

Sommaire

PATHOLOGIE INFECTIEUSE

73-75 Comparaison entre le test Elisa et le test de microagglutination dans le diagnostic de la leptospirose bovine. El Jalii I.M. (*en anglais*)

PATHOLOGIE PARASITAIRE

77-79 Variations saisonnières de l'excrétion des œufs de strongles par les chevaux en zone subhumide d'Algérie. Bentounsi B., Maatallah F. (*en français*)

RESSOURCES ALIMENTAIRES

81-88 Effets à court terme du feu et du pâturage sur la qualité fourragère d'une savane à *Heteropogon contortus* du sud-ouest de Madagascar. Rakotoarimanana V., Grouzis M. (*en français*)

RESSOURCES ANIMALES

89-96 Performances zootechniques et pratiques des éleveurs en élevage bovin naisseur à la Réunion. Choisit J.P., Lassalle C., Messad S., Grimaud P. (*en français*)

97-107 Production laitière et performances de reproduction des vaches Montbéliardes en région semi-aride algérienne. Madani T., Mouffok C. (*en français*)

109-114 Amélioration de la performance laitière des vaches Borgou dans des systèmes d'alimentation alternatifs. Senou M., Toléba S.S., Adandédjan C., Poivey J.-P., Ahissou A., Touré F.Z., Monsia C. (*en anglais*)

115-119 Simulation Monte-Carlo pour évaluer l'impact des schémas MOET adultes chez les bovins Somba. Senou M., Dempfle L. (*en anglais*)

121-126 Paramètres de découpe et de mensurations des carcasses d'agneaux Martinik élevés en conditions intensives. Alexandre G., Bocage B., Coppry O., Weisbecker J.L., Mahieu M., Archimède H. (*en français*)

127-133 Analyses multivariées de l'effet du régime alimentaire sur la mobilisation des réserves lipidiques chez le dromadaire. Kamili A., Messad S., Bengoumi M., Chilliard Y., Faye B. (*en français*)

135-140 Performances pondérales de la pintade locale (*Numida meleagris*) en système d'alimentation améliorée dans la zone centrale du Burkina Faso. Sanfo R., Boly H., Sawadogo L., Brian O. (*en français*)

Contents

INFECTIOUS DISEASES

73-75 **Comparison between ELISA and the Microscopic Agglutination Test for the Diagnosis of Bovine Leptospirosis.** El Jalii I.M. (*in English*)

PARASITIC DISEASES

77-79 **Seasonal Variations of Strongyle Egg Excretion in Horses in a Subhumid Area of Algeria.** Bentounsi B., Maatallah F. (*in French*)

FEED RESOURCES

81-88 **Short Term Effects of Burning and Grazing on the Forage Quality of a *Heteropogon contortus*-Dominated Savanna in the Southwest of Madagascar.** Rakotoarimanana V., Grouzis M. (*in French*)

ANIMAL RESOURCES

89-96 **Animal Production Performance and Herd Management in Suckling Farms on Réunion Island.** Choisis J.P., Lassalle C., Messad S., Grimaud P. (*in French*)

97-107 **Milk Production and Reproductive Performance of Montbeliarde Cows in a Semiarid Area of Algeria.** Madani T., Mouffok C. (*in French*)

109-114 **Increased Milk Yield in Borgou Cows in Alternative Feeding Systems.** Senou M., Toléba S.S., Adandédjan C., Poivey J.-P., Ahissou A., Touré F.Z., Monsia C. (*in English*)

115-119 **Monte Carlo Simulation to Assess the Impact of Adult MOET Schemes in Somba Cattle.** Senou M., Dempfle L. (*in English*)

121-126 **Parameters of Carcass Cuts and Measurements of Martinik Lambs Managed under Intensive Conditions.** Alexandre G., Bocage B., Coppry O., Weisbecker J.L., Mahieu M., Archimède H. (*in French*)

127-133 **Multivariate Analyses of the Effect of Feed Diet on the Mobilization of Fat Reserves in the One-Humped Camel.** Kamili A., Messad S., Bengoumi M., Chilliard Y., Faye B. (*in French*)

135-140 **Local Guinea Fowl (*Numida meleagris*) Weight Performance under Improved Feeding System in the Central Region of Burkina Faso.** Sanfo R., Boly H., Sawadogo L., Brian O. (*in French*)

