 M citrate, 0,25 p. 100 BSA contenant 100 µl d'ANS, pH 4,0), 100 µl de traceur et 100 µl de premier anticorps antiprogestérone dilué à 1:15 000 ont été successivement ajoutés dans chaque tube. Le tout a été agité et incubé pendant 4 h à 4°C . Chacun des points standard et d'échantillons a été ensuite additionné de 1,0 ml de la solution contenant le deuxième anticorps, avant d'être laissé en incubation pendant 30 min à température ambiante. Enfin, 2,0 ml de tampon phosphate (tampon RIA stéroïde) ont été ajoutés à tous les tubes, lesquels ont été ensuite centrifugés à $1\ 500 \times g$ pendant 20 min et à 10°C . A l'issue de cette opération, le surnageant a été éliminé et les tubes ont été décantés avant la lecture de la radioactivité du précipité dans un compteur Multigamma (LKB Wallac 126 Multigamma counter, Turku, Finlande).

Protéine associée à la gestation

Les concentrations plasmatiques en PAG ont été déterminées par un RIA semi-homologue, avec de la PAG bovine 67 kDa (boPAG_{67kDa}) (37) comme standard et traceur, et un anticorps anti-PAG ovines 55 kDa et 59 kDa (ovPAG_{57+59kDa} ; AS#780) (6) comme anticorps primaire (dilution initiale 1:40 000). Les dosages de PAG ont été réalisés dans du tampon Tris-BSA (0,025 M de Tris, 0,01 M de MgCl₂, 0,02 p. 100 poids : volume de Na₂S₂O₃, pH 7,5) contenant 1,0 mg/ml de BSA. Les points de la courbe standard ont varié de 0,4 à 100 ng/ml. Le traceur (¹²⁵I-PAG) a été marqué par la méthode à la chloramine T (10) et a subi une dilution appropriée de manière à obtenir une radioactivité de 25 000 cpm/100 µl. Le système précipitant contenant le deuxième anticorps a été similaire à celui utilisé pour la progestérone, les différents composants ayant été dilués dans du tampon Tris. La sensibilité du dosage RIA de la PAG a été de 0,4 ng/ml.

Succinctement, les échantillons de plasma de brebis (100 µl) ainsi que les différentes dilutions de la courbe standard (100 µl) ont été additionnés à des tubes coniques contenant respectivement 200 et 100 µl de Tris-BSA. Ensuite, les tubes contenant les différents points de dilution de la courbe standard ont été additionnés de 100 µl de sérum de brebis sans PAG. Finalement, 100 µl de traceur et 100 µl d'antisérum dilué (1:40 000) ont été ajoutés à tous les tubes, à l'exception de ceux mesurant la liaison non spécifique (NSB pour *non-specific binding*), lesquels n'ont pas reçu de l'antisérum. Les tubes ont été vortexés et ensuite incubés toute une nuit à température ambiante. Le lendemain, 1,0 ml du système précipitant contenant le deuxième anticorps a été ajouté. L'ensemble a été incubé pendant 30 min avant l'addition de 2,0 ml de tampon Tris-BSA. Une centrifugation à 1 500 x g pendant 20 min a été effectuée afin de permettre une bonne séparation des fractions libres et liées. Le surnageant a été écarté et la radioactivité du culot mesurée à l'aide d'un compteur Multigamma.

Hormone lutéinisante

La concentration plasmatique de la LH a été déterminée par RIA, selon la méthode récemment décrite par Zongo et coll. (article soumis pour publication). La LH d'origine porcine (pLH) a été marquée par la méthode à la chloramine T (10) et a subi une dilution appropriée de manière à obtenir une radioactivité de 25 000 cpm/100 µl. Un anticorps anti-LH ovine (anti-oLH ; AS#L34) a été utilisé à une dilution initiale de 1:100 000. La sensibilité du dosage RIA de la LH a été de 0,5 ng/ml.

Analyse des données

La taille de la portée, le sexe et le poids vif des agneaux ont été enregistrés à l'agnelage. Une durée moyenne de gravidité de 21 semaines a été utilisée pour l'élaboration des profils en PAG et en progestérone. Tous les résultats ont été exprimés en « ng/ml » de plasma et les moyennes des données ont été calculées avec leur erreur standard (ES). Toutes les analyses ont été effectuées avec le modèle mixte de la procédure du modèle linéaire généralisé (GLM) du logiciel SAS (23). La semaine de la gravidité et le nombre de fœtus ont été considérés comme les principaux facteurs de variation. La différence statistique a été déclarée à $P < 0,05$.

■ RESULTATS

Parmi les 25 brebis luttées, 18 sont devenues gravides dès le premier cycle et sont arrivées au terme de la gravidité après une durée moyenne de $150,6 \pm 2,8$ jours. Deux femelles n'ont pas été fécondées et cinq autres ont eu leur profil décrit individuellement du fait que deux d'entre elles ont eu des mortalités embryonnaires, deux autres ont connu des avortements et la dernière a eu une mortalité

embryonnaire suivie d'une fécondation après un accouplement non programmé. De même, les profils de deux brebis ayant donné naissance chacune à un agneau vivant et expulsé un ou deux fœtus momifiés au moment de l'agnelage ont été aussi décrits à part.

Des dix-huit brebis ayant agnelé, douze ont donné naissance à un seul agneau et six ont eu des naissances doubles. Le poids moyen des agneaux issus de gravidités simples et multiples a été respectivement de $4,3 \pm 0,2$ et $3,4 \pm 0,1$ kg.

Profils hormonaux moyens de la PAG et de la progestérone

Chez deux femelles non fécondées, les concentrations en PAG ont été indétectables et celles en progestérone sont restées au-dessous de 1,0 ng/ml, valeur considérée comme seuil pour établir un diagnostic de gravidité. Ces concentrations en PAG et en progestérone ont été significativement influencées par le stade de la gravidité ($P < 0,0001$) et non par le nombre de fœtus. Les profils plasmatiques de PAG et de progestérone au cours de la gravidité et des deux premières semaines post-partum chez 18 brebis de race Ouled Djellal sont illustrés dans la figure 1.

Les concentrations en PAG, au départ indétectables, ont augmenté de $0,4 \pm 0,1$ ng/ml au dix-septième jour à $5,9 \pm 1,0$ ng/ml à la 3^e semaine de gravidité. Ensuite, une augmentation significative a été observée à la 4^e semaine ($30,5 \pm 2,9$ ng/ml ; $P < 0,0001$), suivie d'une seconde augmentation à la 8^e semaine ($45,0 \pm 3,7$ ng/ml ; $P < 0,05$). Les concentrations en PAG ont diminué graduellement entre la 9^e et la 14^e semaine, pour reprendre leur évolution ascendante entre la 16^e et la 17^e semaine ($47,8 \pm 5,3$ à $66,3 \pm 10,1$ ng/ml ; $P < 0,01$), et ensuite entre la 18^e et la 19^e semaine ($71,8 \pm 15,7$ à $93,7 \pm 23,9$ ng/ml ; $P < 0,05$). Enfin, une légère diminution des concentrations a été observée à la 20^e semaine ($83,8 \pm 15,5$ ng/ml), suivie d'une augmentation significative, pour atteindre le pic de sécrétion à la 21^e semaine ($116,0 \pm 20,6$ ng/ml ; $P < 0,005$). Les concentrations en PAG ont chuté rapidement après l'agnelage, atteignant $36,1 \pm 5,7$ ng/ml à la 1^{re} semaine post-partum et $13,8 \pm 2,5$ ng/ml à la 2^e semaine.

Le changement en concentrations de progestérone a été moins marqué (figure 1). Les concentrations ont augmenté graduellement pendant la gravidité, atteignant le niveau maximal à la 17^e semaine après saillie ($10,9 \pm 1,1$ ng/ml). Ensuite, les concentrations ont décliné graduellement, avec un déclin très significatif ($P < 0,0001$) entre la 20^e ($8,5 \pm 0,8$ ng/ml) et la 21^e semaines ($5,2 \pm 0,9$ ng/ml). Après l'agnelage, les concentrations en progestérone ont atteint leurs niveaux basaux dès la 1^{re} semaine après le part ($0,1 \pm 0,2$ ng/ml).

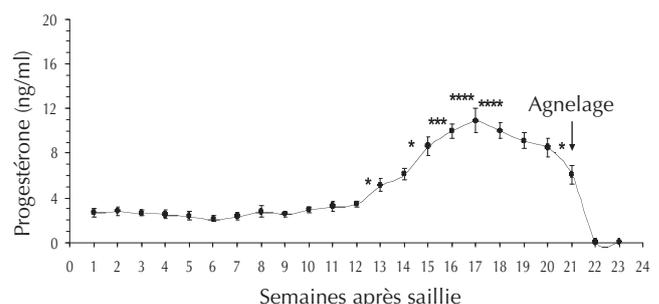
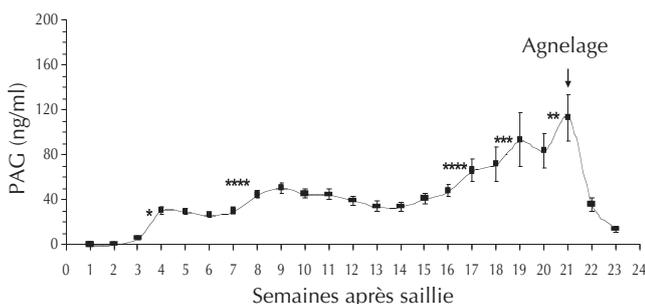


Figure 1 : profils plasmatiques (moyenne \pm ES) de la progestérone et de la protéine associée à la gestation (PAG) chez la brebis Ouled Djellal ($n = 18$) durant la gravidité et la période post-partum. * $P < 0,0001$; ** $P < 0,005$; *** $P < 0,01$; **** $P < 0,05$.

Profils hormonaux de la PAG et de la progestérone selon la taille de la portée

Les concentrations en PAG chez les brebis ayant eu des gestations multiples ont été légèrement supérieures à celles observées chez les femelles ayant eu des gestations simples (figure 2). Un écart positif des concentrations en faveur des portées doubles a été observé à la 4^e semaine ($25,3 \pm 2,1$ vs $41,3 \pm 5,6$ ng/ml), ainsi qu'entre les 16^e ($43,7 \pm 6,8$ vs $55,9 \pm 8,2$ ng/ml) et 19^e semaines ($82,6 \pm 19,8$ vs $115,8 \pm 63,0$ ng/ml). Cependant, la comparaison des concentrations semaine par semaine n'a révélé aucune différence significative tout au long de la gravidité.

Une tendance similaire des concentrations plus élevées en progestérone chez les brebis ayant eu des gestations multiples a été observée entre la 13^e et la 19^e semaine après saillie. En effet, chez les brebis ayant eu des gestations simples, les concentrations en progestérone ont augmenté de $4,5 \pm 0,4$ (13^e semaine) à $8,5 \pm 0,9$ (17^e semaine), tandis que pendant la même période les concentrations ont augmenté de $6,6 \pm 1,3$ à $10,3 \pm 1,2$ ng/ml chez les femelles ayant eu des gestations multiples ($P < 0,0005$ et $P < 0,005$ respectivement à la 13^e et 17^e semaine).

Profils des PAG, progestérone et LH lors des différents événements physiopathologiques identifiés au cours de la gravidité

Les observations cliniques associées à une analyse détaillée des profils en PAG, progestérone et LH ont révélé que deux brebis n'avaient pas été fécondées (n° 1 005 et 1 029). Sept autres femelles ont été identifiées comme des cas particuliers ; leurs profils hormonaux ont été regroupés en quatre catégories distinctes : brebis ayant perdu leurs embryons (n° 1 007 et 1 013), brebis ayant avorté (n° 2 025 au 66^e jour et n° 3 023 au 110^e jour), brebis ayant eu une perte embryonnaire suivie d'une fécondation après un accouplement non programmé (n° 1 025) et brebis ayant donné naissance à un agneau vivant avec un (n° 1 037) et deux fœtus momifiés (n° 1 007).

Brebis ayant perdu leurs embryons

Chez cette catégorie de brebis (figure 3), les concentrations en progestérone ont été supérieures au seuil utilisé pour le diagnostic de gravidité au dix-septième jour de gravidité (1,2 et 4,4 ng/ml, respectivement chez les brebis n° 1 007 et 1 013). Cependant, chez la brebis n° 1 007, les concentrations en cette hormone sont restées inférieures à 1,2 ng/ml entre la 3^e et la 5^e semaine après la lutte. Chez ces deux femelles, la gravidité a été confirmée par l'augmentation

des concentrations en PAG respectivement à la 4^e semaine (respectivement 12,6 et 20,0 ng/ml) et par les niveaux basaux en LH. Des chutes brutales des concentrations en progestérone, et plus particulièrement en PAG, ont été remarquées entre les 5^e et 6^e semaines de gravidité pour les deux brebis, indiquant ainsi les pertes embryonnaires.

La reprise de la cyclicité a été caractérisée par l'augmentation de la progestérone dès la 14^e semaine après saillie pour la brebis n° 1 007 et dès la 9^e semaine pour la brebis n° 1 013. L'alternance des pics de LH et la persistance du niveau basal de la protéine placentaire (PAG) vérifiée pendant la période d'observation ont confirmé cette situation.

Brebis ayant avorté

Ce groupe concerne deux brebis, ayant avorté à 66 (n° 2 025) et 110 jours (n° 3 023) après saillie (figure 3). Il est à remarquer que chez la brebis n° 2 025 la concentration plasmatique en progestérone a été de 1,0 ng/ml au vingt et unième jour. Ensuite, cette concentration a chuté, restant inférieure à 0,9 ng/ml entre la 4^e et la 9^e semaine de gravidité, moment probable de la mort fœtale. Chez la brebis n° 3 023, les concentrations en progestérone ont été considérées comme normales jusqu'à la 15^e semaine après saillie. Les avortements ont été confirmés par l'expulsion des fœtus ainsi que par la chute des concentrations de la PAG à la 9-10^e semaine pour la première (n° 2 025) et à la 15-16^e semaine pour la seconde (n° 3 023).

Brebis ayant eu une perte embryonnaire précoce suivie d'une fécondation après un accouplement non programmé

L'analyse des profils plasmatiques chez la brebis n° 1 025 a révélé un cas particulier dans lequel une gestation est décelée avec certitude, annoncée par l'augmentation des concentrations en PAG entre la 3^e (4,7 ng/ml) et la 6^e semaine après la première saillie (23,7 ng/ml). Des concentrations en progestérone entre 1,1 et 2,6 ng/ml, et les faibles concentrations en LH pendant cette même période ont confirmé le déroulement de la gravidité. Une chute des concentrations en PAG (0,5 ng/ml) et en progestérone (0,5 ng/ml) est intervenue ensuite à la 7^e semaine de gravidité, indiquant une perte embryonnaire. Ceci a été suivi par une deuxième période d'augmentation des concentrations en PAG et en progestérone (entre la 9^e et la 10^e semaine), indiquant le début d'une nouvelle gravidité. En effet, comme illustré dans la figure 4, des concentrations élevées en PAG et en progestérone ont été trouvées décalées de 7-8 semaines par rapport à la première saillie. Effectivement, cette brebis a donné naissance à deux agnelles vivantes quelques semaines après la fin du calendrier des prélèvements.

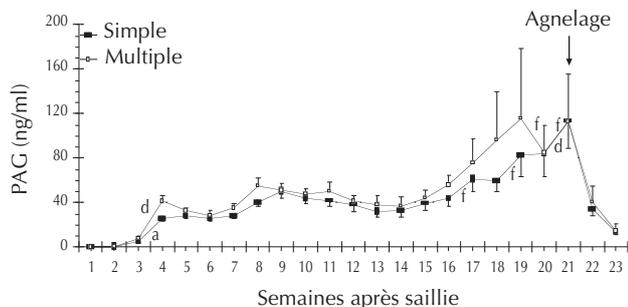
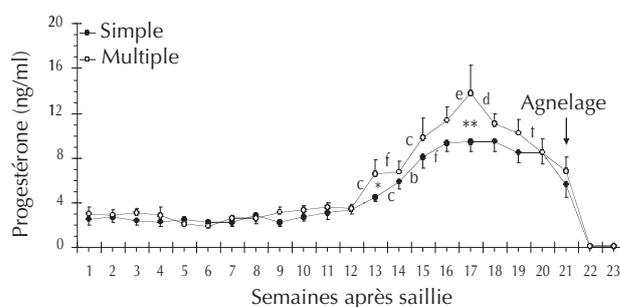


Figure 2 : profils plasmatiques (moyenne \pm ES) de la progestérone et de la protéine associée à la gestation (PAG) chez la brebis Ouled Djellal ayant des gestations simples ($n = 12$) et multiples ($n = 6$). Les différences de concentrations entre différentes semaines dans un même groupe sont indiquées par des lettres (^a $P < 0,0001$; ^b $P < 0,0005$; ^c $P < 0,001$; ^d $P < 0,005$; ^e $P < 0,001$; ^f $P < 0,05$). Les différences de concentrations entre gestations simples et multiples sont indiquées par des astérisques (* $P < 0,0005$; ** $P < 0,005$).



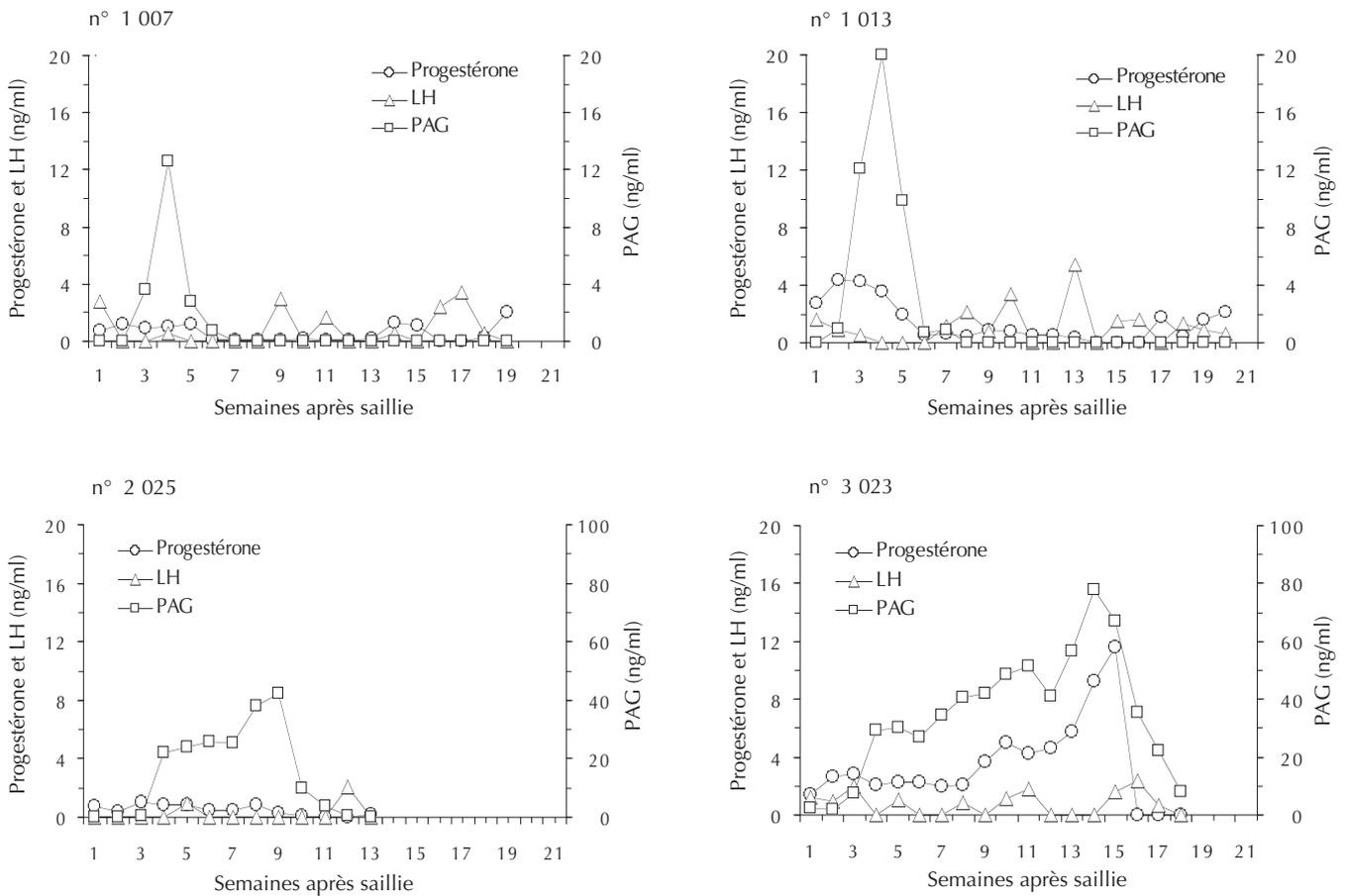


Figure 3 : profils plasmatiques de la progestérone, de l'hormone lutéinisante (LH) et de la protéine associée à la gestation (PAG) chez des brebis Ouled Djellal ayant perdu leurs embryons au premier mois de gravidité (n° 1 007 et 1 013) ou ayant avorté aux 66^e (n° 2 025) et 110^e jours après saillie (n° 3 023).

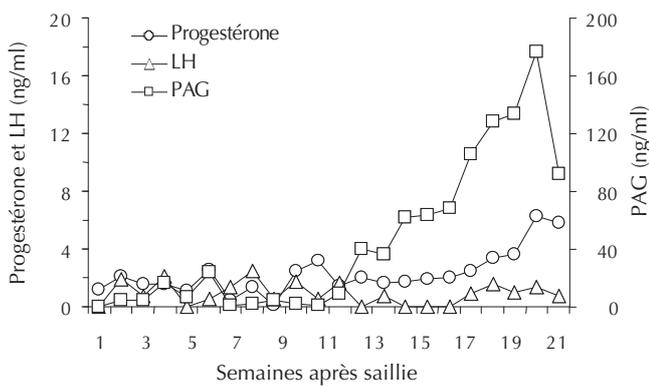


Figure 4 : profils plasmatiques de la progestérone, de l'hormone lutéinisante (LH) et de la protéine associée à la gestation (PAG) chez une brebis Ouled Djellal ayant perdu son(s) embryon(s) et ayant été fécondée par la suite accidentellement (n° 1 025), probablement à la 9^e semaine.