Sumario

PATOLOGIA INFECCIOSA

73-75 Comparación entre el ensayo de inmunoabsorbente ligado a enzimas y el test de microaglutinación para el diagnóstico de la leptospirosis bovina. El Jalii I.M. (*en inglés*)

PATOLOGIA PARASITARIA

77-79 Variaciones estacionales de la excreción de huevos de estróngilos en caballos en zonas sub húmedas en Argelia. Bentounsi B., Maatallah F. (*en francés*)

RECURSOS ALIMENTICIOS

81-88 Efectos a corto plazo del fuego y del pastoreo sobre la calidad forrajera en una sabana de *Heteropogon contortus* en el sud oeste de Madagascar. Rakotoarimanana V., Grouzis M. (*en francés*)

RECURSOS ANIMALES

89-96 Rendimientos zootécnicos y prácticas de los criadores bovinos de carne en la Reunión. Choisis J.P., Lassalle C., Messad S., Grimaud P. (*en francés*)

97-107 Producción lechera y rendimiento reproductivo de las vacas Montbeliardes en la región semi árida argelina. Madani T., Mouffok C. (*en francés*)

109-114 Aumento del rendimiento de leche en vacas Borgou bajo sistemas de alimentación alternativos. Senou M., Toléba S.S., Adandédjan C., Poivey J.-P., Ahissou A., Touré F.Z., Monsia C. (*en inglés*)

115-119 Simulación de Monte Carlo para evaluar el impacto de esquemas MOET en el ganado Somba adulto. Senou M., Dempfle L. (*en inglés*)

121-126 Parámetros de corte y medidas de las carcasas de corderos Martinik criados bajo condiciones intensivas. Alexandre G., Bocage B., Coppry O., Weisbecker J.L., Mahieu M., Archimède H. (*en francés*)

127-133 Análisis multivariados del efecto del régimen alimenticio sobre la movilización de las reservas de lípidos en el dromedario. Kamili A., Messad S., Bengoumi M., Chilliard Y., Faye B. (*en francés*)

135-140 Rendimientos ponderales de la gallina de Guinea local (*Numida meleagris*) bajo un sistema de alimentación mejorada en la zona central de Burkina Faso. Sanfo R., Boly H., Sawadogo L., Brian O. (*en francés*)

Comparison between ELISA and the Microscopic Agglutination Test for the Diagnosis of Bovine Leptospirosis

I.M. El Jalii¹

Keywords

Cattle – Leptospirosis – Diagnosis – ELISA.

Summary

An indirect enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) was compared with the microscopic agglutination test (MAT) for the diagnosis of bovine leptospirosis. A total of 170 random bovine serum samples were collected from cattle farms in Malaysia. The serum samples were examined for the presence of antibodies to leptospires using ELISA and MAT. Ninety-six (56.5%) sera were positive to ELISA, while 47 (27.7%) were positive to MAT. All samples positive to MAT were positive to ELISA, while there was no sample positive to MAT and negative to ELISA. ELISA showed 100% sensitivity compared to MAT. ELISA appears as a better alternative to MAT for the diagnosis of bovine leptospirosis.

■ INTRODUCTION

Leptospirosis is a serious zoonotic disease with important veterinary and public health impacts (7). The disease is caused by *Leptospira interrogans*. It causes important economic losses in livestock. Although it is usually mild and often subclinical, it can lead to great losses due to abortion, stillbirth, infertility, mastitis, weak progeny, decreased milk production and, with certain leptospiral serovars, death (4, 13).

Diagnosis of leptospirosis based on serology is the most suitable for the rapid testing of a large number of individuals (5, 7, 11). Serodiagnostic methods used for leptospirosis included the microscopic agglutination test (MAT), hemagglutination (HA) test, fluorescent antibody (FA) and complement fixation test (CFT). Drawbacks of most of these serological tests led to the rapid development of the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) in the diagnosis of bovine leptospirosis. Different types of ELISA have

been developed and were found to be useful for the diagnosis of leptospirosis (1, 10, 12, 14). The main objective of this study was to compare ELISA and MAT as screening tests for diagnosis of bovine leptospirosis.

■ MATERIALS AND METHODS

Test sera

One hundred and seventy serum samples were collected from two dairy farms in Malaysia: 70 from the University Putra Malaysia Farm and 100 from the Malaysian Agriculture Research and Development Institute (Bahang) Farm. The samples were random and the animals examined were of both sexes with age range from six months to four years. All serum samples were examined for antibodies to *Leptospira* by ELISA and MAT.