Brebis ayant donné naissance à un agneau vivant et expulsé un ou deux fœtus momifiés

Ce groupe, qualifié aussi de particulier, a concerné deux brebis, ayant mis bas à terme un agneau vivant et normal avec un (n° 1 037) et deux (n° 1 003) fœtus momifiés (figure 5). Selon leur profil, il ressort que la concentration plasmatique en PAG a été plus

importante aussi bien à la 3^e qu'entre la 7^e et la 14^e semaine de gravidité chez la brebis n° 1 003. Au début, cette dernière était porteuse de trois embryons/fœtus, tandis que la brebis n° 1 037 était initialement porteuse de deux embryons/fœtus. A l'opposé, les concentrations en progestérone ont été plus élevées chez la brebis ayant eu un seul agneau momifié que chez celle en portant deux.

La mort des fœtus momifiés a probablement eu lieu entre les 3^e et 4^e mois de gravidité aussi bien chez la brebis n° 1 003 (portant deux fœtus momifiés) que chez la brebis n° 1 037 (portant un fœtus momifié), comme cela a pu être estimé à partir de la taille des fœtus momifiés observés après l'agnelage. Cette situation a également été remarquée par les changements même moins importants révélés dans les concentrations plasmatiques, particulièrement en PAG entre les 15^e et 18^e semaines de gravidité (figure 5).

DISCUSSION

Chez les femelles gravidés, les concentrations plasmatiques en PAG et en progestérone sont restées élevées à partir de la 3^e semaine après la fécondation, dépassant les seuils discriminatoires de 1 ng/ml pour la progestérone (27) et de 1 à 2 ng/ml pour la PAG (15, 31). Chez deux femelles seulement, les concentrations en PAG (et en progestérone) ont été en dessous des seuils établis pour le diagnostic de gravidité. En effet, la sécrétion de la PAG par les cellules binucléées du trophoblaste, bien que faible au départ, devient plus importante à partir des 22^e-24^e jours de gravidité (15).

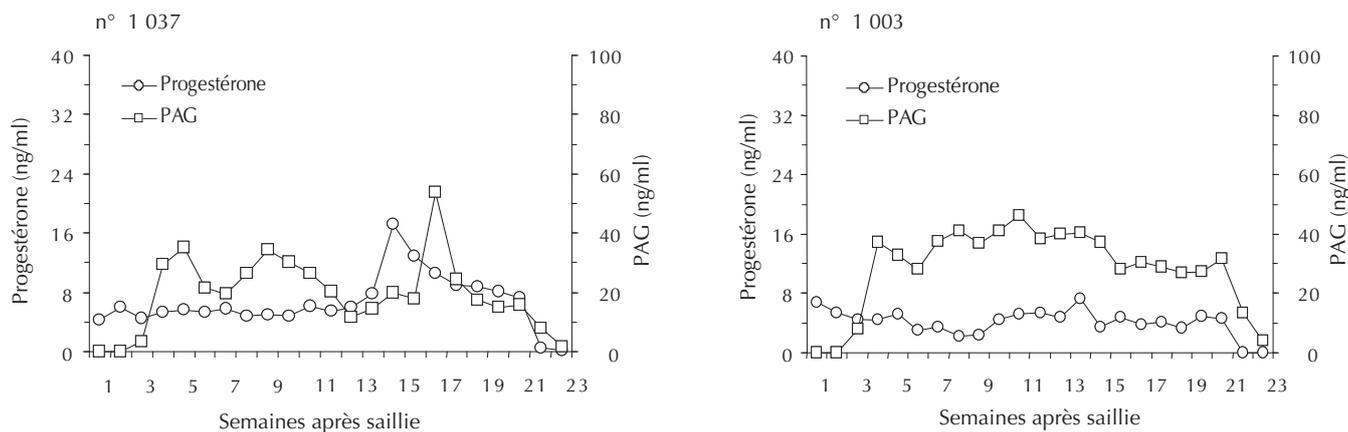


Figure 5 : profils plasmatiques de la progestérone et de la protéine associée à la gestation (PAG) chez deux brebis Ouled Djellal ayant chacune mis bas à un agneau vivant et à un (n° 1 037) et deux (n° 1003) fœtus momifiés.

En parallèle, la sécrétion de progestérone est nécessaire pour assurer un environnement utérin favorable à la survie de l'embryon (27).

Profil hormonal moyen de la PAG

Des concentrations plasmatiques en PAG ont été détectables dès le vingt et unième jour de gravidité chez 87,0 p. 100 des brebis Ouled Djellal gravides. A partir du vingt-huitième jour, de telles concentrations ont été détectées chez 100 p. 100 des brebis gravides. Ceci est en adéquation avec les résultats avancés par plusieurs auteurs chez la même espèce et pour différentes races, employant le dosage de la Pspb (32) ou le dosage de la PAG, avec des tests RIA dits hétérologues (15, 19) ou homologues (29, 31).

Des profils plasmatiques en PAG au cours de la gravidité ont été décrits chez différentes races, comme la Churra et la Mérinos (19), l'Assaf (20), la Berrichonne (8), ainsi que la German Blackheaded Mutton (GBM), la Rhoen et des croisées GBM x Dorper (16). Les concentrations en PAG observées dans la présente étude ont été beaucoup plus basses que celles décrites par Ranilla et coll. (20), et Gajewski et coll. (8), mais fort similaires à celles décrites pour les races allemandes (16). Ces différences en concentration sont vraisemblablement dues à l'utilisation récente d'antisérums produits contre de nouvelles préparations en PAG. En effet, suite à la purification et à la caractérisation de nouvelles PAG chez la chèvre (9) et chez la brebis (6), des antisérums ont été produits chez des lapins. Ces derniers sont actuellement utilisés de manière routinière pour établir le diagnostic de gravidité (15, 29, 31) ou pour détecter les profils plasmatiques de cette protéine dans des cas de gravidités arrivant à terme (16), ou étant interrompues par des mortalités embryonnaires ou fœtales (34, 35).

Chez la race Ouled Djellal, l'évolution des profils en PAG est très similaire à celle décrite chez la brebis Churra et Assaf (19, 20), ainsi que chez les races germaniques (16). L'augmentation importante des concentrations plasmatiques en PAG entre la 3^e et la 4^e semaine de gravidité chez les brebis Ouled Djellal a été un peu plus précoce que celle observée chez les races Mérinos (19) et Berrichonne (8), chez lesquelles l'augmentation initiale des concentrations plasmatiques a été observée à la 5^e semaine de gravidité. De même, une augmentation des concentrations à la 9^e semaine a été observée chez les brebis Ouled Djellal, ainsi que chez les Churra et Mérinos (19). Cette augmentation a été plus précoce que celle décrite à la 11^e semaine pour des brebis Berrichonnes (8). Notons au passage qu'un léger déclin des concentrations plasmatiques en PAG a été observé entre la 9^e et la 14^e semaine de gravidité chez

la race Ouled Djellal. Cette réduction est caractéristique de la majorité des races ovines étudiées. L'origine de cette décroissance n'est pas élucidée à l'heure actuelle bien que l'on puisse suspecter l'expression temporaire des différentes formes de PAG moins bien reconnues dans les systèmes RIA utilisés.

Enfin, comme pour les races Churra (19), Assaf (20), GBM, Rhoen et croisées (16), les concentrations maximales de PAG ont été atteintes à la 21^e semaine de gravidité, suivies de leur chute pendant les deux premières semaines post-partum. L'augmentation importante des concentrations durant ce dernier stade de la gravidité pourrait être attribuée à une forte migration des cellules binucléées du placenta pendant la fin de la gravidité, ou à une sécrétion accrue due à des transformations tissulaires précédant la mise bas.

Aussi bien chez les brebis que chez les chèvres, la disparition rapide de la PAG après le part est avantageuse et ne constitue pas une entrave dans le diagnostic de gravidité précoce. Cette caractéristique les distingue des bovins chez qui cette disparition n'est totale qu'après 80 à 120 jours post-partum (38), ce qui constitue un problème en cas de saillie intervenant dans les trois premiers mois suivant le vêlage.

Profil hormonal moyen de la progestérone

L'analyse des concentrations plasmatiques en progestérone au cours de la gravidité fait apparaître que cette hormone stéroïdienne est détectée dès le dix-septième jour de gravidité chez 95,7 p. 100 des brebis Ouled Djellal à une concentration supérieure au seuil, soit une manifestation plus précoce que la PAG. En effet, le profil hormonal de la progestérone a été marqué par une première phase (allant de la 1^e jusqu'à la 12^e semaine après lutte), caractérisée par une stabilité relative dans les concentrations de la progestérone. Ainsi, ce n'est qu'à l'issue de cette phase que des augmentations significatives des concentrations ont été enregistrées avec la manifestation de l'unique pic de concentration observé à la 17^e semaine de gravidité. En effet, l'évolution du profil pour la race Ouled Djellal ne va pas dans le même sens que celles enregistrées chez les races Churra, Mérinos et Assaf (19, 20), caractérisées par un pic à la 16^e semaine, une chute à la 17^e semaine, puis la reprise avec une augmentation jusqu'à la 19-20^e semaine où les valeurs maximales sont atteintes. Bien que les dissemblances de profils à la fin de la gravidité puissent être attribuées à des différences entre races, il n'est pas exclu que l'utilisation d'un système de dosage sans extraction ait pu être à l'origine de ce résultat.

L'augmentation progressive de la progestérone à partir de la 11-12^e semaine de gravidité jusqu'à l'atteinte de son pic à la 17^e semaine est fort probablement due à l'apparition de la production de cette hormone par le placenta, en plus de son origine ovarienne (17, 28). En effet, selon Denamur et Martinet (3), la progestérone ovarienne n'est indispensable que pendant les deux premiers mois de gravidité. Au-delà, le placenta est capable d'assurer sa synthèse de façon à maintenir la gravidité même s'il y a ovariectomie (18). Ces observations ont été confirmées par Linzell et Heap (17) qui suggèrent que, chez la brebis, la production de la progestérone par le placenta est cinq fois plus importante que celle produite par l'ovaire.

Au moment de la parturition et pendant les deux semaines post-partum, une chute brutale des concentrations plasmatiques de la progestérone et de la PAG a été observé. Cette chute a été plus précoce pour la progestérone qui a atteint son niveau basal dès la 1^{re} semaine post-partum, comparée à la PAG restée présente avec de faibles concentrations au-delà de la 2^e semaine post-partum. Ceci corrobore les résultats obtenus par Ranilla et coll. (19, 20) chez les races Churra, Mérinos et Assaf, ainsi que ceux décrits par Willard et coll. (33) en utilisant un RIA pour la Pspb.

Profils hormonaux de la PAG et de la progestérone selon la taille de la portée

Des études réalisées par Willard et coll. (33), et Vandaele et coll. (29) paraissent indiquer l'existence d'une relation entre le nombre de fœtus et les concentrations en PAG. En effet, jusqu'à la 15^e semaine de gravidité, les concentrations plasmatiques en PAG ont été discrètement plus élevées dans le cas des brebis Ouled Djellal ayant des portées multiples. Bien que les différences en concentration n'aient pas été significatives ($P \geq 0,05$), ces écarts ont été plus marqués entre la 17^e et la 19^e semaine, pour ensuite disparaître à la 20-21^e semaine. Dans le même ordre d'idées, Ranilla et coll. (20) ont montré que les brebis Assaf gravides de jumeaux ont présenté des concentrations en PAG supérieures depuis la 12^e semaine de gravidité jusqu'à la mise bas. Cependant, selon les mêmes auteurs, cette différence n'a été statistiquement significative que durant la 21^e semaine de gravidité. Ceci peut être expliqué par une grande variabilité individuelle des concentrations, due à un nombre réduit d'animaux employés (10 brebis Assaf dont 5 portées simples et 5 doubles). En effet, dans une étude récente, Ledezma-Torres et coll. (16) ont pu mettre en évidence des différences significatives entre portées simples ($n = 45$) et multiples ($n = 18$) aussi bien à la 8^e et 9^e semaine, qu'entre la 12^e et la 21^e semaine de gravidité.

Chez les brebis Ouled Djellal, les concentrations en progestérone ont été plus élevées chez les femelles à portée multiple entre la 13^e et 19^e semaine de gravidité. Ces résultats sont légèrement différents de ceux décrits par Ranilla et coll. (20) qui ont montré des concentrations de progestérone plus élevées ($P < 0,05$) chez les brebis Assaf présentant des portées doubles, et ceci entre la 12^e et la 20^e semaine de gravidité. La même tendance a été signalée par Hall et coll. (11), et par Rhind et coll. (21) suggérant que les niveaux de progestérone adéquats pour le maintien de la gravidité varient avec le nombre de fœtus. Il en est de même pour Kalkan et coll. (14) qui ont décrit des concentrations plus élevées de progestérone pendant la deuxième moitié de la gravidité chez les brebis ayant des portées doubles et triples que chez celles ayant des portées simples (respectivement 19,2, 29,9 et 9,2 ng/ml).

Tout comme pour la PAG, le dénombrement des fœtus par le dosage de la progestérone chez la race Ouled Djellal doit être envisagé avec précaution. Ainsi, bien que significative, l'interprétation des différences de concentration à la 13^e et 17^e semaine doit tenir compte de la période exacte de la gravidité ainsi que d'une grande variabilité individuelle.

Identification des différents événements physiopathologiques associés à la gravidité

Chez deux brebis, les concentrations en progestérone (17^e jour) et en PAG (21^e jour) ont confirmé une gravidité suite à la saillie. Chez l'une d'elles (n° 1 013), les concentrations en PAG et en progestérone ont été considérées comme normales au départ, pour ensuite décroître brutalement dès la 5-6^e semaine, indiquant ainsi la survenue de la perte embryonnaire. Chez la brebis n° 1 007, les concentrations en progestérone sont restées faibles pendant les cinq premières semaines de la gravidité, pouvant ainsi suggérer une synthèse insuffisante de progestérone comme étant à l'origine de la mortalité embryonnaire. Ces résultats vont dans le même sens que ceux signalés suite aux dosages de la Pspb et de la progestérone chez les brebis (32) et les chèvres (13), ainsi que de la PAG et de la progestérone chez les chèvres (34, 35) et chez les vaches (25). Ces travaux confirment que si le dosage de la progestérone (17^e et 21^e jours de gravidité) ou de la PAG (à partir du 28^e jour) permettent de diagnostiquer une gravidité, leur combinaison, en revanche, permet d'identifier les pertes embryonnaires et d'estimer le moment de leur survenue (4, 12, 24, 25, 26). De ce fait, ils permettent de différencier plus précocement des échecs de fécondation, suite à l'insémination artificielle ou à la monte naturelle, de ceux dus à des mortalités embryonnaires.

En outre, les dosages associés de la PAG et de la progestérone ont permis d'élucider l'état physiologique particulier de la brebis n° 1 025, caractérisé par un trop long intervalle entre la date de fécondation probable et celle de la mise bas. En effet, si des gravidités prolongées ont été déjà décrites dans la littérature (30), des durées de gravidité excessivement longues sont plus souvent le résultat d'une fécondation accidentelle non perçue par l'éleveur lui-même. Dans le présent cas, le décalage des concentrations plasmatiques en PAG et en progestérone par rapport à celui de la moyenne de la race, associé à des concentrations détectables de LH suite à une chute des concentrations en PAG et en progestérone confirment l'hypothèse du commencement d'une nouvelle gestation. La dépression des concentrations en LH lors d'une gestation (1) et de la réapparition de battements au moment de la reprise de la cyclicité ont déjà été décrites dans la littérature (2).

Les avortements survenus aux 66^e et 110^e jours ont été identifiés cliniquement. Comme cela a été rapporté dans les cas de mortalités embryonnaires, l'analyse rétrospective des concentrations en PAG et en progestérone a établi deux différents cas de figure. Chez la brebis ayant avorté au 66^e jour (n° 2 025), les concentrations en progestérone ont été très faibles, restant inférieures à 1,0 ng/ml jusqu'au moment de l'expulsion du fœtus. Dans le deuxième cas d'avortement, la chute de concentrations en PAG a précédé celle de la progestérone. De même, le déclin des concentrations a précédé l'expulsion du fœtus. Des profils similaires suite à des avortements ont été décrits chez la vache (4, 12, 24, 26), la chèvre (7, 12, 25, 34, 35) et la brebis (16, 32). Des études complémentaires sont nécessaires pour établir si l'altération de la fonction trophoblastique a été la cause ou la conséquence de la détresse et de la mort fœtale.

Cette étude a montré que la présence d'un ou deux fœtus momifiés parallèlement à celle d'un fœtus viable n'a eu aucun effet sur la durée de la gravidité. En effet, les deux brebis concernées ont mis bas après 151 et 152 jours de gestation (avec respectivement un et deux fœtus momifiés). La même observation a été signalée chez la chèvre par Zarrouk et coll. (34, 35). Cependant, chez les chèvres, la variabilité de la durée de la gravidité a été augmentée. Ainsi, le profil plasmatique de ces deux hormones semble indiquer que, malgré la mort d'un ou de plusieurs fœtus, accompagnée d'une réduction des concentrations plasmatiques en PAG et en progestérone,

le maintien de la gravidité est assuré par le placenta du fœtus vivant. Par ailleurs, le déclenchement de la parturition, processus régi par une cascade hormonale particulière, reste assuré par l'axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien du fœtus viable.

■ CONCLUSION

Le dosage radioimmunologique de la PAG chez la brebis Ouled Djellal a permis de déterminer le profil d'évolution de cette glycoprotéine durant la gravidité et deux semaines après le part, au même titre que le dosage de la progestérone par la méthode dite directe, sans extraction de l'hormone. Ces dosages ont mis en évidence des profils légèrement différents de ceux décrits pour d'autres races ovines, ce qui suggère l'existence de différences interraciales, tant pour la PAG que pour la progestérone. Les concentrations de PAG et de progestérone n'ont pas été affectées par la taille de la portée (nombre de fœtus).

Si le dosage de la progestérone ou de la PAG seul permet de diagnostiquer une gestation respectivement au dix-septième et à partir du vingt-huitième jours après la lutte, leur combinaison, en revanche, est plus avantageuse. Elle permet avec certitude le repérage des femelles vides ou non fécondées après leur lutte ou insémination. De plus, la combinaison des dosages et leur répétition permettent d'identifier et de localiser dans le temps (suivant l'âge de gestation) des accidents de parcours qui peuvent survenir durant la

gravidité, tels que les pertes embryonnaires, les avortements et les saillies accidentelles.

Si l'on considère séparément chaque signal (progestérone et PAG) pour l'analyse rétrospective des cas de pertes embryonnaires ou fœtales au cours de la gravidité, il apparaît que la PAG subit une chute de concentration plusieurs jours (voire une semaine) avant la chute du taux de progestérone. Selon ce critère, la PAG se révèle comme étant un signal plus précoce. Finalement, cette étude a permis d'observer que, malgré une réduction des concentrations plasmatiques de la PAG et de la progestérone, la durée de la gravidité n'a pas été altérée par la présence de fœtus momifiés dans l'utérus chez les brebis portant en parallèle un fœtus vivant.

La réalisation du dosage de la LH a permis de confirmer certains états physiologiques révélés par les autres dosages : soit par la dépression des concentrations lors d'une gravidité évolutive, soit par sa manifestation sous forme de pics alternés lors de la reprise d'une activité sexuelle chez les femelles non fécondées ayant subi une perte embryonnaire.

Remerciements

Les dosages RIA ont été réalisés grâce au soutien des fonds spéciaux pour la recherche de l'université de Liège (crédits classiques, 2002). Les auteurs remercient Dr J.L. Hornick pour les conseils et suggestions apportés à l'analyse statistique, et Mme R. Fares-Noucairi pour la mise en forme du manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

1. AL-GUBORY K.H., 1999. Absence of regular pulsatile LH secretion during pre- and post-implantation periods in sheep. *Eur. J. Endocrinol.*, **141**: 521-525.
2. AL-GUBORY K.H., HERVIEU J., FOWLER P.A., 2003. Effects of pregnancy on pulsatile secretion of LH and gonadotrophin-releasing hormone-induced LH release in sheep: a longitudinal study. *Reproduction*, **125**: 347-355.
3. DENAMUR R., MARTINET J., 1955. Effet de l'ovariectomie chez la brebis pendant la gestation. *C.R. Soc. Biol.*, **149**: 2105.
4. DOBSON H., ROWAN T.G., KIPPAX I.S., HUMBLLOT P., 1993. Assessment of fetal number, and fetal and placental viability throughout pregnancy in cattle. *Theriogenology*, **40**: 411-425.
5. EL AMIRI B., KAREN A., COGNIE Y., SOUSA N.M., HORNICK J.L., SZENCI O., BECKERS J.F., 2003. Diagnostic et suivi de gestation chez la brebis : réalités et perspectives. *Prod. Anim.*, **16**: 79-90.
6. EL AMIRI B., REMY B., SOUSA N.M., JORIS B., OTTHIERS N.G., PERENYI Z., MBOKO H.B., BECKERS J.F., 2003. Isolation and partial characterization of three pregnancy-associated glycoproteins from the ewe placenta. *Mol. Reprod. Dev.*, **64**: 199-206.
7. FAYE D., SULON J., KANE Y., BECKERS J.F., LEAK S., KABORET Y., SOUSA N.M., LOSSON B., GEERTS S., 2004. Effects of an experimental *Trypanosoma congolense* infection on the reproductive performance of West African Dwarf goats. *Theriogenology*, **62**: 1438-1451.
8. GAJEWSKI Z., BECKERS J.F., SOUSA N.M., THUN R., SULON J., FAUNDEZ R., 1999. Determination of pregnancy-associated glycoprotein concentrations in sheep: a retrospective study. *Adv. Cell. Biol.*, **26**: 89-96.
9. GARBAYO J.M., REMY B., ALABART J.L., FOLCH J., WATTIEZ R., FALMAGNE P., BECKERS J.F., 1998. Isolation and partial characterization of a pregnancy-associated glycoprotein family from the goat placenta. *Biol. Reprod.*, **58**: 109-115.
10. GREENWOOD F.C., HUNTER W.M., GLOVER J.S., 1963. The preparation of ¹³¹I labeled human growth hormone of high specific radioactivity. *Biochemistry*, **89**: 114-123.
11. HALL D.G., HOST P.J., SHUTT D.A., 1992. The effect of nutritional supplements in late pregnancy on ewe colostrum production plasma progesterone and IGF-1 concentrations. *Aust. J. Agric. Res.*, **43**: 337-352.

12. HUMBLLOT P., 2001. Use of pregnancy specific proteins and progesterone assays to monitor pregnancy and determine the timing, frequencies and sources of embryonic mortality in ruminants. *Theriogenology*, **56**: 1417-1433.

13. HUMBLLOT P., DE MONTIGNY G., JEANGUYOT N., TETEDOIE F., PAYEN B., THIBIER M., SASSER R.G., 1990. Pregnancy-specific protein B and progesterone concentrations in French alpine goats throughout gestation. *J. Reprod. Fert.*, **89**: 205-212.

14. KALKAN C., CETIN H., KAYGUSUZOGLU E., YILMAZ B., CIFTCI M., YIDIZ H., YIDIZ A., DEVECI H., APAYDIN A.M., OCAL H., 1996. An investigation on plasma progesterone levels during pregnancy and parturition in the Ivesti sheep. *Acta Vet. Hung.*, **44**: 335-340.

15. KAREN A., BECKERS J.F., SULON J., SOUSA N.M., SZABADOS K., RECZIGEL J., SZENCI O., 2003. Early pregnancy diagnosis in sheep by progesterone and pregnancy-associated glycoprotein tests. *Theriogenology*, **59**: 1941-1948.

16. LEDEZMA-TORRES R.A., BECKERS J.F., HOLTZ W., 2006. Assessment of plasma profile of pregnancy-associated glycoprotein (PAG) in sheep with a heterologous (anti-caPAG(55+59)) RIA and its potential for diagnosing pregnancy. *Theriogenology*, **66**: 906-912.

17. LINZELL J.L., HEAP R.B., 1968. A comparison of progesterone metabolism in the pregnant sheep and goat: source of production and an estimation of uptake by some target organs. *J. Endocrinol.*, **41**: 433-438.

18. MEITES J., WEBSTER H.D., YOUNG W., THORP F. JR, HATCH R.N., 1951. Effects of corpora lutea removal and replacement with progesterone on pregnancy in goats. *J. Anim. Sci.*, **10**: 411-416.

19. RANILLA M.J., SULON J., CARRO M.D., MANTECON A.R., BECKERS J.F., 1994. Plasma profiles of pregnancy-associated glycoprotein and progesterone levels during gestation in Churra and Merino sheep. *Theriogenology*, **42**: 537-545.

20. RANILLA M.J., SULON J., MANTECON A.R., BECKERS J.F., CARRO M.D., 1997. Plasma pregnancy-associated glycoprotein and progesterone concentrations in pregnant Assaf ewes carrying single and twin lambs. *Small. Rumin. Res.*, **24**: 125-131.

21. RHIND S.M., GUNN R.G., DONEY J.M., 1983. A note on reproductive performance and plasma progesterone level during early pregnancy of Scottish Black Face and Cheviot ewes in relation to body condition and level of nutrition prior to mating. *Anim. Prod.*, **37**: 455-458.

22. RONAYNE E., HYNES N., 1990. Measurement of plasma progesterone concentrations by extraction and non-extraction radioimmunoassays. *Irish J. Agric. Res.*, **29**: 109-115.
23. SAS, 1999. Statistical analysis system, Vers. 8. Cary, NC, USA, Statistic Institute.
24. SEMAMBO D.K.N., ECKERSALL P.D., SASSER R.G., AYLIFFE T.R., 1992. Pregnancy-specific protein B and progesterone in monitoring viability of the embryo in early pregnancy in the cow after experimental infection with *Actinomyces pyogenes*. *Theriogenology*, **37**: 741-748.
25. SOUSA N.M., GARBAYO J.M., FIGUEIREDO J.R., SULON J., GONÇALVES P.B.D., BECKERS J.F., 1999. Pregnancy-associated glycoprotein and progesterone profiles during pregnancy and postpartum in native goats from the north-east of Brazil. *Small Ruminant Res.*, **32**: 137-147.
26. SZENCI O., HUMBLLOT P., BECKERS J.F., SASSER R.G., SULON J., BALTUSEN R., VARGA J., BAJCSY C.A., TAVERNE M.A.M., 1999. Plasma profiles of progesterone and conceptus proteins in cows with spontaneous embryonic/foetal mortality as diagnosed by ultrasonography. *Vet. J.*, **159**: 287-290.
27. THIMONIER J., 2000. Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progesterone. *Prod. Anim.*, **13**: 177-183.
28. THORBURN G.D., SCHNEIDER W., 1972. The progesterone concentration in the plasma of the goat during the oestrus cycle and pregnancy. *J. Endocrinol.*, **52**: 23-36.
29. VANDAELE L., VERBERCKMOES S., EL AMIRI B., SULON J., DUCHATEAU L., VAN SOOM A., BECKERS J.F., DE KRUIF A., 2005. Use of a homologous radioimmunoassay (RIA) to evaluate the effect of maternal and foetal parameters on pregnancy-associated glycoprotein (PAG) concentrations in sheep. *Theriogenology*, **63**: 1914-1924.
30. VAN KAMPEN K.R., ELLIS L.C., 1972. Prolonged gestation in ewes ingesting *Veratrum californicum*: morphological changes and steroid biosynthesis in the endocrine organs of cyclopic lambs. *J. Endocrinol.*, **52**: 549-560.
31. VERBERCKMOES S., VANDAELE L., DE CAT S., EL AMIRI B., SULON J., DUCHATEAU L., DE KRUIF A., BECKERS J.F., VAN SOOM A., 2004. A new test for early pregnancy diagnosis in sheep: determination of ovine pregnancy associated glycoproteins (ovPAG) concentration by means of a homologous radioimmunoassay. *Flemish vet. J.*, **73**: 119-127.
32. WALLACE J.M., AIKEN R.P., CHEYNE M.A., HUMBLLOT P., 1997. Pregnancy-specific protein B and progesterone concentrations in relation to nutritional regimen, placental mass and pregnancy outcome in growing adolescent ewes carrying singleton fetuses. *J. Reprod. Fert.*, **109**: 53-58.
33. WILLARD J.M., WHITE D.R., WESSON C.A.R., STEFLUG J., SASSER R.G., 1995. Detection of fetal twins in sheep using radioimmunoassay for pregnancy-specific protein B. *J. Anim. Sci.*, **73**: 960-966.
34. ZARROUK A., ENGELAND I., SULON J., BECKERS J.F., 1999. Determination of pregnancy-associated glycoprotein concentrations in goats (*Capra hircus*) with unsuccessful pregnancies: a retrospective study. *Theriogenology*, **51**: 1221-1231.
35. ZARROUK A., ENGELAND I.V., SULON J., BECKERS J.F., 1999. Pregnancy-associated glycoprotein levels in pregnant goats inoculated with *Toxoplasma gondii* or *Listeria monocytogenes*: a retrospective study. *Theriogenology*, **52**: 1095-1104.
36. ZOLI A.P., BECKERS J.F., ECTORS F., 1990. Isolation of an ovine pregnancy specific protein. *Theriogenology*, **33**: 366 (abstract).
37. ZOLI A.P., BECKERS J.F., WOUTERS-BALLMAN P., CLOSSET J., FALMAGNE P., ECTORS F., 1991. Purification and characterization of a bovine pregnancy-associated glycoprotein. *Biol. Reprod.*, **45**: 1-10.
38. ZOLI A.P., GUILBAULT L.A., DELAHAUT P., BENITEZ-ORTIZ W., BECKERS J.F., 1992. Radioimmunoassay of a bovine pregnancy-associated glycoprotein in serum: its application for pregnancy diagnosis. *Biol. Reprod.*, **46**: 83-92.

Reçu le 28.06.2006, accepté le 24.11.2006

Summary

Benyounes A., Lamrani F., Melo de Sousa N., Sulon J., Folch J., Beckers J.-F., Guellati M.A. Pregnancy Monitoring in Ouled Djellal Ewes by Pregnancy-Associated Glycoprotein and Progesterone Measurements

The aim of the present study was to characterize the plasmatic profiles of pregnancy-associated glycoproteins (PAG) and progesterone during gestation and two weeks postpartum in Ouled Djellal ewes. Twenty-five ewes were sampled weekly after estrus synchronization and natural mating. Concentrations of PAG and progesterone were determined by radioimmunoassay. Two ewes failed to become pregnant. Eighteen females developed normal ongoing pregnancies (12 single and 6 multiple) while 5 others were considered as having abnormal pregnancies. In normal ongoing pregnancies, PAG and progesterone concentrations were significantly influenced by the stage of pregnancy ($P < 0.0001$) but not by the fetal number. Individual plasmatic profiles were described in three ewes having had embryonic mortalities, in two having suffered fetal losses (at days 66 and 110), and finally in two ewes that had at the same time the presence of one alive and one or two mummified fetuses. Plasmatic concentrations of PAG were lower in ewes presenting simultaneously living and mummified fetuses.

Keywords: Sheep – Ouled Djellal ewe – Pregnancy – Progesterone – Radioimmunoassay – Algeria.

Resumen

Benyounes A., Lamrani F., Melo de Sousa N., Sulon J., Folch J., Beckers J.-F., Guellati M.A. Seguimiento de la gravidez en la oveja Ouled Djellal mediante la dosificación de la proteína asociada a la gestación y de la progesterona

El objetivo del presente estudio fue la caracterización de los perfiles plasmáticos de la proteína asociada a la gestación (PAG) y de la progesterona durante la gravidez y dos semanas después del parto en la raza Ouled Djellal. Se tomaron muestras semanales de veinticinco ovejas después de la sincronización de los calores y la monta natural. Las concentraciones de PAG y de progesterona fueron determinadas mediante dosificación radio inmunológica. Dos hembras no fueron fecundadas, mientras que 23 tuvieron gestaciones consideradas normales ($n = 18$) o patológicas ($n = 5$). En 18 ovejas (12 gestaciones simples y 6 múltiples), las concentraciones de PAG y de progesterona fueron significativamente influenciadas por el estadio de la gestación ($P < 0,0001$) y no por el número de fetos. Se describieron perfiles individuales en siete ovejas, de las cuales tres hembras con pérdidas embrionarias y dos ovejas con abortos (66avo y 110avo días) y finalmente en dos ovejas que parieron a término, pero cada una un cordero vivo al mismo tiempo que expulsaron en el momento del parto uno o dos fetos momificados. Las concentraciones de PAG fueron más bajas en las hembras que tuvieron fetos momificados junto con fetos vivos.

Palabras clave: Ovino – Oveja Ouled Djellal – Gestación – Progesterona – Técnica radioinmunológica – Argelia.

Paramètres de l'endocrinologie sexuelle des béliers Peuls et Touaregs : influence du type génétique et de la saison

M. Issa¹ H. Marichatou¹ A. Yenikoye¹ M. Banoin¹

Mots-clés

Ovin – Bélier Touareg – Bélier Peul – Testostérone – LH – Hormone – Saison – Niger.

Résumé

Les paramètres endocriniens de deux hormones sexuelles [l'hormone lutéinisante (LH) et la testostérone] ont été étudiés chez trois béliers Touaregs et deux béliers Peuls bicolores au cours des mois d'avril et d'octobre 1997. Les prélèvements sanguins ont été effectués de 1 h 00 à 7 h 00 du matin à 15 minutes d'intervalle. Les moyennes (\pm erreur-type) obtenues pour les différents paramètres étudiés ont été respectivement pour les béliers Peuls et Touaregs : niveaux de base de la testostérone $4,17 \pm 1,82$ et $4,55 \pm 2,71$ ng/ml, et de la LH $0,80 \pm 0,13$ et $0,96 \pm 0,33$ ng/ml ; amplitudes des pics de la testostérone $10,16 \pm 3,11$ et $11,09 \pm 2,82$ ng/ml, et de la LH $1,75 \pm 0,9$ et $2,65 \pm 1,29$ ng/ml ; durées des pics de la testostérone $85 \pm 18,7$ et $88,63 \pm 27,47$ min, et de la LH $75 \pm 23,71$ et $61,87 \pm 24,23$ min ; fréquences des pics de la testostérone $2,38 \pm 1,3$ et $2,03 \pm 1,2$ pics/6 h, et de la LH $1,08 \pm 0,15$ et $1,85 \pm 0,97$ pics/6 h ; et durée de l'intervalle entre le pic de LH et la première élévation significative de la testostérone $26,25 \pm 6,49$ et $31,87 \pm 15,79$ min. Les deux races de béliers n'ont été significativement différentes ($p < 0,05$) qu'au niveau de leur amplitude moyenne de LH. Les béliers Touaregs ont eu une amplitude plus élevée que les béliers Peuls ($2,65 \pm 1,29$ contre $1,75 \pm 0,90$ ng/ml). Pour tous les autres paramètres étudiés, la différence entre les deux races n'a pas été significative ($p > 0,05$). La durée du pic de LH a été significativement affectée par la saison ($p < 0,05$), les autres paramètres étudiés ne l'ont pas été. Les évolutions parallèles des niveaux de base de testostérone et de LH au cours des deux saisons ont mis en évidence l'interaction entre les deux hormones.

INTRODUCTION

Chez plusieurs races de béliers de divers milieux, il est établi que la libération dans le sang de l'hormone lutéinisante (LH) et de la testostérone est caractérisée par des pics : races européennes (Préalpes du Sud et Ile-de-France ; 9, 11), races américaines (Hampshire-Suffolk ; 14 ; et Shropshire et Suffolk ; 6), races australiennes (Mérinos et Corriedale ; 13). Chaque pic de LH est suivi par un pic de testostérone (12, 14). Les fréquences des pics de LH et de testostérone augmentent quand les béliers passent de la contre-saison à la saison sexuelle (12).

1. Université Abdou Moumouni, faculté d'Agronomie, BP 10960, Niamey, Niger.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +227 93 93 03 50 ; fax : +227 20 31 58 62

E-mail : mgarbeye@yahoo.fr

En milieu sahélien, notamment au Niger, les profils des hormones sexuelles et leurs variations saisonnières chez les béliers n'ont pas encore été étudiés. Cependant, des études antérieures ont montré que chez la femelle le déterminisme physiologique à la base des variations saisonnières de l'activité sexuelle est étroitement lié à l'évolution du rythme de sécrétion de l'hormone gonadotrope LH (17).

Cette étude a eu pour objectif de déterminer les profils de la LH et de la testostérone ainsi que leur variation saisonnière chez des mâles en milieu sahélien. La LH et la testostérone étant les hormones qui contrôlent le fonctionnement du testicule, de l'épididyme et des glandes annexes, leur dosage pourrait apporter une explication aux taux élevés et faibles des spermatozoïdes morts et anormaux observés respectivement en avril et octobre (7).

■ MATERIEL ET METHODES

Données climatiques

L'expérience a été conduite dans un parc de l'université de Niamey (latitude 13° 30' N). Les données climatiques fournies par la direction de la météorologie nationale sont caractérisées par : une température moyenne minimale en décembre - janvier (25,7 °C), avec deux pics, l'un en mai (34,4 °C), l'autre en octobre (32 °C) ; une amplitude thermique plus faible en août (8,4 °C) et maximale en décembre (17,7 °C) ; un taux d'humidité relative minimal en mars (15,1 p. 100) et maximal en octobre (44,7 p. 100) ; une durée d'éclairement minimale en décembre (11 h 03) et maximale en mai (12 h 08).

Les animaux

L'expérience a porté sur trois béliers Touaregs et deux béliers Peuls bicolores. Leur régime alimentaire était composé de paille de riz, de son de riz, de graines de coton et d'oligoéléments sous forme de pierre à lécher. L'eau était distribuée à volonté.

Prélèvements sanguins

Des prélèvements sanguins en vue du dosage de la testostérone et de la LH ont été effectués en avril et octobre : ces deux mois correspondaient respectivement à des périodes où des taux élevés et faibles de spermatozoïdes morts et anormaux ont été observés (7). En avril et octobre, le sang a été prélevé de 1 h 00 à 7 h 00 du matin à 15 min d'intervalle en évitant de stresser les animaux (16). Le sang a été collecté au niveau de la veine jugulaire et recueilli dans un tube hépariné, puis immédiatement centrifugé au frais à 4 000 tours/min pendant 30 min. Le plasma recueilli a été stocké à -15 °C jusqu'à la réalisation du dosage radioimmunologique de la testostérone et de la LH.

Dosages hormonaux

Les échantillons de plasma ont été expédiés au laboratoire de dosages hormonaux de la station de physiologie de la reproduction des mammifères domestiques de l'Inra-Nouzilly en France, où les hormones ont été dosées pour les auteurs en 1998 par la méthode RIA (3).

Détermination des paramètres étudiés

Niveaux de base moyens des hormones

La concentration moyenne de l'hormone a été déterminée à partir de toutes les valeurs mesurées pendant la période de prélèvement, c'est-à-dire six heures (15 min d'intervalle) et une bande de confiance (moyenne $\pm 2 \times$ écart-type / \sqrt{n} ; n = nombre de prélèvements) contenant 95 p. 100 des données (4) a été déterminée chez chaque animal. Les valeurs qui excluaient les pics définis ci-dessous et qui appartenaient à cet intervalle correspondaient aux niveaux de base moyens.

Amplitudes des pics des hormones

La sécrétion pulsatile, ou décharge de l'hormone, a été définie par une élévation brutale de la concentration entre l'intervalle de deux prélèvements successifs et a été supérieure à la bande de confiance définie. L'amplitude du pic de l'hormone a été alors déterminée par la concentration maximale mesurée lors de la décharge de l'hormone.

Durée des pics des hormones

C'est l'intervalle de temps entre la valeur du niveau de base qui a précédé la première élévation significative de l'hormone et

la valeur du niveau de base qui a suivi immédiatement la concentration en dehors de la bande de confiance.

Fréquence des pics des hormones

La fréquence des pics a été définie par le nombre de pics enregistrés par unité de temps ; l'unité de temps a été dans ce cas de six heures de prélèvement.

Sensibilité du testicule à la stimulation de la LH

C'est l'intervalle de temps entre le point correspondant à la concentration maximale de LH et le point correspondant à la première élévation significative de testostérone après ce pic de LH.

Analyses statistiques

Une transformation logarithmique a été effectuée sur l'ensemble des valeurs des différents paramètres hormonaux. Une analyse de variance à deux critères de classification (effet saison et effet race) (4, 15) a été utilisée sur ces nouvelles valeurs pour la comparaison des paramètres d'évolution de la testostérone et de la LH.

■ RESULTATS

Profil général des hormones

Testostérone

Pour tous les deux mois et les deux races de béliers, les pics de testostérone ont été caractérisés par une augmentation progressive de la concentration, suivie d'une diminution également progressive avec souvent l'apparition d'un plateau, ceci ayant eu pour conséquence une augmentation de la durée du pic. L'activité androgénique intense du testicule (pic de testostérone) pouvait apparaître la nuit comme le matin (figures 1 à 5).

Pour les trois béliers Touaregs, sur 11 pics de testostérone définis, neuf ont été précédés par le pic de LH, soit 81,82 p. 100. Chez les béliers Peuls, sur sept pics de testostérone définis, quatre ont été précédés par le pic de LH, soit 57,14 p. 100. Pour les deux races 72,23 p. 100 des pics de testostérone ont été précédés de celui de LH.

LH

Pour les deux mois et les deux races de béliers, la sécrétion de la LH a été de type pulsatile. Chaque pulse a été caractérisé par une élévation brutale de la concentration entre deux prélèvements successifs. Cette élévation a été suivie d'une diminution de la concentration qui a été relativement rapide. Les durées des pics de LH ont donc été en général plus courtes par rapport à celles des pics de testostérone. L'activité sécrétoire intense de l'hypophyse pour la LH (pic de LH) pouvait aussi apparaître la nuit comme le matin.

Caractéristique des profils hormonaux chez les deux races

Testostérone

Aucun des paramètres d'évolution de la testostérone plasmatique étudiés n'a été différent chez les béliers Peuls et les béliers Touaregs ($p > 0,05$). Les moyennes obtenues respectivement pour les béliers Peuls et Touaregs ont été : niveau de base moyen ($4,17 \pm 1,82$ et $4,55 \pm 2,71$ ng/ml), amplitude des pics ($10,16 \pm 3,11$ et $11,09 \pm 2,82$ ng/ml), durée des pics ($85 \pm 18,7$ et $88,63 \pm 27,47$ min) et fréquence des pics ($2,38 \pm 1,3$ et $2,03 \pm 1,2$ pics/6 h). Cependant, les béliers Touaregs ont eu tendance à avoir des valeurs plus élevées pour ces paramètres que les béliers Peuls bicolores à l'exception de la fréquence des pics (tableau I).

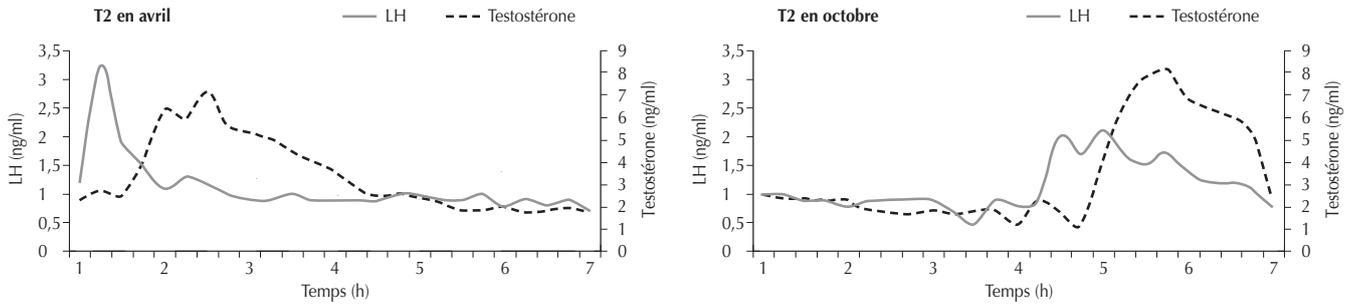


Figure 1 : évolution de la testostérone et de la LH plasmatique chez le bélier Touareg T2.

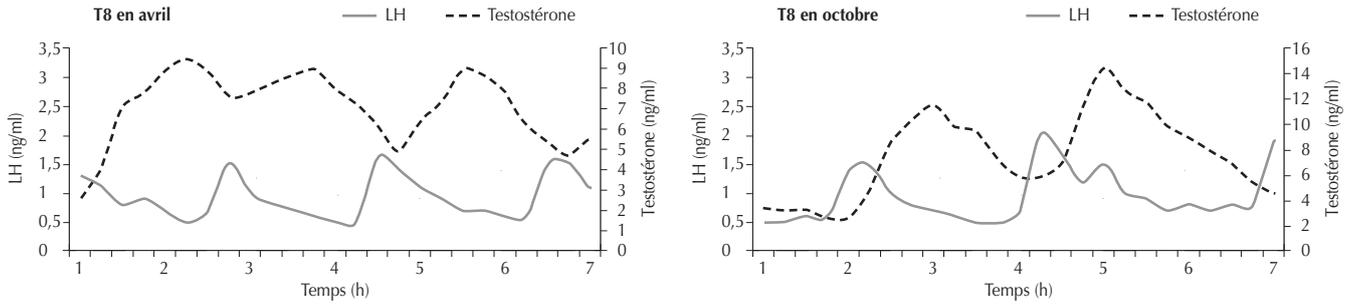


Figure 2 : évolution de la testostérone et de la LH plasmatique chez le bélier Touareg T8.

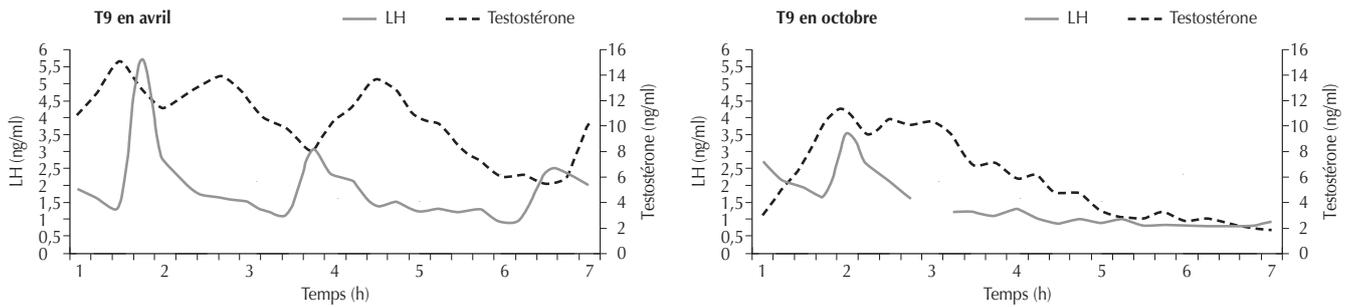


Figure 3 : évolution de la testostérone et de la LH plasmatique chez le bélier Touareg T9.

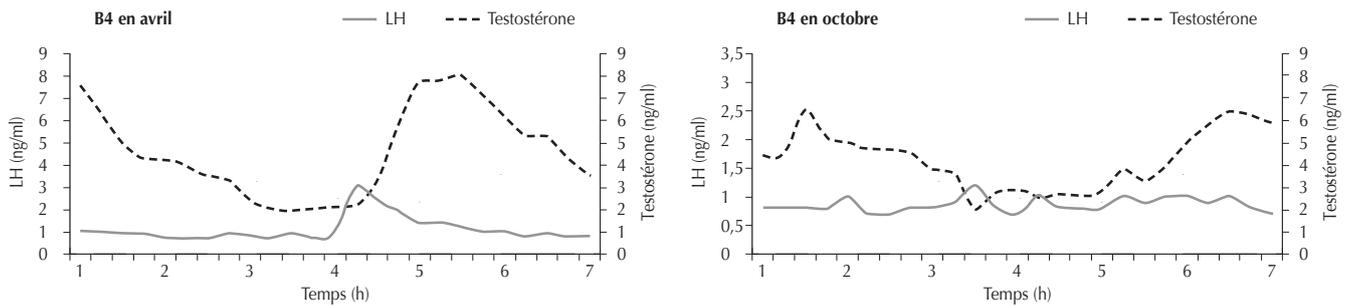


Figure 4 : évolution de la testostérone et de la LH plasmatique chez le bélier Peul B4.

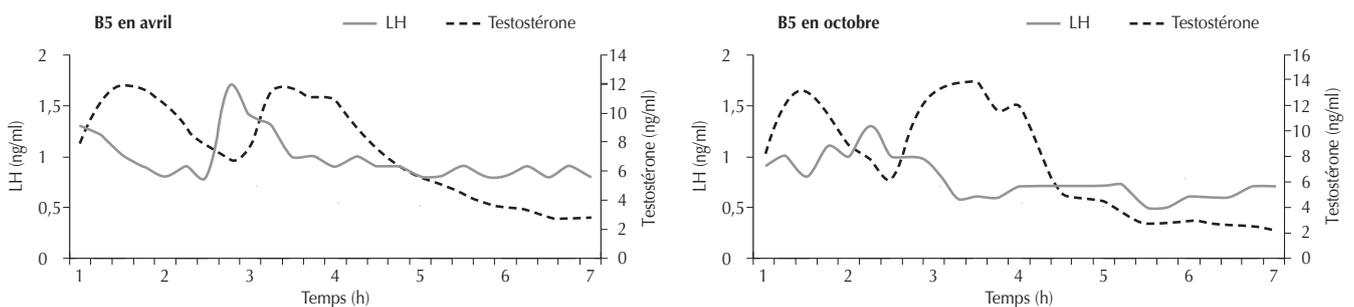


Figure 5 : évolution de la testostérone et de la LH plasmatique chez le bélier Peul B5.

Tableau I

Moyennes par race des différents paramètres mesurés (moyenne \pm erreur-type de la moyenne) (valeurs logarithmiques)

Hormones et sensibilité	Paramètres mesurés	Moyennes par race	
		Béliers Peuls bicolores	Béliers Touaregs
Testostérone	Niveau de base moyen	4,17 \pm 1,82 ng/ml ^a	4,55 \pm 2,71 ng/ml ^a
	Amplitude moyenne des pics	10,16 \pm 3,11 ng/ml ^a	11,09 \pm 2,82 ng/ml ^a
	Durée moyenne des pics	85 \pm 18,7 min ^a	88,63 \pm 27,47 min ^a
	Fréquence moyenne des pics	2,38 \pm 1,3 pics/6 h ^a	2,03 \pm 1,2 pics/6 h ^a
LH	Niveau de base moyen	0,8 \pm 0,13 ng/ml ^a	0,96 \pm 0,33 ng/ml ^a
	Amplitude moyenne des pics	1,75 \pm 0,9 ng/ml ^a	2,65 \pm 1,29 ng/ml ^b
	Durée moyenne des pics	75 \pm 23,71 min ^a	61,87 \pm 24,23 min ^a
	Fréquence moyenne des pics	1,08 \pm 0,15 pic/6 h ^a	1,85 \pm 0,97 pics/6 h ^a
Sensibilité du testicule à l'action de la LH	Durée moyenne de l'intervalle entre le pic de LH et la 1 ^{re} élévation significative de testostérone	26,25 \pm 6,49 min ^a	31,87 \pm 15,79 min ^a

^{a, b} Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes

LH

L'amplitude des pics de LH a été significativement plus élevée ($p < 0,05$) chez les béliers Touaregs que chez les béliers Peuls (1,75 \pm 0,9 contre 2,65 \pm 1,29 ng/ml) (tableau I). Le niveau de base de la LH, la durée des pics et leur fréquence n'ont pas été significativement différents entre les deux races ($p > 0,05$). Les moyennes obtenues pour les béliers Peuls et Touaregs ont été respectivement : niveau de base 0,8 \pm 0,13 et 0,96 \pm 0,33 ng/ml, durée des pics 75 \pm 23,71 et 61,87 \pm 24,23 min, fréquence des pics 1,08 \pm 0,15 et 1,85 \pm 0,97 pics/6 h (tableau I).

Sensibilité du testicule à la stimulation de la LH

La réponse du testicule à la stimulation de l'hormone hypophysaire n'a pas été significativement différente entre les deux races de béliers ($p > 0,05$). Les moyennes obtenues pour la durée moyenne de l'intervalle entre le pic de LH et la première élévation significative de la testostérone ont été : 26,25 \pm 6,49 min pour les béliers Peuls et 31,87 \pm 15,79 pour les béliers Touaregs.

Sensibilité des paramètres hormonaux aux variations saisonnières

Testostérone

Pour chacune des deux races de béliers, le niveau de base moyen de testostérone n'a pas été différent significativement entre le mois d'avril et celui d'octobre ($p > 0,05$) (tableau II). L'interaction race - mois n'a pas été non plus significative ($p > 0,05$). L'amplitude des pics, leur durée moyenne et leur fréquence moyenne n'ont pas varié significativement ($p > 0,05$) entre les mois d'avril et d'octobre (tableau II). Cependant l'interaction race - mois a été significative ($p < 0,05$) pour l'amplitude des pics.

LH

Pour chacune des deux races de béliers, la durée des pics de LH a été significativement plus élevée en octobre qu'en avril ($p < 0,05$) (tableau II). Le niveau de base de la LH, l'amplitude des pics, leur durée et leur fréquence n'ont pas été affectés par le mois de prélèvement ($p > 0,05$).

Délai de réponse du testicule à l'action de la LH

Le délai de réponse du testicule à l'action de la LH n'a pas été différent de façon significative ($p > 0,05$) entre les mois d'avril et d'octobre. Cependant une tendance au raccourcissement du délai de réponse a été observée en octobre chez les deux races (tableau II). L'interaction race - mois a été significative.

DISCUSSION

Le coût du dosage des hormones avait justifié la durée relativement courte (6 h) des prélèvements sanguins et le faible nombre d'animaux utilisés au cours de cette étude. Des prélèvements de 15 minutes d'intervalle pendant six heures ont été également préférés à des prélèvements horaires qui auraient pu masquer des élévations subites et brutales de la LH dont le processus de sécrétion est de type pulsatile (12, 14, 16). Ainsi, avec six heures de prélèvements le protocole ne peut mettre en évidence d'éventuelles variations des pulses de ces hormones au cours du nyctémère, comme l'ont montré Ortavant et coll. (9) sur les béliers, et Thibier (16) sur le taurillon.

Chez les deux races de béliers, 72,23 p. 100 des pics de testostérone ont eu lieu après le pic de LH ; ceci était comparable aux résultats observés chez d'autres races de béliers européens (Préalpes du Sud et Ile-de-France : 97,2 p. 100) (9, 12). Ainsi les profils des deux hormones ont été semblables à d'autres : à ceux de races européenne [Suffolk (8)], américaine [Hampshire-Suffolk (14), et Shropshire et Suffolk (6)], australienne [Merinos et Corriedale (5, 13)], et à celui du veau (11). Les évolutions parallèles des niveaux de base de testostérone et de LH, qui ont été indépendantes des saisons (11), ont mis en évidence l'interaction entre les deux hormones.

Les moyennes des différents paramètres de sécrétion de la testostérone (niveau de base, amplitude, durée et fréquence des pics) n'ont pas été significativement différentes entre ces deux races de béliers ; cependant, en milieu tempéré Boland et coll. (2) ont montré que le niveau de testostérone variait avec les races.

Tableau II

Variations des paramètres endocriniens en valeurs logarithmiques en avril et octobre chez les deux races de béliers (moyenne \pm erreur-type de la moyenne)

Hormones	Paramètres mesurés	Avril		Octobre	
		Peuls bicolores	Touaregs	Peuls bicolores	Touaregs
Testostérone	Niveau de base moyen	4,26 \pm 1,79 * ng/ml ^a	5,40 \pm 3,04 * ng/ml ^a	4,10 \pm 1,83 * ng/ml ^a	3,79 \pm 2,11 * ng/ml ^a
	Durée moyenne des pics	95 \pm 7,1 * min ^a	75 \pm 19,6 * min ^a	75 \pm 21,2 * min ^a	108,75 \pm 26,8 * min ^a
	Amplitude moyenne des pics	10,47 \pm 1,75 * ng/ml ^a	10,99 \pm 2,8 * ng/ml ^b	9,96 \pm 3,48 * ng/ml ^a	11,28 \pm 2,27 * ng/ml ^b
	Fréquence moyenne des pics	2,3 \pm 1,1 * pics/6 h ^a	2,6 \pm 1,1 * pics/6 h ^a	2,45 \pm 1,1 * pics/6 h ^a	1,5 \pm 0,7 * pics/6 h ^a
LH	Niveau de base moyen	0,87 \pm 0,1 * ng/ml ^a	1,06 \pm 0,4 * ng/ml ^a	0,73 \pm 0,11 * ng/ml ^a	0,86 \pm 0,21 * ng/ml ^a
	Durée moyenne des pics	75 \pm 15 * min ^a	51 \pm 7,34 * min ^a	75 \pm 30 ** min ^a	80 \pm 30,82 ** min ^a
	Amplitude moyenne des pics	2,35 \pm 0,65 * ng/ml ^a	2,9 \pm 1,4 * ng/ml ^a	1,15 \pm 0,15 * ng/ml ^a	2,24 \pm 0,74 * ng/ml ^a
	Fréquence moyenne des pics	1,15 \pm 0,15 * pic/6 h ^a	2,23 \pm 0,9 * pics/6 h ^a	1 \pm 00 * pic/6 h ^a	1,5 \pm 0,7 * pics/6 h ^a
Sensibilité du testicule à l'action de la LH	Durée moyenne de l'intervalle entre le pic de LH et la 1 ^{re} élévation significative de testostérone	30 \pm 00 * min ^a	39 \pm 12 * min ^b	22,5 \pm 7,5 * min ^a	20 \pm 14,14 * min ^b

^{a, b} Au niveau du mois, les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes

* et ** Entre avril et octobre et pour une même race les valeurs suivies de * sont significativement différentes de celles suivies de **

Chez les deux races, seule la durée moyenne du pic de LH a subi une variation saisonnière significative. Elle a été plus élevée en octobre qu'en avril avec un niveau de base qui n'a pas été différent entre les deux mois. Plusieurs études montrent qu'aux latitudes élevées, le facteur environnemental qui contrôle le niveau de sécrétion de la LH et par suite celui de la testostérone est la photopériode. Une diminution de la photopériode coïncide avec une élévation du niveau de sécrétion de la LH et de la testostérone (1, 6, 10). Dans les conditions expérimentales de la présente étude, les variations de la photopériode ne dépassant pas 1,30 h environ, les températures élevées d'octobre ont probablement contribué à un prolongement de la durée du pic de LH tout en maintenant faibles les niveaux hormonaux de ces deux races par rapport à ceux observés aux latitudes élevées (6, 12, 14). Des travaux antérieurs ont déjà mis en évidence chez la brebis Peule bicolore une chute du niveau de LH en septembre/octobre en réponse à une augmentation de la température à cette période de l'année sous climat sahélien (18).

CONCLUSION

Il ressort de cette étude que les caractéristiques d'évolution de la testostérone ont été semblables chez les deux races. L'évolution de la LH a été également semblable chez les deux races à l'exception de l'amplitude des pics qui a été significativement plus élevée chez les béliers Touaregs. La durée des pics a montré aussi une variation saisonnière significative. Les évolutions parallèles des niveaux de base de testostérone et de LH au cours des deux saisons ont mis en évidence l'interaction entre les deux hormones.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier M. D. André, responsable du laboratoire de dosages hormonaux, et ces collaborateurs, à la station de physiologie de la reproduction des mammifères domestiques (Inra-Nouzilly, France), qui ont dosé pour nous gratuitement ces hormones en 1998.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBERIO R., 1976. Rôle de la photopériode dans le développement de la fonction de reproduction chez l'agneau Ile-de-France, de la naissance à 21 mois. Thèse Doct., université de Paris VI, France.
- BOLAND M.P., AL-KAMALI A.A., CROSBY T.F., HAYNES N.B., HOWLES C.M., KELLEHER D.L., GORDON I., 1985. The influence of breed, season and photoperiod on semen characteristics, testicular size, libido and plasma hormone concentrations in rams. *Anim. Reprod. Sci.*, **9**: 241-252.
- CANEPA S., GAUTHIER C., ANDRE D., 1996. Dosage RIA de la LH ovine dans le plasma et les milieux de culture. Tours, France, Inra, 51 p.
- DAGNELIE P., 1975. Théorie et méthodes statistiques, vol. 2. Gembloux, Belgique, Les presses agronomiques, 463 p.
- FERNANDEZ-ABELLA A., BECU-VILLABOS D., LACAU-MENGIDOO I.M., VILLEGAS N., BENTANCUR O., 1999. Sperm production, testicular size, serum gonadotropins and testosterone levels in Merino and Corriedale breeds. *Reprod. Nutr. Develop.*, **39**: 617-624.
- FOSTER D.L., MICKELSON I.H., RYAN K.D., COON G.A., DRONGOWSKI R.A., HOLT J.A., 1978. Ontogeny of pulsatile luteinizing hormone and testosterone secretion in male lambs. *Endocrinology*, **102**: 1137-1146.
- ISSA M., YENIKOYE A., MARICHATOU H., BANOIN M., 2001. Spermogramme de béliers Peuls bicolores et Touaregs : influence du type génétique et de la saison. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **54** : 269-275.
- KATONGOLE C.B., NAFTOLI N., SHORT R.V., 1974. Seasonal variations in blood luteinizing hormone and testosterone levels in rams. *J. endocrinol.*, **60**: 101-106.
- ORTAVANT R., DAVEAU A., GARNIER D.H., PELLETIER J., DE REVIERS M.M., TERQUI M., 1982. Diurnal variation in release of LH and testosterone in the ram. *J. Reprod. Fertil.*, **64**: 347-353.
- PELLETIER J., ALMEIDA G., 1987. Short light cycles induce persistent reproductive activity in Ile-de-France rams. *J. Reprod. Fertil. (suppl.)*, **34**: 215-226.
- PELLETIER J., CARREZ-CAMOUS S., THIERY J.C., 1981. Basis neuroendocrine events before puberty in cattle, sheep and pigs. *J. Reprod. Fertil. (suppl.)*, **30**: 91-102.

12. PELLETIER J., GARNIER D.H., DE REVIERS M.M., TERQUI M., ORTAVANT R., 1982. Seasonal variations in LH and testosterone release in rams of two breeds. *J. Reprod. Fertil.*, **64**: 341-346.
13. PEREZ R.C., FORSBERG M., MARTINEZ H.R., 1998. Seasonal variation in live weight, testes size, testosterone, LH secretion, melatonin and thyroxine in Merino and Corriedale rams in a subtropical climate. *Acta vet. Scand.*, **39**: 35-47.
14. SCHANBACHER B.D., FORD J.J., 1976. Seasonal profiles of plasma luteinizing hormone, testosterone and oestradiol in the ram. *Endocrinology*, **99**: 752-757.
15. SCHWARTZ D., 1983. Théorie et méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes, 3^e éd. Paris, France, Flammarion médecine-sciences, 125 p.

16. THIBIER M., 1975. Variations circadiennes de la LH plasmatique chez le jeune taurillon. *Ann. Endocrinol.*, **36** : 205-210.
17. YENIKOYE A., 1991. Déterminisme physiologique des variations saisonnières de l'activité ovarienne chez la brebis en milieu sahélien. In: Proc. International symposium on nuclear and techniques in animal production and health, jointly organized by IAEA and FAO, Vienna, Austria, 15-19 Apr. 1991, p. 391-403.
18. YENIKOYE A., RAVAVULT J.P., 1982. Rythme circannuel de sécrétion de la prolactine chez la brebis Peulh. *C.R. Acad. Sci.*, **293**, série III : 523-525.

Reçu le 24.03.2006, accepté le 09.05.2007

Summary

Issa M., Marichatou H., Yenikoye A., Banoïn M. Sexual/Endocrine Parameters in Peul and Tuareg Rams: Genetic Type and Seasonal Influence

Endocrinal parameters of two sexual hormones [luteinizing hormone (LH) and testosterone] were studied in three Tuareg rams and two bicolor Peul rams during April and October 1997. Blood samples were collected at 15 min intervals from 1h00 to 7h00 AM. Means (\pm standard error) obtained for the various parameters studied in Peul and Tuareg rams were as follows, respectively: basal levels of testosterone 4.17 ± 1.82 and 4.55 ± 2.71 ng/ml, and LH 0.80 ± 0.13 and 0.96 ± 0.33 ng/ml; peaks of testosterone 10.16 ± 3.11 and 11.09 ± 2.82 ng/ml, and LH 1.75 ± 0.90 and 2.65 ± 1.29 ng/ml; duration of peaks of testosterone 85 ± 18.7 and 88.63 ± 27.47 min, and LH 75 ± 23.71 and 61.87 ± 24.23 min; frequency of peaks of testosterone 2.38 ± 1.3 and 2.03 ± 1.2 peaks/6h, and LH 1.08 ± 0.15 and 1.85 ± 0.97 peaks/6h. Time intervals between the peak of LH and the first significant rise of testosterone were 26.25 ± 6.49 and 31.87 ± 15.79 min, respectively. The only significant ($p < 0.05$) differences between the two breeds were their average amplitude of LH. Tuareg rams had an amplitude higher than that of Peuls (2.65 ± 1.29 ng/ml vs 1.75 ± 0.90 ng/ml). For all the other parameters studied, the differences between the two breeds were not significant ($p > 0.05$). The duration of the peak of LH was significantly affected by the season ($p < 0.05$), whereas the other parameters were not. Parallel evolutions of the basal levels of testosterone and LH during both seasons highlighted the interaction between the two hormones.

Keywords: Sheep – Tuareg ram – Peul ram – Testosterone – LH – Hormone – Season – Niger.

Resumen

Issa M., Marichatou H., Yenikoye A., Banoïn M. Parámetros de la endocrinología sexual de los corderos Peuls y Tuareg: influencia del tipo genético y de la estación

Se estudiaron los parámetros endocrinos de dos hormonas sexuales [hormona luteinizante (LH) y la testosterona] en tres corderos Tuareg y dos corderos Peuls bicolores, durante el curso de los meses de abril y octubre 1997. Las muestras sanguíneas se efectuaron de la 1:00 a las 7:00 de la mañana con 15 minutos de intervalo. Los promedios obtenidos para los diferentes parámetros estudiados fueron, respectivamente para los corderos Peuls y Tuareg: niveles de base de la testosterona $4,17 \pm 1,82$ y $4,55 \pm 2,71$ ng/ml, y de la LH $0,80 \pm 0,13$ y $0,96 \pm 0,33$ ng/ml; picos de amplitud de la testosterona $10,16 \pm 3,11$ y $11,09 \pm 2,82$ ng/ml, y de la LH $1,75 \pm 0,9$ y $2,65 \pm 1,29$ ng/ml; duración de los picos de la testosterona $85 \pm 18,7$ y $88,63 \pm 27,47$ min, y de la LH $75 \pm 23,71$ et $61,87 \pm 24,23$ min; frecuencias de los picos de la testosterona $2,38 \pm 1,3$ y $2,03 \pm 1,2$ picos/6 h, y de la LH $1,08 \pm 0,15$ y $1,85 \pm 0,97$ picos/6 h; y duración del intervalo entre el pico de LH y el primer aumento significativo de la testosterona $26,25 \pm 6,49$ y $31,87 \pm 15,79$ min. Las dos razas de corderos no fueron significativamente diferentes ($p < 0,05$), sino a nivel de la amplitud media de LH. Los corderos Tuareg mostraron una amplitud más elevada que los corderos Peuls ($2,65 \pm 1,29$ contra $1,75 \pm 0,90$ ng/ml). Para todos los otros parámetros estudiados, la diferencia entre las dos razas no fue significativa ($p > 0,05$). La duración del pico de LH fue significativamente afectada por la estación ($p < 0,05$), los otros parámetros estudiados no lo fueron. Las evoluciones paralelas de los niveles de base de la testosterona y de la LH durante el curso de las dos estaciones pusieron en evidencia la interacción entre las dos hormonas.

Palabras clave: Ovino – Morueco Tuareg – Morueco Peul – Testosterona – LH – Hormona – Estación del año – Níger.

Evaluation du niveau de stress thermique par mesure de la température corporelle et du niveau d'hyperventilation chez le poulet de chair dans des conditions de production au Venezuela

M. Pérez¹ V. De Basilio^{1*} Y. Colina¹ Y. Oliveros²
S. Yahav³ M. Picard⁴ D. Bastianelli⁵

Mots-clés

Poulet de chair – Climat tropical – Température corporelle – Taux de respiration – Elevage de volaille – Mesure – Venezuela.

Résumé

Les mesures répétées sur des volailles en élevage sont difficiles à mettre en œuvre à cause de la difficulté d'identification et de récupération des animaux. Une technique de suivi par isolement de petits groupes d'animaux dans des cercles situés au sein même de l'élevage est proposée. Cette méthode a été utilisée dans un poulailler de production au Venezuela pour déterminer la variation de la température corporelle (TC) et du niveau d'hyperventilation (NH), en fonction de la localisation dans le bâtiment et du sexe des animaux. Trois cercles grillagés ont été aménagés et divisés en deux, avec dans chaque demi-cercle 20 poulets mâles ou femelles. A partir du 29^e jour d'âge, la température ambiante (TA) et l'humidité relative (HR) ont été enregistrées en continu, et la TC (côlon terminal) et le NH ont été mesurés chaque heure, de 9 h 00 à 19 h 00, un jour sur deux pendant deux semaines. Les mesures de la TC et du NH ont varié au cours de la journée, sans être rigoureusement parallèles aux paramètres climatiques TA et HR. Il y a eu des différences significatives entre les cercles pour tous les paramètres mesurés. L'effet du sexe n'a pas été significatif sur la TC ($p = 0,06$), mais il l'a été sur le NH ($p = 0,01$) et l'interaction avec la localisation du cercle ($p < 0,001$ pour la TC et $p < 0,01$ pour le NH). Le sexe a eu un effet significatif sur la consommation alimentaire ($p < 0,01$) et le gain de poids ($p = 0,02$) mais pas sur l'indice de consommation ($p = 0,64$). Les mesures climatiques ont également été différentes entre cercles et entre sexes, avec notamment une HR plus élevée près des mâles ($p < 0,001$). Sur l'ensemble des données, la TC et le NH ont augmenté respectivement de 0,139 °C et 12,1 inspirations/min par degré d'augmentation de la TA. Il est conclu que les conditions climatiques présentent une hétérogénéité au sein du bâtiment, avec des conséquences sur le confort des poulets, et que les mesures sur animaux (TC et NH) doivent compléter les données climatiques pour décrire l'état de stress thermique. La technique expérimentale proposée permet d'observer des animaux de manière répétée dans les conditions réelles d'un poulailler de production.

■ INTRODUCTION

L'aviculture a connu un essor extrêmement important dans les pays tropicaux ces dernières années. Au Venezuela, la consommation de viande de volaille a atteint 26 kg/an/personne en 2005 (14, 15), représentant presque 60 p. 100 des protéines carnées consommées. Outre les problèmes économiques vénézuéliens, la production doit faire face à un environnement thermique contraignant puisque la moitié des exploitations avicoles se situent dans des régions où la température moyenne annuelle est supérieure à 30 °C, avec des maxima supérieurs à 36 °C pendant plusieurs heures de la journée (1). De telles

1. Instituto de Producción Animal, Maracay 2101, Venezuela.
2. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Maracay 2101, Venezuela.
3. Institute of Animal Science, Bet-Dagan, 50250, Israel.
4. Inra, Station de recherches avicoles, Nouzilly, F-37380 France.
5. Cirad, UPR Systèmes d'élevage, Montpellier, F-34398 France.
* Auteur pour la correspondance
Instituto de Producción Animal, Facultad de Agronomía, UCV, Apdo. Postal 4579, Maracay 2101, Venezuela.
E-mail : vascodebasilio@hotmail.com

températures peuvent provoquer des coups de chaleur susceptibles de causer des mortalités pouvant concerner la moitié des animaux (23), même en utilisant des densités d'élevages modérées (environ 10 animaux/m²), notamment dans le contexte vénézuélien où l'humidité relative est élevée (généralement 75 à 100 p. 100). Les pertes économiques sont très importantes compte tenu du fait que les mortalités par coup de chaleur surviennent en fin de période d'élevage, alors que les animaux ont déjà consommé plus de 80 p. 100 de l'aliment et sont quasiment prêts à la commercialisation (1). Les coups de chaleur sont difficiles à prévoir d'après les informations météorologiques, mais ils surviennent quand les températures sont élevées (32 °C) pendant de longues périodes (> 6 heures) ou très élevées (36 °C) pendant des périodes plus courtes (> 2 heures) (7).

L'utilisation de pratiques d'élevage adaptées pour diminuer les effets négatifs du stress thermique dans les élevages de poulets de chair serait plus efficace si l'on pouvait prédire le niveau de stress thermique et le risque de mortalité avec des indicateurs faciles à mesurer. Par exemple, on sait que l'utilisation de la restriction alimentaire durant les heures les plus chaudes de la journée peut limiter le stress thermique (4, 18). Cette pratique tend à réduire le gain de poids quand elle est utilisée dans les deux dernières semaines d'élevage, sauf si elle est mise en œuvre uniquement pendant la dernière semaine (21). Un suivi du niveau de stress thermique pendant les deux dernières semaines permettrait de n'appliquer la restriction alimentaire que s'il existe un risque immédiat de mort par coup de chaleur, et donc d'optimiser à la fois la survie et les performances.

Bien qu'on ne connaisse pas exactement le détail des processus physiologiques qui conduisent à la mort des poulets (9), il existe deux paramètres facilement mesurables qui changent chez les animaux en stress thermique : la fréquence respiratoire et la température corporelle (13). La fréquence respiratoire, appelée ici niveau d'hyperventilation (NH) dès lors que la respiration accélérée s'accompagne de l'ouverture du bec, augmente de 25 inspirations par minute (insp/min) à la thermoneutralité [température ambiante (TA) < 22 °C] à 200 (13), voire 300 insp/min (26) quand la température ambiante dépasse 36 °C. La température corporelle (TC) augmente de 41,5 °C (TC normale) à 47 °C (TC au moment de la mort par chaleur) (6).

Ces indicateurs ont été définis dans des conditions de laboratoire, avec un nombre restreint d'animaux (26), avec une température ambiante contrôlée strictement et des conditions d'élevage (densités d'animaux, conditions sanitaires) très différentes des pratiques réelles d'élevage. Des validations effectuées dans des conditions réelles sont donc nécessaires pour pouvoir les proposer comme outils utilisables sur le terrain pour des expérimentations ou, à terme, pour la caractérisation de l'état de stress des animaux en vue de la gestion technique des élevages.

La réalisation de telles validations sur le terrain se heurte à des difficultés expérimentales. En effet, l'interprétation de données comme la TC et le NH, qui présentent une forte variabilité individuelle, nécessite un suivi des animaux dans le temps. Or dans un poulailler commercial comportant des milliers d'animaux, l'identification des animaux est extrêmement difficile. Des marquages avec des couleurs ou avec la section de l'extrémité d'un doigt (8) ont été employés pour suivre des animaux relâchés au sein du poulailler, mais les animaux sont néanmoins difficiles à repérer. Leur capture est longue [plusieurs heures avec marquage coloré (8)], ce qui ne permet pas une stabilité des conditions environnementales pendant une session de mesures, et une nouvelle capture de tous les animaux n'est pas obligatoirement assurée [240 animaux sur 960 avec marquage par section d'un doigt (8)]. D'autre part, le stress des animaux dû au dérangement pendant leur recherche

et à la capture elle-même est important, perturbant les mesures de la TC et du NH. Ces solutions de marquages ne sont donc pas très satisfaisantes dans la pratique.

Un des objectifs du présent travail a été la mise au point d'une technique permettant d'effectuer des mesures individuelles répétées sur des animaux placés dans des conditions réelles d'élevage. Pour ce faire, les auteurs ont choisi d'adapter la technique de cloisonnement d'animaux au sein de l'élevage, développée pour le conditionnement thermique des poussins (7, 8).

Cette technique a été appliquée ici à l'évaluation de la TC et du NH comme indicateurs du niveau de stress des poulets de chair en fin de cycle, en fonction du sexe et en relation avec les variations naturelles de la TA et de l'humidité relative (HR) pendant la journée, dans des conditions commerciales : poulaillers ouverts, densité modérée (7 animaux/m²) et aliment commercial.

■ MATERIEL ET METHODES

Localisation de l'essai

L'expérience s'est déroulée dans l'élevage avicole Santa María, entre les communes de Vila de Cura (district de Zamora) et Cagua (district de Sucre) dans l'Etat d'Aragua, au Venezuela (figure 1). L'HR moyenne est de 76 p. 100, respectivement avec des minima et des maxima de 52 et 99 p. 100, et la température moyenne est de 26,6 °C respectivement avec des minima et des maxima de 16,0 et 36,3 °C. La valeur d'évaporation potentielle est de 1 369 mm avec des précipitations annuelles de 834 mm.

La période sèche s'étale de novembre à avril et les mois humides de mai à octobre. La chaleur est maximale à la fin de la période sèche (mars-avril, moyennes de 34-36 °C) et les valeurs minimales au début de la période sèche (novembre-décembre, moyennes de 26-28 °C). L'expérimentation a eu lieu au mois de juillet, période durant laquelle la température moyenne est de 32 °C environ.

Bâtiments

L'élevage possédait 14 poulaillers, répartis par groupes de deux, séparés de 30 m. Les bâtiments étaient tous similaires. Leur surface était de 1 240 m² (124 m sur 10 m), la hauteur de 4,0 m au centre et de 3,0 m sur les côtés. Les toits étaient couverts de tôle avec une pente de 20 p. 100 et un débordement de 1,10 m. Les parois



Figure 1 : localisation de l'Etat d'Aragua au Venezuela.

du poulailler consistaient en 45 cm de muret surmonté de grillage. Le sol était en ciment, avec une litière de balles de riz de 8 cm d'épaisseur.

L'aliment était conservé dans des silos de type tour de 12,5 t et l'eau dans des réservoirs de 2 000 l. L'essai s'est déroulé dans le poulailler n° 2. Il comprenait trois rangées de mangeoires manuelles suspendues, espacées de 1,30 m (93 mangeoires par rangée, soit 279 au total) et deux rangées d'abreuvoirs automatiques, type Plasjon, espacés de 2 m (62 abreuvoirs par rangée, soit 124 au total).

Installations expérimentales

Les animaux expérimentaux ont été placés dans des cercles grillagés (mailles de 1,5 cm sur 8,0 cm). Un cercle était formé de trois plaques de grillage dont deux étaient attachées pour former le cercle proprement dit et la troisième servait de cloison délimitant deux demi-cercles. Trois cercles ont été mis en place une semaine avant l'essai (21^e jour des poulets). Dans chaque demi-cercle ont été placés un abreuvoir et une mangeoire suspendue, identiques à ceux utilisés dans le reste du bâtiment. Les cercles ont été placés au centre du poulailler et de chaque côté (figure 2), de manière à pouvoir étudier l'effet de leur localisation sur les résultats. Le premier cercle était à 28,0 m par rapport à l'avant du bâtiment et

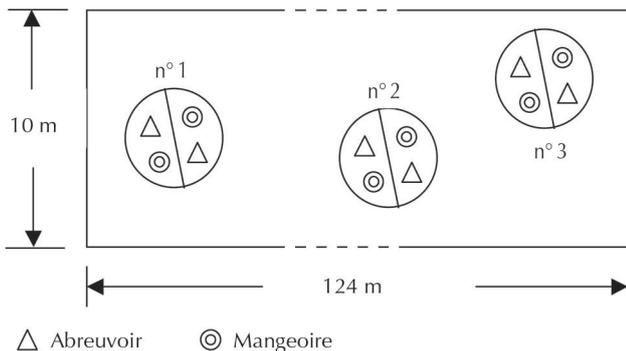


Figure 2 : répartition des cercles dans le poulailler.

à 5,5 m par rapport au côté, le second respectivement à 69,0 et à 6,4 m, et le troisième respectivement à 118,0 et à 2,6 m. La surface des cercles a été ajustée de manière à ce que les animaux aient la même densité (7 animaux/m²) que dans le reste du bâtiment. Ce système a permis d'avoir des animaux expérimentaux placés dans les mêmes conditions que celles de l'élevage, mis à part la liberté de se déplacer au-delà du cercle. Une illustration du dispositif est présentée à la figure 3.

Equipements

Pour mesurer la TA (°C) et l'HR (%) du poulailler et de l'extérieur, deux thermohydrographes à tambour de marque Siap ont été utilisés. Pour enregistrer les variations ponctuelles au niveau des cercles pendant les mesures de TC et de NH, un thermohygromètre digital portable de marque Tannus à lecture rapide et de précision de lecture à 0,1 °C et 1 p. 100 HR a été utilisé. Cet instrument a été positionné dans le cercle étudié au début de chaque série de mesures. La sonde a été placée près du sol, de manière à capter les conditions climatiques existant au niveau des animaux. La TC a été mesurée avec un thermomètre Testo 110, avec une sonde d'immersion-pénétration d'une précision de mesure de 0,1 °C. Un chronomètre de marque Casio (0,01 s) a été utilisé pour la mesure des durées d'hyperventilation. Une balance Mettler (de 0 à 5 000 g, précision de mesure 0,1 g) a été utilisée pour peser les aliments et les animaux.

Eclairage

Pendant tout l'essai, les animaux ont été éclairés 24 heures sur 24. Pendant la nuit, un éclairage permanent a été assuré par des ampoules de lumière blanche (100 W) disposées à une hauteur de 3 m, au centre du bâtiment : tous les quatre mètres dans la zone de réception des animaux, et tous les huit mètres dans le reste du bâtiment (éclairage au niveau des animaux = 30 lux).

Animaux

Cent vingt poulets de chair hybrides Ross x Ross ont été utilisés. Ils ont été choisis aléatoirement parmi les 9 600 animaux présents dans le bâtiment, de manière à obtenir 60 (3 groupes de 20) mâles et 60 (3 groupes de 20) femelles. Chaque cercle expérimental a



Figure 3 : dispositif expérimental ; a) Cercle d'isolement au sein de l'élevage et opérateur ; b) Détail d'un cercle d'isolement avec deux demi-cercles.

donc été séparé en deux et a reçu un groupe de 20 mâles d'un côté et un groupe de 20 femelles de l'autre. Les animaux ont été identifiés par un marquage de couleur, avec un codage par la combinaison de cinq couleurs en trois endroits du corps : tête, dos et ailes.

Prophylaxie

Les poussins ont été vaccinés au couvoir (vaccins huileux) contre la maladie de Gumboro (Bursal suave), la bronchite infectieuse et la maladie de Newcastle (La Sota). Entre trois et cinq jours d'âge, les animaux ont reçu un traitement à la phosphomycine-fructose + biphosphate + vitamine E et une supplémentation en électrolytes dans l'eau de boisson (8 mg par poussin le 3^e jour et 5 mg par poussin les 4^e et 5^e jours). Le 7^e jour une vaccination contre la maladie de Newcastle (La Sota) et la maladie de Gumboro (Bursine) a été réalisée en nébulisation (grosses gouttes). Le 17^e jour, des rappels contre la maladie de Newcastle (Avinew) et la maladie de Gumboro (Bursine II) ont été faits en nébulisation (gouttes fines). Le 19^e jour tous les animaux ont été traités avec du tartrate de tylosine (35 mg/poulet dans l'eau de boisson).

Aliments

Les aliments distribués dans les cercles ont été les mêmes aliments commerciaux que ceux de l'élevage, marque La Caridad (Alimentos La Caridad, C.A. Valencia, Edo, Carabobo, Venezuela). Avant la période expérimentale, les animaux ont été nourris avec un aliment de démarrage en miettes. Pendant l'expérimentation, ont été utilisés un aliment de croissance de 28 à 35 jours (granulé concassé, MAT* = 20-23 p. 100, EM** = 3 300 kcal/kg) et un aliment finition de 36 à 42 jours (granulé, MAT = 19-21 p. 100, EM = 3 425 kcal/kg). L'eau de boisson a été traitée au chlore (0,1 g/l).

Traitements

L'étude a porté sur des comparaisons entre mâles et femelles et l'effet de la localisation dans le bâtiment (trois cercles). Chaque modalité a comporté 20 répétitions (animaux) pour les mesures individuelles (TC, NH et poids vif). Pour les mesures de consommation alimentaire et indice de consommation, l'effet du sexe n'a été étudié qu'avec trois répétitions (demi-cercles).

Variables mesurées

Température corporelle

La TC a été mesurée tous les deux jours entre 29 et 39 jours d'âge et à 42 jours. La mesure individuelle de la TC a été réalisée par introduction de la sonde dans le cloaque du poulet jusqu'au côlon terminal, comme préconisé par De Basilio et coll. (8) (4 cm de pénétration de 29 à 35 jours d'âge et 5 cm de 37 à 42 jours). La lecture a été réalisée après stabilisation de l'instrument (approximativement 10 s). Pour la mesure, l'opérateur était situé au centre du cercle en permanence, ce qui lui permettait d'attraper les oiseaux en tendant simplement les bras (figure 3), évitant ainsi toute manipulation brutale qui aurait causé du stress et donc interféré avec les résultats. Le temps total de mesure a été d'environ une minute par animal. Quatre séries de mesure par jour ont été réalisées pour tous les animaux (de 8 h 00 à 18 h 30, séparées de 30 min), en changeant chaque fois l'ordre dans lequel les cercles étaient abordés.

Niveau d'hyperventilation

L'hyperventilation est définie par un rythme respiratoire augmenté par rapport à la thermoneutralité, avec ouverture du bec en continu

pendant la respiration (7). Le NH est défini comme étant le rythme respiratoire dans les phases d'hyperventilation. Il a été mesuré tous les deux jours entre 32 et 40 jours d'âge et à 41 jours. Il a été déterminé en mesurant le temps (t_{10}) nécessaire à 10 inspirations successives au cours d'une séquence d'hyperventilation, déterminée par l'ouverture du bec. Le nombre d'inspirations par minute peut ensuite être calculé simplement ($NH = 10 \cdot 60 / t_{10}$). Le temps nécessaire à la mesure du NH est environ de 30 s par animal. Six séries de mesure par jour ont été réalisées sur tous les animaux (de 8 h 00 à 19 h 40, séparées de 20 min), en changeant chaque fois l'ordre dans lequel les cercles étaient abordés.

Température ambiante et humidité relative

Au début de chaque série de mesures dans un demi-cercle, la TA et l'HR ont été enregistrées à l'aide du thermohygromètre portable placé au niveau des animaux du demi-cercle. Pour pouvoir comparer les conditions climatiques à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment, deux thermohygromètres ont été localisés l'un au centre du poulailler, au niveau des animaux, et l'autre dehors, à l'air libre à l'ombre.

Consommation d'aliments, poids vif et mortalité

La consommation d'aliments (mesure quotidienne) et le poids vif (PV) des animaux (mesure hebdomadaire) ont été déterminés par pesée individuelle avec une balance électronique. La mortalité a été enregistrée quotidiennement tout au long de l'essai.

Analyses statistiques

Toutes les variables mesurées ont été soumises à une analyse de variance Anova en mesures répétées avec le logiciel Statview (SAS Institute, Cary, NC, USA), en prenant en compte le sexe (tableau I), ou le sexe et le cercle de mesure (tableau II). Dans les cas où des différences significatives étaient mises en évidence ($p < 0,05$), des tests de Dunnett étaient réalisés pour tester la séparation des différentes modalités. L'unité expérimentale a été l'animal pour les mesures de la TC, du NH, du PV, et le demi-cercle pour les mesures de consommation et d'indice de consommation. Les relations entre la TC et la TA, d'une part, et le NH et la TA, d'autre part, ont été testées par des analyses de covariance incluant l'animal comme facteur (120 modalités).

Tableau I

Valeurs moyennes des mesures de consommation, de gain de poids et indices de consommation pendant les deux semaines d'expérimentation en fonction du sexe

	Période (jours)	Femelles (g)	Mâles (g)	P
Consommation d'aliment	29-35	891 ± 45	1 017 ± 25	0,07
	36-42	866 ± 9	1 131 ± 37	< 0,01
	29-42	1 757 ± 36	2 148 ± 57	< 0,01
Gain de poids	29-35	463 ± 8	572 ± 12	< 0,01
	36-42	329 ± 42	426 ± 16	0,10
	29-42	794 ± 48	1 012 ± 27	0,02
Indice de consommation	29-35	1,93 ± 0,13	1,78 ± 0,07	0,36
	36-42	2,73 ± 0,37	2,67 ± 0,17	0,89
	29-42	2,24 ± 0,18	2,13 ± 0,11	0,64

* Matières azotées totales. ** Energie métabolisable

Tableau II

Température corporelle (TC), niveau d'hyperventilation (NH), gain de poids (GP) des animaux, températures ambiantes (TA) et humidités relatives (HR) dans les cercles pendant les deux semaines d'expérimentation en fonction de la localisation dans le poulailler (cercles 1, 2, 3) et du sexe (F, M)

	Période (jours)	Cercle 1		Cercle 2		Cercle 3		Effet cercle P	Effet sexe P	Interaction P
		F	M	F	M	F	M			
TC	29-35	41,71 ^b	41,71 ^b	41,87 ^a	41,84 ^a	41,61 ^c	41,75 ^b	< 0,01	0,07	< 0,01
	36-42	41,82 ^c	41,82 ^c	42,07 ^a	41,98 ^{ab}	41,79 ^c	41,96 ^b	< 0,01	0,31	< 0,01
	29-42	41,76 ^c	41,76 ^c	41,96 ^a	41,90 ^{ab}	41,70 ^d	41,85 ^b	< 0,01	0,06	< 0,01
TA pendant mesures de TC		30,0 ^c	30,4 ^b	30,7 ^a	30,7 ^a	30,0 ^c	30,3 ^b	< 0,01	< 0,01	0,05
HR pendant mesures TC		81,2 ^c	87,1 ^a	80,3 ^c	84,3 ^b	78,7 ^d	87,7 ^a	< 0,01	< 0,01	0,05
NH	29-35	134 ^a	118 ^b	141 ^a	141 ^a	140 ^a	141 ^a	< 0,01	0,16	0,08
	36-42	118 ^b	108 ^c	106 ^c	109 ^c	127 ^a	120 ^b	< 0,01	0,02	0,01
	29-42	121 ^b	110 ^c	111 ^c	114 ^c	130 ^a	124 ^{ab}	< 0,01	0,01	< 0,01
TA pendant mesures de NH		29,8 ^c	29,7 ^c	30,3 ^{ab}	30,5 ^a	29,6 ^c	30,1 ^b	< 0,01	0,01	0,02
HR pendant mesures NH		75,8 ^b	76,9 ^b	76,4 ^b	81,0 ^a	76,9 ^b	80,8 ^a	< 0,01	< 0,01	< 0,01
GP	29-35	472 ^b	595 ^a	447 ^b	560 ^a	469 ^b	560 ^a	0,47	< 0,01	0,80
	36-42	386 ^{ab}	448 ^a	247 ^c	434 ^{ab}	354 ^b	396 ^{ab}	0,04	< 0,01	0,04
	29-42	859 ^{bc}	1043 ^a	699 ^d	1037 ^a	823 ^c	958 ^{ab}	0,08	< 0,01	0,04

a, b, c, d Les lettres différentes sur une même ligne indiquent des valeurs significativement différentes ($p < 0,05$)

■ RESULTATS

Variations des conditions environnementales et effet sur les paramètres mesurés

Les TA et HR moyennes mesurées à l'extérieur des poulaillers pendant toute la période expérimentale ont été respectivement de 24,7 °C et 81,0 p. 100, c'est-à-dire - 2,0 °C et - 2,6 p. 100 par rapport à celles mesurées à l'intérieur du poulailler (26,7 °C et 78,4 p. 100), la mesure ayant été réalisée avec des thermohydrographes identiques. Les températures maximales et minimales relevées ont également été plus faibles à l'extérieur (32,8 °C et 19,6 °C) qu'à l'intérieur (36,0 °C et 21,0 °C) du bâtiment.

La TA relevée dans les cercles pendant les mesures de la TC et du NH (de 8 h 00 à 18 h 00) a été en moyenne de 30,2 °C, logiquement plus élevée que la mesure globale faite sur l'ensemble du nyctémère. Elle a été significativement plus élevée dans le cercle 2, situé au centre du bâtiment ($30,5 \pm 0,04$ °C) que dans les deux autres cercles ($\Delta TA : 0,50$ °C), eux-mêmes significativement non différents entre eux. L'HR moyenne relevée dans la même période a été de 80,6 p. 100, sans que les différences entre cercles n'aient été significatives. Les valeurs moyennes de la TC les plus élevées ont été observées dans le cercle 2 ($41,93 \pm 0,02$ °C), significativement plus élevées (de 0,17 °C) que celles des cercles 1 et 3. Le NH observé dans le cercle 3 a été significativement plus élevé respectivement de 12 et 14 insp/min que dans les cercles 1 et 2.

Les évolutions de la TC et du NH au cours de la journée sont montrées en parallèle avec les variations de la TA et de l'HR sur les figures 4 et 5. Il s'agit des moyennes par heure des valeurs obtenues pour

les différents jours de mesure, tous cercles confondus. Comme la TC et le NH n'ont pas été mesurés les mêmes jours, les valeurs de la TA et de l'HR correspondantes ont été un peu différentes. Les tendances observées ont cependant été les mêmes, avec pour la TA une phase croissante en début de journée conduisant à une élévation de température de 2 °C environ, suivie d'une stagnation ou d'une baisse de 14 h 00 à 17 h 00, puis d'une diminution assez forte en fin de journée avec une température à 19 h 00 environ 4 °C au-dessous de la température à 12 h 00 - 13 h 00. La température a été plus basse à 19 h 00 qu'à 9 h 00, ce qui signifiait que la température lors du début des mesures à 9 h était déjà plus élevée que la température nocturne.

L'HR a suivi une tendance inverse à la TA, mais avec deux profils différents selon les jours de mesure : sur la moyenne des jours de mesure de la TC (figure 4), la courbe a été décroissante de 8 h 00 à 14 h 00 (de 90 à 77,5 p. 100 HR), puis croissante de 14 h 00 à 19 h 00. Sur la moyenne des jours de mesure du NH (figure 5), l'HR a diminué brusquement de 9 h 00 à 11 h 00 (de 87 à 75 p. 100), puis a été stable de 11 h 00 à 17 h 00, a enfin augmenté brusquement de 17 h 00 à 19 h 00 (de 72,5 à 95,0 p. 100).

La figure 4 montre les variations de la TC en parallèle avec celles de la TA et de l'HR. Une phase d'augmentation de la TC entre 9 h 00 et 13 h 00 (41,5 °C à 42,2 °C) a été suivie d'une diminution régulière de 13 h 00 à 18 h 00 (41,8 °C) et d'une chute à 19 h 00 (41,4 °C). A la fin des mesures (19 h 00), la TC a été sensiblement la même qu'à 9 h 00 (41,4 °C vs 41,5 °C), alors que la TA a été bien inférieure. Il était également remarquable que la TC ait déjà diminué entre 13 h 00 et 14 h 00 alors que la TA était encore à son maximum. Toutefois ces valeurs étaient des moyennes faites sur plusieurs jours.

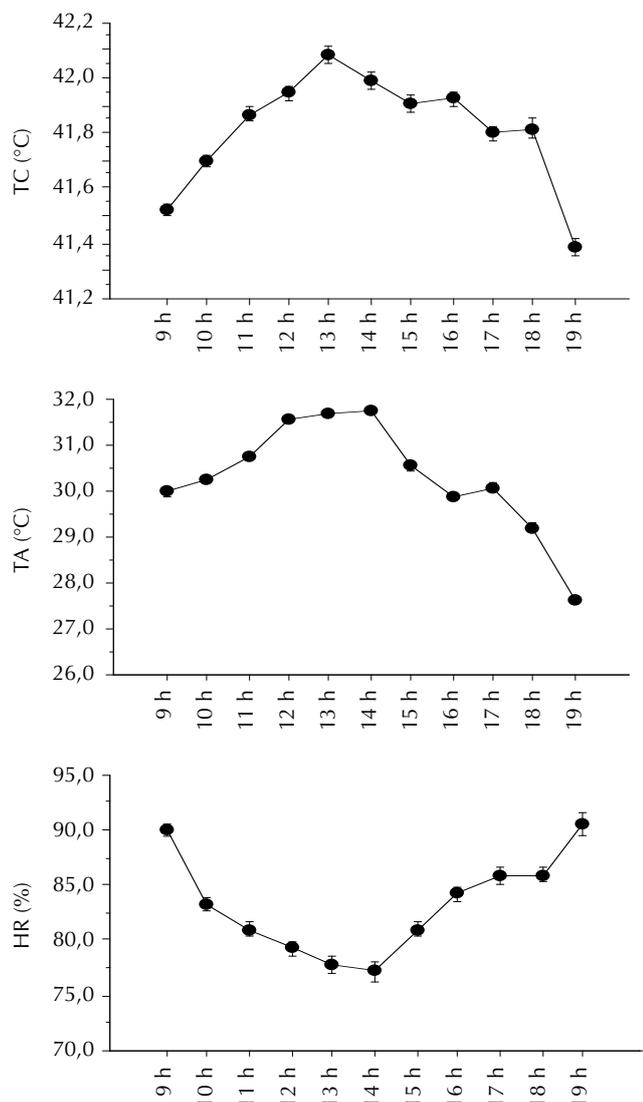


Figure 4 : variation de la température corporelle (TC), de la température ambiante (TA) et de l'humidité relative (HR) au cours de la journée. Moyenne des données de tous les jours de mesures de TC (jours 29, 31, 33, 35, 37, 39, 42).

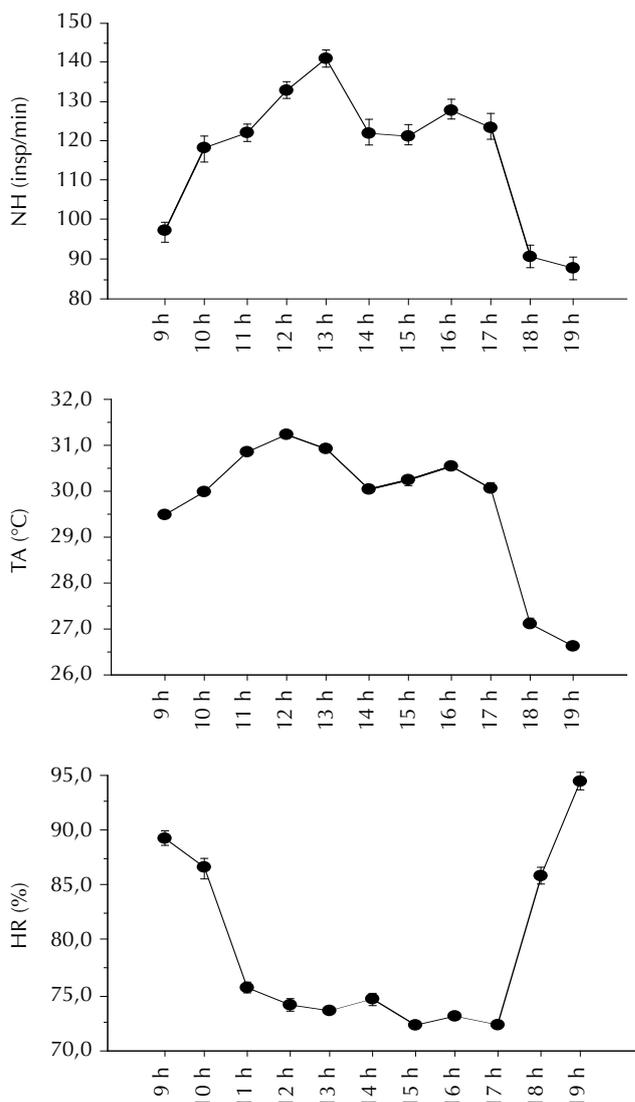


Figure 5 : variation du niveau d'hyperventilation (NH), de la température ambiante (TA) et de l'humidité relative (HR) au cours de la journée. Moyenne des données de tous les jours de mesures de NH (jours 32, 34, 36, 38, 40, 41).

La figure 5 montre les variations du NH en parallèle à celles de la TA et de l'HR. La courbe du NH a présenté une augmentation forte entre 9 h 00 et 13 h 00 (de 95 à 140 insp/min). De 12 h 00 à 13 h 00, le NH a augmenté encore alors que la TA a stagné (ou a baissé légèrement). Le NH a chuté entre 13 h 00 et 14 h 00, puis s'est stabilisé autour de 125 insp/min de 14 h 00 à 17 h 00, avant une diminution brusque conduisant à des valeurs proches de 90 insp/min à 18 h 00 – 19 h 00, équivalentes à celles de 9 h 00.

Afin d'avoir une idée globale sur l'effet de la température ambiante sur ces critères, les relations entre la TC et la TA, d'une part, et le NH et la TA d'autre part, ont été étudiées par analyse de variance. La variabilité individuelle a été prise en compte en introduisant l'animal en cofacteur.

La TC a été reliée à la TA par la relation :

$$TC = 37,61 (\pm 0,133) + 0,139 (\pm 0,004) * TA$$

$$(R^2 = 0,419, ETR = 0,37, n = 3061, p < 0,0001)$$

Le NH a été relié à la TA par la relation :

$$NH = -244,1 (\pm 10,8) + 12,1 (\pm 0,359) * TA$$

$$(R^2 = 0,435, ETR = 33,5, n = 2494, p < 0,0001)$$

Au cours de cette expérience aucun coup de chaleur aigu n'a été observé, ni d'après les paramètres climatiques, ni d'après les données physiologiques recueillies. Seulement quatre animaux expérimentaux sont morts : en première semaine un mâle dans le cercle 2, en deuxième semaine un mâle et une femelle dans le cercle 2, et un mâle dans le cercle 3. Les causes de ces mortalités n'ont pas été élucidées mais elles sont intervenues après plusieurs jours de dépérissement, ce qui exclut l'hypothèse d'une mort par coup de chaleur. Il n'y a pas eu de mortalité massive ni de pathologie enregistrées dans le reste du bâtiment pendant l'expérimentation.

Effet du sexe sur les paramètres évalués

Le poids moyen des animaux à 42 jours a été de $2\,129 \pm 27$ g, avec une différence significative ($p < 0,001$) entre mâles ($2\,311 \pm 28$ g) et femelles ($1\,953 \pm 33$ g). La consommation d'aliments a été significativement plus faible chez les femelles que chez les

mâles (tableau I) sur l'ensemble des deux semaines d'expérimentation (de 391 g, $p = 0,004$). La différence n'a toutefois pas été significative pendant la 5^e semaine ($p = 0,069$), mais elle l'a été à la 6^e semaine ($p = 0,002$). De même, le gain de poids a logiquement été supérieur (de 218 g, $p = 0,017$) chez les mâles sur la période complète, mais cette différence a été significative à la 5^e semaine seulement ($p = 0,002$), et non pas à la 6^e semaine ($p = 0,098$). L'indice de consommation n'a différé significativement ni sur chacune des deux semaines de l'essai, ni sur la période complète ($p = 0,644$).

Sur l'ensemble des valeurs, il a été observé une tendance à une TC légèrement inférieure chez les femelles (0,04 °C, $p = 0,06$), qui ont également eu un NH plus élevé (de 4,5 insp/min, $p = 0,009$).

Interaction avec la localisation dans le bâtiment

Le tableau II présente les différences de TC, NH et de gain de poids (GP) en fonction du sexe et de la localisation des animaux dans le poulailler (cercles). Il présente également les valeurs de la TA et de l'HR pendant les mesures de la TC et du NH.

Les différences de GP entre les cercles n'ont pas été significatives à la 5^e semaine ($p = 0,47$). Elles ont en revanche été différentes à la 6^e semaine ($p = 0,038$), à cause notamment d'une faible valeur de la croissance des femelles dans le cercle 2, alors qu'il n'y a pas eu de différence entre cercles pour les mâles. Sur l'ensemble de l'expérimentation, les différences entre cercles n'ont pas été significatives ($p = 0,08$). Les mâles de ce même cercle 2 n'ont pas connu la même dépression de croissance que les femelles, avec un GP intermédiaire entre ceux des cercles 1 et 3. La variation des performances de GP a été dans tous les cas supérieure dans le cercle 2 comparé aux autres cercles, y compris pour les mâles.

Les différences de TC entre les cercles ont été très significatives dans les deux périodes. Les TC des animaux du cercle 2 ont été significativement plus élevées que celles des autres cercles. Ce résultat peut être rapproché de la mesure de la TA du cercle 2, les jours de mesure de la TC, qui a également été supérieure à celle relevée dans les autres cercles. Les femelles du cercle 2 en particulier ont toujours eu une TC supérieure à celles des cercles 1 et 3, ce qui peut être mis en relation avec la TA supérieure, mais aussi avec les performances de GP inférieures. Pour les mâles, la TC observée dans le cercle 1 a été significativement plus basse que dans les cercles 2 et 3.

Le NH a été très significativement différent entre les cercles ($p < 0,001$). L'effet du sexe ($p = 0,010$) et l'interaction entre les deux ($p = 0,003$) ont également été significatifs. Sur l'ensemble de la période expérimentale, les animaux du cercle 3 ont eu des NH supérieurs à ceux des autres cercles. A la 5^e semaine le NH du cercle 1 a été significativement plus bas que ceux des cercles 2 et 3, alors qu'à la 6^e semaine les tendances ont été moins nettes.

Les mâles ont eu des NH inférieurs à ceux des femelles. En revanche, dans le cercle 2 en période deux, le NH des femelles a été significativement plus faible que celui des autres cercles. Pour les mâles, c'est dans le cercle 3 que les valeurs ont été les plus élevées.

DISCUSSION

Intérêt du dispositif expérimental

La méthodologie utilisée dans cette étude a permis la réalisation de mesures répétées de la TC et du NH directement dans des élevages commerciaux. Les animaux expérimentaux étaient dans des conditions très proches de ceux de l'élevage : l'origine des animaux, l'alimentation, la densité d'élevage et les conditions sanitaires étaient les mêmes. Ce type de dispositif permet donc de limiter au maximum les artefacts dus à des installations expérimentales

généralement très différentes des conditions d'élevage réelles. Le stress infligé aux animaux était minimal et se réduisait aux mesures elles-mêmes, qui étaient très limitées dans le temps. Ce stress était bien moindre que celui subi lors de la nouvelle capture des animaux marqués libérés dans un bâtiment, comme décrit par de Basilio et coll. (8). Or les mesures de TC sont biaisées dès que l'animal est stressé par des manipulations trop brusques, comme par l'augmentation de l'activité physique (5). La mesure du NH n'est pas possible en mesures répétées avec des animaux en liberté au milieu d'un poulailler commercial (localisation des animaux, interaction avec le dérangement provoqué par la recherche des animaux). Ici, l'opérateur était situé à proximité du cercle pour les mesures du NH et dans le cercle pour les mesures de la TC, n'ayant qu'à prendre doucement l'animal au moment de mesurer la TC, ce qui ne biaise pas la mesure (10).

En outre, cette technique des cercles d'isolement permet d'étudier ou de contrôler l'effet de la localisation dans le bâtiment dont on voit dans la présente expérimentation qu'elle a eu un effet significatif sur la plupart des paramètres étudiés. Ainsi, dans les études sur l'effet de l'environnement de l'animal, il est possible de mesurer les paramètres d'ambiance à proximité directe des animaux expérimentaux. Ceci est d'autant plus utile dans des bâtiments de type ouvert, dans lesquels les conditions (TA, HR, vitesse de l'air) sont très différentes d'un endroit à l'autre.

Le nombre de cercles optimal dans un bâtiment dépend des paramètres étudiés : s'il s'agit exclusivement d'un suivi individuel des animaux, un nombre limité de cercles (trois par exemple) est suffisant. En revanche, pour des critères plus agrégatifs, comme la consommation alimentaire qui est mesurée par cercle (ou demi-cercle ici), l'unité expérimentale est le cercle et les trois répétitions de la présente expérience sont trop faibles pour mettre des effets en évidence : par exemple la différence d'indice de consommation (IC) entre mâles et femelles, entre 29 et 35 jours, a été ici non significative, alors que les valeurs absolues ont été de 1,78 (mâles) vs 1,93 (femelles), ce qui représentait une différence assez forte. La technique doit donc être adaptée à l'objet d'étude, mais la mise en œuvre est simple et peu onéreuse, et cela ne pose donc pas de problème particulier. En outre, l'adaptation de la technique par le cloisonnement en demi-cercles comme ici est une manière simple de multiplier les répétitions.

Relations entre la TC, le NH et les paramètres climatiques

Globalement les valeurs du NH et de la TC obtenues ont suivi les fluctuations de la TA et de l'HR (figures 4 et 5) d'une façon similaire aux observations obtenues en laboratoire par Zhou et Yamamoto (26). Toutefois, les courbes décrivant les paramètres climatiques et les paramètres animaux n'étaient pas strictement parallèles, signifiant que la réaction physiologique des animaux ne pouvait pas être décrite d'une façon satisfaisante par la simple donnée des mesures de la TA et de l'HR. Par exemple, entre 12 h 00 et 13 h 00, la TC a augmenté encore alors que la TA a stagné et que l'HR n'avait pas commencé à remonter. A l'inverse, la TC est descendue moins vite que la TA dans la seconde partie de la journée, aboutissant à 19 h 00 à une valeur proche de celle de 9 h 00, alors que la TA était presque de 3 °C audessous de sa valeur de 9 h 00. Il en est de même pour le NH qui a augmenté également de 12 h 00 à 13 h 00, alors que la TA a diminué, et qui a retrouvé en fin de journée des valeurs proches de celles enregistrées à 9 h 00, alors que la TA a été largement inférieure.

Bien que les observations précédentes montrent que les variations du NH, de la TC et de la TA ne sont pas strictement couplées, la relation générale existant entre ces paramètres a pu être étudiée. Dans plusieurs expérimentations publiées, il est possible de calculer

l'incrément de la TC provoqué par l'augmentation de la TA. Par exemple, Deeb et Cahaner (12) trouvent une augmentation de 1,14 °C de la TC en passant de 22 à 32 °C, soit 0,114 °C de la TC par degré de la TA. On retrouve des valeurs comparables chez de Basilio et coll. (11) où l'incrément varie de 0,087 à 0,142 selon les traitements (conditionnement thermique et alimentation), ou chez Yahav et Hurwit (24) avec une valeur de 0,11 pendant le conditionnement thermique chez des animaux plus jeunes (5 jours d'âge). Ici, le traitement statistique était différent puisqu'il ne s'agissait pas d'une expérience avec deux traitements à température fixe, mais d'une analyse statistique d'un grand nombre de mesures répétées. Ceci a permis de dégager une loi générale basée sur des données sur 120 animaux, 14 jours et plusieurs répétitions par jour. La valeur trouvée, 0,139 °C de TC par 1 °C de TA, a été sensiblement plus élevée que celles de la littérature, ce qui pouvait être dû aux conditions tropicales naturelles de l'essai, combinant une HR élevée à la TA.

Le même type d'approche a permis de calculer l'incrément du NH provoqué par l'augmentation d'un degré de la TA. Bien que les conditions ne soient pas exactement comparables, la valeur de 12,1 insp/min/°C obtenue ici peut être rapprochée des valeurs de l'ordre de 8 à 12 insp/min/°C obtenues par Zhou et Yamamoto (26), ou El Hady et Sykes (13). Encore une fois, l'intérêt des présents résultats est leur mesure sur un grand nombre d'observations, dans des conditions réelles et sur une plage continue de températures.

Ces valeurs, obtenues dans des conditions où les animaux n'étaient pas en détresse physiologique, peuvent être considérées comme une réaction physiologique « normale » à la chaleur et être utilisées comme une base de comparaison permettant d'identifier des situations dans lesquelles les animaux souffrent davantage de la chaleur.

Effets du sexe et de la localisation dans le bâtiment

Le poids vif des animaux en fin de période expérimentale (2 129 g) correspondait à une valeur convenable pour un élevage industriel. On peut donc considérer que l'expérience s'est déroulée dans des conditions normales d'élevage. Les différences de gain de poids entre sexes ont été sensiblement moins élevées que dans les expériences rapportées par d'autres auteurs (19). En outre, elles ont été plus élevées dans la 5^e semaine (123 g) que dans la 6^e (97 g), contrairement aux résultats d'Ozkan et coll. (21) qui obtiennent respectivement des différences de 40 et 70 g pour des poulets Cobb dans des conditions de laboratoire.

Pendant la période expérimentale, il n'y a pas eu de coup de chaleur provoqué par des TA supérieures à 36 °C (7) et aboutissant à des mortalités importantes. Toutefois, on a observé des augmentations de TC supérieures à 0,3 °C et des NH supérieurs à 60 insp/min, qui représentent les limites de la zone de thermoneutralité, définie par Arieli et coll. (2) chez la poudeuse. Contrairement aux observations de Teeter et coll. (22) qui situent le début du stress thermique à une TA de 32 °C chez le poulet de chair, cette étude a montré des effets sur la TC et le NH correspondant à des états de stress à partir d'une TA de 30 °C, avec une augmentation continue du NH au fur et à mesure de l'élévation de la TA. Les présents résultats en élevage commercial sont, en revanche, cohérents avec ceux de Zhou et coll. (25) résultant d'observations faites en laboratoire. Les présentes données ont permis de situer les moments de stress thermique au cours de la journée dans les conditions d'élevage, et en particulier de montrer la dissymétrie de la courbe d'évolution de la TC qui a montré une persistance des valeurs élevées dans l'après-midi, alors que la TA était déjà redescendue.

Les différences significatives des mesures effectuées dans les cercles positionnés à différents endroits du poulailler (centre, extrémités) ont montré que les conditions sensiblement différentes qui

y régnaient ont eu un effet sur les performances. Les mesures de la TA ont montré une différence entre les cercles (TA supérieure dans le cercle 2 au centre du bâtiment), tandis que l'HR n'a pas été significativement différente entre les cercles. Les mesures d'HR ont été différentes entre les sexes, tant dans la moyenne générale des mesures (tableau II) que dans certaines périodes de la journée avec en particulier des valeurs supérieures près des mâles par rapport aux femelles, notamment le matin (9 h 00 – 12 h 00, résultats non présentés). Au-delà des artefacts expérimentaux, il est possible que ces différences aient été dues à des volumes d'excréta supérieurs chez les mâles, à une humidité supérieure des excréta (consommation d'eau) ou à un gaspillage d'eau supérieur. La mesure de la consommation d'eau serait une donnée importante à mesurer pour mieux comprendre les causes de ces observations. On peut en tout cas faire l'hypothèse que les animaux influencent les conditions climatiques à leur proximité immédiate.

De manière générale, il ne semble pas qu'il y ait eu dans cette étude une relation claire entre le GP et la TC, contrairement aux observations d'Ozkan et coll. (21). Il est toutefois remarquable que les femelles du cercle 2, qui ont montré à la 6^e semaine une forte dépression de croissance, ont eu au même moment une TC très supérieure à celles des cercles 1 et 3. Dans les expériences d'acclimatation, il est classique de constater une température inférieure chez les animaux acclimatés, donc plus résistants (10). Ici les femelles du cercle 2 ont eu en même temps des valeurs de NH inférieures. On peut donc faire l'hypothèse que l'augmentation de la TC était davantage liée à un état pathologique qu'au seul stress thermique.

Johnson et MacLaury (16) avaient déjà montré une valeur du NH plus élevée chez les femelles que chez les mâles (+ 4 insp/min), comparable aux présents résultats (+ 4,25 insp/min). Les différences du NH entre mâles et femelles ont été plus importantes en début de stress thermique que lors du pic (données non présentées). Il semble que les femelles aient réagi plus vite à l'élévation de la TA en augmentant leur NH dès les premières heures de la matinée. A partir du moment du pic thermique, les NH des mâles et des femelles se sont rejoins. D'autres expériences, comme celles de May et Lott (20), suggèrent que ces différences entre sexes sont liées à la capacité d'adaptation à la chaleur. Ces auteurs observent une meilleure adaptation des femelles, dont l'IC ne se détériore que de 0,13 unité quand la TA passe de 22 à 30 °C, alors que celui des mâles augmente de 0,33 unité dans les mêmes conditions. Les différences entre sexes constatées sur le NH ne semblent pas aussi claires sur la TC, tant dans la présente expérimentation que dans celle de Berrong et Washburn (3). La mesure du NH menée parallèlement à celle de la TC a permis une meilleure évaluation de l'état de stress thermique des poulets mâles et femelles.

La résistance à la chaleur a été souvent reliée à la différence de poids vif et de vitesse de croissance, comme cela a été par exemple relevé par Berrong et Washburn (3) qui ont observé des mortalités de 2 et 25 p. 100 respectivement chez des animaux à croissance rapide et lente (Athens-Canadian Randombred), lors d'un coup de chaleur à 38 °C.

Au-delà de la différence de poids vif, une explication possible de la mortalité supérieure des mâles (constatée dans les essais de terrain) pourrait être une différence de résistance à la chaleur due à des différences fonctionnelles entre sexes marquées ici par les valeurs supérieures du NH. Toutefois les données disponibles dans la littérature permettent difficilement de séparer les effets de ces deux facteurs. Des expériences permettant cette distinction permettraient de mieux comprendre le lien entre la réaction à la chaleur, l'intensité de la croissance et les différences physiologiques directement liées au sexe.

■ CONCLUSION

Il existe des variations de la TA entre l'extérieur et l'intérieur des bâtiments, et à l'intérieur d'un même bâtiment. Il est nécessaire de mesurer les paramètres climatiques en plusieurs points au niveau des animaux pour pouvoir interpréter l'effet de la chaleur sur la production. Il serait également important de mesurer les paramètres liés à la ventilation (17) qui peuvent générer une hétérogénéité des conditions dans le bâtiment.

Il est possible de mettre en évidence le niveau de stress thermique du poulet de chair en élevage commercial à travers les mesures de la TC et du NH. Ces paramètres dépendent des conditions climatiques, et notamment de la TA et de l'HR, mais ne varient pas de façon strictement parallèle au climat. Les variations du NH étant plus brutales que celles de la TC, les informations apportées par les deux mesures sont complémentaires.

L'observation, dans les élevages, de la plus grande sensibilité des mâles aux coups de chaleur peut en partie s'expliquer par leur TC plus élevée, leur NH plus faible et leur moindre capacité de réaction aux conditions climatiques. Les différences entre sexes pourraient augmenter avec le niveau de stress.

Enfin, la méthodologie d'expérimentation *in situ* mise en oeuvre dans cette expérimentation a permis d'obtenir des résultats expérimentaux dans des conditions très proches de l'élevage réel. Ceci est extrêmement utile pour éviter des biais expérimentaux, notamment dans l'estimation des conditions climatiques, fortement liées à l'environnement immédiat de l'animal, qui ne peut pas être reproduit précisément au laboratoire.

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au soutien du programme Ecos/Anuies et du projet Fonacit –Ucv-Inia n° 2005000420.

BIBLIOGRAPHIE

- ANGULO I., 1991. Manejo nutricional de aves bajo condiciones de estrés térmico. *Fonaiap Divulga* (Julio-Septiembre): 2-4.
- ARIELI A., MELTZER A., BERMAN P., 1980. The thermoneutral zone and seasonal acclimatisation in the hen. *Br. Poult. Sci.*, **21**: 471-478.
- BERRONG S., WASHBURN K., 1998. Effects of genetic variation on total plasma protein, body weight gains, and body temperature responses to heat stress. *Poult. Sci.*, **77**: 379-385.
- BOUVAREL I., FRANCK Y., DE SAINT JAN B., GUILLAUMIN J.M., GERAERT P.A., RUDEAUX F., FERCHAL E., ROFFIDAL L., ECKENFELDER B., 1997. Utilisation de la mise à jeun pendant la période estivale. *Journ. Rech. Avic.*, **2**: 165-168.
- DAWSON W.R., WHITTOU G.C., 2000. Avian physiology: Regulation of body temperature, 5th Edn. New York, NY, USA, Academic Press.
- DE BASILIO V., 1999. L'acclimatation précoce et l'alimentation alternée augmentent la résistance des poulets de chair mâles soumis à un stress thermique. Mémoire DEA, Ecole nationale supérieure agronomique, Rennes, France, 23 p.
- DE BASILIO V., 2002. Acclimatation précoce des poulets de chair au climat tropical. Thèse Doct. Sci., Ecole nationale supérieure agronomique, Rennes, France, 147 p.
- DE BASILIO V., OLIVEROS I., VILARINO M., DIAZ J., LEON A., PICARD M., 2001. Intérêt de l'acclimatation précoce dans les conditions de production des poulets de chair au Venezuela. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **54**: 159-167.
- DE BASILIO V., PICARD M., 2002. La capacité de survie des poulets à un coup de chaleur est augmentée par une exposition précoce à une température élevée. *Prod. Anim.*, **15**: 235-246.
- DE BASILIO V., REQUENA F., LEON A., VILARINO M., PICARD M., 2003. Early-age thermal conditioning immediately reduces body temperature of broiler chicks under a tropical environment. *Poult. Sci.*, **82**: 1235-1242.
- DE BASILIO V., VILARINO M., YAHAV S., PICARD M., 2001. Early age thermal conditioning and a dual feeding program for male broilers challenged by heat stress. *Poult. Sci.*, **80**: 29-36.
- DEEB N., CAHANER A., 2001. Genotype by environment interaction with broiler genotypes differing in growth rate. 2. The effects of high ambient temperature on Dwarf versus normal broilers. *Poult. Sci.*, **80**: 541-548.
- EL HADY H., SYKES A., 1982. Thermal panting and respiratory alkalosis in the laying hen. *Br. Poult. Sci.*, **23**: 49-57.
- FAO, 2006. Statistical databases. <http://faostat.fao.org>
- FENAVI, 2005. Material divulgativo. In: IX Congreso Nacional de Avicultura, 11-14 mayo 2005. Caracas, Venezuela, FENAVI, 5 p.
- JOHNSON T., MACLAURY D., 1974. Respiratory frequency in birds selected for high and low oxygen consumption. *Poult. Sci.*, **53**: 1619-1620.
- LOTT B., SIMMONS J., MAY J., 1998. Air velocity and high temperature effects on broiler performance. *Poult. Sci.*, **77**: 391-393.
- MC DONALD K., BELAY T., DEYHIM F., TEETER R., 1990. Comparison of the 5-day acclimation period and fasting techniques to reduce broiler heat distress mortality. *Poult. Sci.*, **69**: 90.
- MC LEAN J., SAVORY C., SPARKS N., 2002. Welfare of male and female broiler chickens in relation to stocking density, as indicated by performance, health and behaviour. *Anim. Welfare*, **11**: 55-73.
- MAY J., LOTT B., 2001. Relating weight gain and feed: gain of male and female broilers to rearing temperature. *Poult. Sci.*, **80**: 581-584.
- OZKAN S., AKBAS Y., ALTAN O., ALTAN A., AYHAN V., OZKAN K., 2003. The effect of short-term fasting on performance traits and rectal temperature of broilers during the summer season. *Br. Poult. Sci.*, **44**: 88-95.
- TEETER R., 1994. Optimizing production of heat stressed broilers. *Poult. Dig.*, **94**: 10-27.
- TEETER R., WIERNUSZ C., BELAY T., SMITH M., 1989. Broilers exposed to acute heat distress are manageable. *Feedstuffs* (Oct.): 18-25.
- YAHAV S., HURWIT Z., 1996. Induction of thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning at early age. *Poult. Sci.*, **75**: 402-406.
- ZHOU W., CHAIYABURT N., FUJITA M., YAMAMOTO S., 1999. Distribution of body fluid and change of blood viscosity in broilers (*Gallus domesticus*) under high temperature exposure. *J. therm. Biol.*, **24**: 193-197.
- ZHOU W., YAMAMOTO S., 1997. Effects of environmental temperature and heat production due to food intake on abdominal temperature, shank skin temperature and respiration rate of broilers. *Br. Poult. Sci.*, **38**: 107-114.

Reçu le 06.07.2005, accepté le 04.12.2006

Summary

Pérez M., De Basilio V., Colina Y., Oliveros Y., Yahav S., Picard M., Bastianelli D. Assessment of the Level of Heat Stress in Broilers by Measuring Body Temperature and Hyperventilation under Poultry Farm Conditions in Venezuela

Repeated measurements on poultry are difficult to perform in real production conditions because of the difficulty to identify and retrieve the animals. A monitoring technique by which small groups of animals are isolated in wire fence circles within the poultry shed is proposed. This method was used in a production poultry farm in Venezuela to determine variations in body temperature (BT) and the level of hyperventilation (LH), based on the location in the poultry shed and the sex of the animals. Three wire fence circles were set up and divided into two parts, each half-circle containing 20 male or female broilers. From day 29 of age, the ambient temperature (AT) and relative humidity (RH) were continuously registered, and BT (in terminal colon) and LH were recorded every hour from 9:00 to 19:00 every other day for two weeks. The measurements of BT and LH varied during the day, without being completely parallel to the climatic parameters AT and RH. There were significant differences between circles for all parameters measured. The effect of sex was not significant on BT ($p = 0.06$) but was significant on LH ($p = 0.01$) and the interaction with the circle location ($p < 0.001$ for BT and $p < 0.01$ for LH). Sex had a significant effect on feed consumption ($p < 0.01$) and weight gain ($p = 0.02$) but not on the food conversion ratio ($p = 0.64$). Climatic measurements were also different between circles and between sexes, with in particular a higher RH near males ($p < 0.001$). Of the overall dataset, BT and LH increased by 0.139°C and 12.1 insp/min, respectively, for each 1°C AT increase. It is concluded that climatic conditions show heterogeneity within the poultry shed, with consequences on the comfort of broilers, and that climatic parameters have to be completed by measurements on animals (BT and LH) in order to characterize the heat stress. The experimental technique proposed here allows observing animals repeatedly in the real conditions of a poultry production farm.

Keywords: Broiler chicken – Tropical climate – Body temperature – Respiration rate – Poultry farming – Measurement – Venezuela.

Resumen

Pérez M., De Basilio V., Colina Y., Oliveros Y., Yahav S., Picard M., Bastianelli D. Evaluación del nivel de estrés térmico mediante la medida de la temperatura corporal y del nivel de hiperventilación en el pollo de carne bajo las condiciones de producción en Venezuela

Las medidas repetidas efectuadas sobre aves de cría son difíciles de poner en marcha debido a la dificultad en la identificación y la recuperación de los animales. Se propone una técnica de seguimiento mediante el aislamiento de pequeños grupos de animales en círculos situados en el seno mismo de la cría. Este método fue utilizado en un gallinero de producción en Venezuela para determinar la variación de la temperatura corporal (TC) y del nivel de hiperventilación (NH), en función de la localización en el edificio y del sexo de los animales. Se crearon tres círculos de cedazo de gallinero y se dividieron en dos, con 20 pollos hembras o machos en cada mitad de los círculos. A partir del día 29 de edad, se registraron la temperatura ambiente (TA) y la humedad relativa (HR) en forma continua y la TC (colon terminal) y el NH se midieron cada hora, de las 9:00 a las 19:00 hrs, día por medio y durante dos semanas. Las medidas de la TC y del NH variaron durante el día, sin ser rigurosamente paralelas a los parámetros climáticos TA y HR. Se observaron diferencias significativas entre los círculos para todos los parámetros medidos. El efecto del sexo no fue significativo para la TC ($p = 0,06$), pero sí para el NH ($p = 0,01$) y la interacción con la localización del círculo ($p < 0,001$ para la TC y $p < 0,01$ para el NH). El sexo presentó un efecto significativo sobre el consumo alimenticio ($p < 0,01$) y la ganancia de peso ($p = 0,02$), pero no para el índice de consumo ($p = 0,64$). Las medidas climáticas fueron igualmente diferentes entre los círculos y entre los sexos, principalmente con una HR más fuerte en los machos ($p < 0,001$). Sobre el conjunto de datos, la TC y el NH aumentaron respectivamente de $0,139^{\circ}\text{C}$ y de $12,1$ insp/min por grado de aumento de la TA. Se concluye que las condiciones climáticas presentan una heterogeneidad en el seno del edificio, con consecuencias sobre el confort de los pollos, y que las medidas sobre los animales (TC y NH) deben completar los datos climáticos para describir el estado del estrés térmico. La técnica experimental propuesta para permite la observación de animales de manera repetida bajo condiciones reales en un gallinero de producción.

Palabras clave: Pollo de engorde – Clima tropical – Temperatura del cuerpo – Tasa de respiración – Cría de aves de corral – Medición – Venezuela.

Polymorphisme protéique sanguin chez le poney de Mogod de Tunisie

A. Chabchoub ^{1*} Z. Mbarki ¹ F. Lasfar ²
F. Landolsi ¹ I. Turki ³ L. Ouragh ⁴

Mots-clés

Poney de Mogod – Polymorphisme biochimique – Protéine sanguine – Tunisie.

Résumé

Le poney de Mogod est originaire du nord ouest de la Tunisie. Ses aptitudes physiques lui confèrent une bonne adaptation et utilisation en montagne. Depuis le début du XX^e siècle son effectif a subi une réduction considérable. Un plan de relance nécessite une meilleure caractérisation de la race, notamment d'un point de vue génétique. De plus, celle-ci permettrait de rechercher une éventuelle filiation de ce poney avec les autres chevaux de la région. Les systèmes électrophorétiques de l'albumine (Al), du composant GC (Gc), de la postalbumine (Xk), de l'estérase basique (Es), de la transferrine (Tf) et de la préalbumine (Pi) ont été étudiés chez 47 poneys de Mogod par la technique d'électrophorèse en gel de polyacrylamide. Les fréquences alléliques des six systèmes ont été estimées comme suit : Al^A : 0,36 ; Al^B : 0,64 ; Gc^F : 1,00 ; Xk^K : 1,00 ; Es^L : 0,64 ; Es^G : 0,18 ; Es^F : 0,17 ; Es^S : 0,01 ; Tf^D : 0,41 ; Tf^{F2} : 0,31 ; Tf^H : 0,12 ; Pi^L : 0,35 ; Pi^U : 0,22 ; Pi^R ; Pi^S : 0,09. Une comparaison entre le polymorphisme protéique sanguin du poney de Mogod et celui des chevaux pur-sang Arabes, Barbes et Arabes-Barbes a été réalisée sur une base bibliographique.

■ INTRODUCTION

Dans l'extrême nord de la Tunisie, il existe une population d'équidés appelée poney Tunisien ou poney de Mogod. La région de Mogod en est le berceau (figure 1). Il est répandu dans les régions d'Amdoun, de Héllil Mogod et de Nefza (2). La production du poney a diminué fortement depuis la Seconde Guerre mondiale et l'avènement de la motoculture dans les régions forestières du nord ouest de la Tunisie (4). Il serait dommage de perdre cette race qui existe depuis des siècles en Tunisie. Les dernières statistiques estiment un nombre total aux alentours de 1 000 individus (10). Un plan directeur lui est actuellement réservé pour redynamiser cette production.

Lors de précédentes études (2, 10), le poney de Mogod a été caractérisé morphologiquement. Il a une taille au garrot variable entre 1,2 et 1,4 m, avec un corps bien proportionné, des muscles prononcés, une encolure courte et forte, aplatie latéralement et droite, un dos droit et voussé, et des membres courts (figure 2).

Ce poney est très fort malgré sa petite taille. Il est très vif et adroit. Ses aptitudes sont considérables. Son habitat se trouve dans les montagnes et dans les forêts où il est un équidé idéal. C'est un poney rustique capable de vivre à l'état sauvage sans intervention humaine. Il était employé au nord ouest de la Tunisie pour le transport de liège, des tanins...

Des travaux précédents (2, 10) rapportent qu'il se rapproche plus du cheval que du poney. En effet, ses yeux, son garrot, ses reins, sa croupe montrent une grande ressemblance avec le cheval Barbe. Certaines de ses caractéristiques semblent ne pas s'appliquer parfaitement à la définition d'un poney ; il est plus haut que long, avec une longueur du canon supérieure à celle du Barbe, contrairement aux caractéristiques d'un poney (10).

Pour d'autres auteurs, le poney de Mogod constitue une race spéciale. Ce serait un cheval primitif autochtone qui se serait déplacé avec son propriétaire pour être à l'abri, dans les montagnes, des invasions successives. Cette race serait alors devenue montagnarde (4). Des hypothèses proposent qu'il s'agit d'une variété du cheval Barbe (2), Arabe-Barbe ou qu'il dériverait du cheval Arabe (1).

Le présent travail est une contribution à une meilleure connaissance de la population du poney de Mogod en Tunisie par sa caractérisation génétique. Il propose d'étudier le polymorphisme biochimique des systèmes électrophorétiques : albumine (Al), composant GC (Gc), postalbumine (Xk), estérase basique (Es), transferrine (Tf) et préalbumine (Pi).

1. Service de pathologie médicale équine, Ecole vétérinaire, Sidi-Thabet 2020, Tunisie.

2. Fnarc, Sidi-Thabet 2020, Tunisie.

3. Enmv, Sidi-Thabet 2020, Tunisie.

4. Laboratoire d'analyses génétiques vétérinaires, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +216 71 55 22 00 ; fax : +216 71 55 24 41

E-mail : chabchoubahmed2001@yahoo.fr ; chabchoub.ahmed@iresa.agrinet.tn



Figure 1 : carte de la Tunisie ; situation géographique de la région de Mogod, berceau du poney Tunisien.



Figure 2 : le poney de Mogod.

■ MATERIEL ET METHODES

Les analyses ont été effectuées sur un effectif de 47 poneys de Mogod, non apparentés, âgés de 5,8 (± 3,3) ans, comportant 12 mâles et 35 femelles, et provenant des régions du nord ouest de la Tunisie (Nefza, Amdoun, Mogod). Tous ces animaux avaient déjà fait l'objet d'une caractérisation morphométrique (2, 10). Le choix des animaux a été fait par tirage au sort. Les prélèvements sanguins ont été réalisés au niveau de la veine jugulaire dans des tubes secs.

La technique utilisée a été celle de l'électrophorèse en gel polyacrylamide (pH = 8,9) (5). La concentration du gel de séparation a été de 10 p. 100. Un courant constant de 40 mA par gel (20 cm x 20 cm x 0,75 mm) a été appliqué. La tension de 300 V (15 V/cm) enregistrée au début a augmenté au cours de l'électrophorèse jusqu'à atteindre 900 V en fin de migration au bout de 3 h 30. Chaque protéine a été codée par un gène de structure et chaque variant électrophorétique d'une protéine a été sous le contrôle d'une forme allélique de son gène de structure.

A la différence des allèles des systèmes d'antigènes érythrocytaires, les allèles contrôlant les variants électrophorétiques sont codominants et un individu hétérozygote présente donc deux variants différents détectables par électrophorèse (6). Selon la structure moléculaire de la protéine, chaque variant peut présenter une ou plusieurs bandes. D'autre part, la combinaison de sous-unités moléculaires peut induire la formation de « molécules hybrides » à migration intermédiaire chez un individu hétérozygote, provoquant ainsi l'apparition de nouvelles bandes (6).

La méthode par comptage direct a été utilisée pour le calcul des fréquences alléliques des six systèmes. En effet, les allèles étaient codominants dans ces systèmes et le génotype pouvait donc être déduit directement du phénotype. Par exemple, dans le système Al comportant les allèles A et B, les individus (N = effectif) pouvaient être AA ou AB ou BB. La fréquence de l'allèle A a été calculée selon la formule $qA = [2(AA) + (AB)]/2N$ et la fréquence de l'allèle B selon la formule $qB = [2(BB) + (AB)]/2N$. Le test de panmixie vérifiant qu'une population étudiée est en équilibre génétique (loi de Hardy-Weinberg) a été effectué grâce au test statistique du χ^2 .

■ RESULTATS ET DISCUSSION

Les fréquences alléliques des systèmes électrophorétiques Al, Gc, Xk, Es, Tf et Pi pour les 47 poneys étudiés figurent dans le tableau I. Le tableau II représente les phénotypes observés et attendus des quatre systèmes. L'analyse des résultats du test χ^2 a indiqué que la population étudiée était en équilibre génétique, les χ^2 observés ayant été très en dessous des valeurs seuils du χ^2 au-delà desquelles on trouve $P < 0,05$. Pour les loci Tf, Es et Pi, les effectifs théoriques des valeurs inférieures à 5 ont été regroupés pour ne former qu'une seule classe. En procédant de la sorte, les auteurs n'ont pas noté de différence significative entre les phénotypes observés et théoriques à ces systèmes.

Le test de Fisher a été appliqué en comparant les fréquences alléliques obtenues dans la bibliographie chez les chevaux Barbes, Arabes, Arabes-Barbes et le poney de Mogod. Seuls les systèmes électrophorétiques Es et Pi ont montré des différences significatives au test de Fisher ($P < 0,001$) entre le poney de Mogod et les autres animaux. Ceci peut être dû à la spécificité de ces systèmes chez le poney de Mogod par rapport aux autres races étudiées.

Deux variants du système albumine A et B ont été observés. Les fréquences alléliques de ce système (tableau I) se rapprochaient de celles rapportées chez le cheval Barbe de Tunisie (2), Barbe et Arabe-Barbe du Maroc (9).

Tableau I

Fréquences alléliques des systèmes électrophorétiques des 47 poneys de Mogod étudiés

	Système électrophorétique	Fréquence allélique
Al	A	0,36
	B	0,64
Gc	F	1
Xk	K	1
Tf	A	0,02
	D	0,41
	F	0,01
	F2	0,31
	H	0,12
	O	0,11
	R	0,02
Es	F	0,17
	G	0,18
	I	0,64
	S	0,01
Pi	F	0,02
	I	0,03
	L	0,35
	N	0,09
	P	0,06
	R	0,09
	S	0,09
	T	0,01
	U	0,22
	Z	0,01

Al : albumine ; Gc : composant Gc ; Xk : postalbumine ; Tf : transferrine ; Es : estérase basique ; Pi : préalbumine

Un seul variant de la composante Gc a été détecté chez le poney de Mogod. Il s'agissait du variant F. En revanche, chez le cheval Barbe de Tunisie ou du Maroc et chez le cheval Arabe, le variant S a été observé à des fréquences alléliques faibles (0,05 – 0,17), sauf dans une étude (1) où S a été observé à une fréquence élevée chez l'Arabe. L'étude du système Xk a révélé un monomorphisme du système K, alors qu'une étude réalisée sur les chevaux Barbes (3) a montré une fréquence allélique de 0,83 pour le variant K et de 0,13 pour le variant S. Le tableau III compare les fréquences alléliques de systèmes électrophorétiques rapportées dans la littérature chez les chevaux Barbes, Arabes et Arabes-Barbes.

Les auteurs ont trouvé, chez le poney de Mogod, que la transferrine R avait une fréquence allélique de 0,02. La plupart des auteurs signalent l'absence du variant R de la transferrine chez le cheval Arabe (6), sauf Boutouria et Chelbi (1) qui le trouvent à faible fréquence ; en revanche, la présence de la transferrine R chez le cheval Barbe est rapportée par Chabchoub et coll. (3) et Ouragh et coll. (8), et chez l'Arabe-Barbe par Ouragh et coll. (9). Les variants D et H de la transferrine ont été trouvés chez la population de poneys de Mogod de la présente étude dans des proportions respectives de 0,41 et 0,12. Ces proportions demeurent comparables

Tableau II

Phénotypes observés et attendus des quatre systèmes électrophorétiques étudiés chez les 47 poneys de l'étude

	Génotype	Observé	Attendu
Al	AA	5	6,15
	AB	24	21,7
	BB	18	19,15
	Total	47	
	χ^2	1,05	ddl = 2
Tf	DD	7	8,09
	DF2	15	12,03
	DH	6	4,56
	DO	2	4,15
	F2F2	4	4,47
	Autres	13	13,7
	Total		
χ^2	2,53	ddl = 5	
Es	GI	15	10,85
	II	15	19,14
	Autres	17	17,01
	Total		
χ^2	2,48	ddl = 2	
Pi	LL	9	5,79
	LU	9	7,37
	Autres	29	33,8
	Total		
	χ^2	2,83	ddl = 2

Al : albumine ; Tf : transferrine ; Es : estérase basique ; Pi : préalbumine

à celles trouvées pour D chez les chevaux Barbes de Tunisie (2) et pour H chez les Barbes au Maroc (8). Kaminski et coll. rapportent que ces variants sont plus fréquents chez les chevaux Arabes que chez les pur-sang Anglais (6). Le variant M de la transferrine a été aussi trouvé chez les Arabes-Barbes du Maroc (9) mais n'a pas été répertorié chez le poney de Mogod.

Chez le poney de Mogod, la prédominance de l'estérase I a été observée malgré la présence des trois autres variants (F, G, S). Elle est majoritaire chez les chevaux Arabes-Barbes (8). Chez le cheval Arabe, en revanche, Kaminski et coll. (6) rapportent pratiquement un monomorphisme de l'estérase (6). L'existence du variant G de l'estérase a été notée chez les poneys étudiés. Ce même variant existe chez le cheval Barbe à un taux comparable. Ouragh et coll. (8), et Kaminski et coll. (6) rapportent qu'il est absent chez le cheval Arabe. Néanmoins, ce variant demeure fréquent chez les chevaux sauvages, les poneys (7), les chevaux de trait et les chevaux demi-sang (6). Ce variant n'a pas été trouvé chez les populations de chevaux Arabes de France avant 1971 (6).

Les variants H et G de l'estérase n'ont également pas été trouvés chez les Anglo-Arabs en France. Le variant S de l'estérase est rare chez les chevaux Arabe (6), Barbe et chez le poney de Mogod.

Le variant Pi-W des préalbumines n'a pas été trouvé chez le poney Tunisien bien qu'il l'ait été dans un précédent travail (3) chez des chevaux Barbes de Tunisie. Ouragh et coll. (8) le considèrent comme un marqueur génétique du cheval Barbe. Ils affirment qu'on ne peut le trouver, à part chez le cheval Barbe, que chez le cheval Andalou (8). Le variant Pi-W est absent chez le poney de Mogod actuel, mais ceci ne conduit pas à rejeter

l'hypothèse d'une relation proche entre le poney de Mogod et le Barbe, car l'allèle a pu être perdu par dérive génétique ; l'allèle n'est d'ailleurs pas à une fréquence très élevée chez le Barbe : 0,14 pour Chabchoub et coll. (3), et 0,04 pour Ouragh et coll. (8). Ces derniers considèrent que les systèmes Pi et Tf révèlent chez le cheval Barbe un haut niveau de variabilité lié au grand nombre d'allèles qui les constituent.

Tableau III

Comparaison des fréquences alléliques des systèmes électrophorétiques rapportées dans la bibliographie et obtenues chez les chevaux Barbes, Arabes et Arabes-Barbes

Syst. élect.	Fréquences alléliques					
	B Tn (3) * N = 39	B Ma (8) N = 206	Ar-B (8) N = 594	Ar-B (9) N = 348	Ar (7) N = 389	Ar (1) N = 732
Al	A	0,27	0,3	0,3	0,3	0,25
	B	0,73	0,7	0,7	0,69	0,75
Gc	F	0,99	0,98	0,98	0,97	0,94
	S	0,01	0,02	0,02	0,02	0,06
Xk	K	0,83			0,94	
	S	0,17			0,06	
Tf	A		0,01		0	
	D	0,44	0,3	0,26	0,26	0,09
	F		< 0,01	0	0,95	0,07
	F2	0,24	0,36	0,4	0,39	0,6
	H	0,04	0,11	0,11	0,11	0,1
	O	0,1	0,13	0,07	0,07	0,14
	R	0,18	0,07	0,06	0,06	0
Es	F	0,27	0,07	0,05	0,05	0,02
	G	0,23	0,15	0,09	0,09	0
	I	0,47	0,71	0,82	0,82	0,98
	S	0	0,03	0,04	0,04	0
	L	0		0		0
	H	0,03	0,02	0		0
Pi	F	0,01	0,01	0,06	0,06	0,04
	I	0,11	0,03	0,04	0,04	0,06
	L	0,26	0,31	0,37	0,37	0,27
	N	0,01	0,14	0,14	0,16	0,12
	P	0,12	0,01	0,02		0,01
	R	0,09	0,02	0	0,02	0
	S	0,14	0,2	0,13	0,14	0,12
	T	0,03		0		0,23
	U	0,05	0,2	0,14	0,14	0
	Z		0,01	0,01	0,01	0,01
	K	0,01	0,01	0	0,01	0
	W	0,14	0,04	0,03	0,03	0
	V		< 0,01	< 0,01		0

Syst. élect. : systèmes électrophorétiques ; B : cheval Barbe ; Ar : cheval pur-sang Arabe ; Ar-B : cheval Arabe-Barbe ; Tn : Tunisie ; Ma : Maroc

* (1) Boutouria et Chelbi, *Maghreb Vét.*, 1988 ; (3) Chabchoub et coll., *El Baytari*, 2002 ; (7) Nicolas et Kaminski M., *Eperon*, 1979 ;

(8) Ouragh et coll., *Anim. Genet.*, 1994 ; (9) Ouragh et coll., *Maghreb Vét.*, 1992

Al : albumine ; Gc : composant Gc ; Xk : postalbumine ; Tf : transferrine ; Es : estérase basique ; Pi : préalbumine

■ CONCLUSION

L'étude du polymorphisme protéique du sang du poney de Mogod révèle certains points communs avec le cheval Barbe et des différences importantes avec le cheval Arabe et le pur-sang Anglais. C'est notamment le cas du variant D du système transferrine et du variant G du système estérase.

Il existe néanmoins des différences entre le poney de Mogod et le cheval Barbe : c'est le cas du variant Pi-W qui est présent chez le cheval Barbe et absent chez le poney de Mogod.

Des études plus approfondies appliquées à un nombre plus important de poneys de Mogod mais aussi aux autres chevaux

du Maghreb et utilisant d'autres techniques, comme l'analyse des marqueurs microsatellites, sont à réaliser pour une meilleure caractérisation génétique. Elles devraient aboutir à une meilleure connaissance de l'histoire des races et de leurs relations, et à l'estimation de l'effectif efficace de la population de poneys de Mogod. Associée à une meilleure connaissance des spécificités morphométriques et des performances, une caractérisation génétique plus précise permettra de mieux fixer le standard du poney de Mogod et d'éviter les divers croisements intempestifs qui nuiraient à cette race et à la préservation de sa rusticité. La préservation du poney de Mogod permettra d'éviter la disparition d'un patrimoine exceptionnel qui a aidé l'homme à s'implanter dans un environnement de montagne difficile.

BIBLIOGRAPHIE

1. BOUTOURIA M., CHELBI N., 1988. Les marqueurs génétiques sanguins chez le cheval pur-sang Arabe de Tunisie. *Maghreb Vét.*, **3** : 33-36.
2. CHABCHOUB A., FARHAT E., AMIRA A., LANDOLSI F., TAHRI M., 2000. Le poney de Mogod : contribution à une étude morphologique. *El Baytari*, **24** : 6-7.
3. CHABCHOUB A., OURAGH L., LANDOLSI F., LASFAR F., 2002. Contribution à une étude du polymorphisme électrophorétique des protéines et enzymes du sang du poney de Mogod et des chevaux Barbes de Tunisie. *El Baytari*, **28** : 9-10.
4. HOSNI H., 1987. Situation du cheval Barbe en Tunisie. Tous les textes officiels sur le cheval Barbe. Paris, France, Caracole, p. 194.
5. JUNEJA R.K., GAHNE B., SANDBERG K., 1978. Genetic polymorphism of the vitamin D binding protein and another post-albumin protein in horse serum. *Anim. Blood Groups Biochem. Genet.*, **9** : 29-36.

6. KAMINSKI M., URBANSKA-NICOLAS H., 1980. Structure génétique des chevaux Arabes de France : variants électrophorétiques sanguins. *Revue Méd. vét.*, **131** : 613-626.
7. NICOLAS H., KAMINSKI M., 1979. Etude génétique des Anglo-Arabs de France : polymorphisme biochimique sanguin. *Eperon* (144) : 266-271.
8. OURAGH L., MERIAUX J.-C., BRAUN J.-P., 1994. Genetic blood markers in Arabian, Barb and Arab-Barb horses in Morocco. *Anim. Genet.*, **25** : 45-47.
9. OURAGH L., MERIAUX J.-C., BRAUN J.-P., EL KOHEN M., 1992. Les marqueurs génétiques sanguins des chevaux Arabes-Barbes au Maroc. *Maghreb Vét.*, **7** : 28-32.
10. SEBBAG S., 2002. Contribution à l'étude des caractéristiques morphologiques du poney de Mogod en Tunisie. Thèse Doct. vét., université de Sidi-Thabet, Tunisie, 92 p.

Reçu le 13.03.2006, accepté le 26.04.2007

Summary

Chabchoub A., Mbarki Z., Lasfar F., Landolsi F., Turki I., Ouragh L. Blood Protein Polymorphism in the Mogod Pony in Tunisia

The Mogod pony is native of Northwest Tunisia. Its physical characteristics make him well adapted for mountain use. Since the beginning of the 20th century, its number has greatly decreased. To reverse this trend, the breed will have to be better characterized, in particular from the genetic angle, as this might help search into possible relationships between the pony and horse breeds in the area. Electrophoretic systems of albumin (Al), group specific component (Gc), postalbumin (Xk), esterase (Es), transferrin (Tf) and protease inhibitor (Pi) were studied in 47 Mogod ponies by polyacrylamide gel electrophoresis. Allelic frequencies of the six systems were as follows: Al^A: 0.36; Al^B: 0.64; Gc^F: 1.00; Xk^K: 1.00; Es^I: 0.64; Es^G: 0.18; Es^F: 0.17; Es^S: 0.01; Tf^D: 0.41; Tf^{F2}: 0.31; Tf^{H1}: 0.12; Pi^L: 0.35; Pi^U: 0.22; Pi^R; Pi^S: 0.09. The blood protein polymorphism of the Mogod pony was compared with that of thoroughbred Arabian horses, Barb horses and Arab-Barb horses based on bibliographic data.

Keywords: Mogod Pony – Biochemical polymorphism – Blood protein – Tunisia.

Resumen

Chabchoub A., Mbarki Z., Lasfar F., Landolsi F., Turki I., Ouragh L. Polimorfismo proteico sanguíneo en el potro de Mogod

El potro de Mogod es originario del noroeste de Tunisia. Sus aptitudes físicas le confieren una buena adaptación y utilización en la montaña. Desde el inicio del siglo, los efectivos han sufrido una reducción considerable. Un plan de relance necesita una mejor caracterización de la raza, principalmente desde el punto de vista genético. Además, esta permitiría la búsqueda de una eventual afiliación de este potro con los otros caballos de la región. Los sistemas electroforéticos albúminas (Al), compuesto GC (Gc), postalbúminas (Xk), esterases (Es), transferrinas (Tf), pre albúminas (Pi) fueron estudiados en 47 potros Mogod mediante la técnica de electroforesis en gel de poli acrilamida. Las frecuencias alélicas de los seis sistemas fueron estimadas de la manera siguiente: Al^A: 0,36 ; Al^B: 0,64 ; Gc^F: 1,00 ; Xk^K: 1,00 ; Es^I: 0,64 ; Es^G: 0,18 ; Es^F: 0,17 ; Es^S: 0,01 ; Tf^D: 0,41 ; Tf^{F2}: 0,31 ; Tf^{H1}: 0,12 ; Pi^L: 0,35 ; Pi^U: 0,22 ; Pi^R ; Pi^S: 0,09. Una comparación entre el polimorfismo proteico sanguíneo del potro Mogod y de los caballos pura sangre Arabes, Barbes y Arabes-Barbes fue realizada sobre una base bibliográfica.

Palabras clave: Poney Mogod – Polimorfismo bioquímica – Proteína sanguínea – Túnez.