ELISA

The antigen used with ELISA was a genus-specific antigen (lipopolysaccharide) derived from boiling leptospiral culture (serovar *hardjo*). Goat antbovine IgG labeled with horseradish peroxidase was used as conjugate. An indirect ELISA technique was used based on protocols by El Jalii et al. (6). It was carried out with a

1. Department of Clinical Studies, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Resources, King Faisal University, Postal code 31982, PO box 1757, Al Hasa, Saudi Arabia.

Tel.: +966 35 81 66 00; Fax : +966 35 81 66 35

E-mail: eljalii@yahoo.com

working volume of 100 µl of each reagent. The 96 wells of microtitration plates (Dynex, Immulon, USA) were coated with 100 µl of 1/1600 *hardjo* LPS antigen in 0.05 M carbonate/bicarbonate buffer pH 9.6, incubated at 4°C overnight, and washed four times with washing buffer containing 0.05% (v/v) Tween 20 in PBS pH 7.0 using a microplate washer (Nunk Immuno Washer 8, Denmark). Then, 100 µl of 2% BSA fraction V (Sigma, UK) were added to the wells to prevent non-specific binding and incubated for 2 h at 37°C. After washing four times, 100 µl of known bovine positive and negative sera (1/200 diluted sera in PBS pH 7.2 containing 0.03% Tween 20) as controls and the test sera were added to wells in duplicate and incubated at 37°C for one hour. The plate was then washed four times and 100 µl of pre-diluted goat anti-bovine peroxidase conjugated immunoglobulin (IgG) (KPL, USA) in PBS-Tween 20 were added and incubated at 37°C for one hour, washed four times, and 100 µl of 2,2-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) and 2 mM hydrogen peroxide in 0.05 M citrate buffer pH 4.0 substrate were added to each well and incubated at room temperature in the dark for 10 min. The results were read with the aid of a spectrophotometer (Titretek Multiskan Plus, Finland) using 405 nanometers wavelength. Sera were reported as positive if their optical density (OD) readings were higher than the OD readings of the mean negative controls plus three standard deviations.

MAT

The antigens used with MAT were made up of 4-8 day-old live cultures of the following serovars: *hardjo*, *canicola*, *icterohemorrhagiae*, *australis*, *pomona* and *patoc* strain *patocI*. MAT was performed as described by Cole et al. (5) with some modifications. Each serum sample was initially diluted (1/25) with phosphate buffer saline (PBS) pH 7.2 in a microtitration plate (Greiner Labortechnik), 25 µl of PBS were placed into each well of the plate and an equal volume of the diluted serum sample was placed in the first row (A row) of the plate. The diluted serum which was then 1/50 was serially diluted (two-fold) from A row to H row using a hand-held 0.025 ml microdiluter. Then, 25 µl of the live antigens (4-8 day-old cultures containing 10⁸ leptospores/ml) were added to each well. Thus, each well contained an equal volume of the diluted serum sample and the antigen. For each serum sample tested, there were eight dilutions ranging from 1/100 to 1/12,800. The plate was gently shaken for 15-20 s to mix the contents, covered to exclude debris and prevent evaporation, and incubated for one hour at 37°C. The test was read by transferring a drop from each well onto a glass microscope slide. The drops were examined by dark-field microscopy (x200). A positive reaction was regarded as one in which 50% or more of the antigen (live leptospores) were agglutinated. The titer end point was taken as the last well in which 50% or more agglutination was observed.

Statistical analysis

Stata 98/NT was used for analysis.

■ RESULTS

Out of the 170 serum samples examined by MAT, 47 (27.7%) were positive to MAT, while 123 (72.3%) were negative. Forty (85.1%) of MAT positive animals were found to be infected by serovar *hardjo*, which is a predominant infecting serovar. Five (10.6%) were infected by *pomona*, and two (4.3%) by *australis*.

Out of the 170 serum samples examined by ELISA, 96 (56.5%) were positive, while 74 (43.5%) were negative.

When comparing MAT and ELISA, 96 (56.5%) were positive to ELISA, while 47 (56.5%) were positive to MAT.

All samples which were positive to MAT were positive to ELISA.

There was no sample positive to MAT and negative to ELISA. Forty-nine (28.8%) were positive to ELISA and negative to MAT.

■ DISCUSSION

Leptospirosis is one of the diseases with economic impact, so its diagnosis and serosurveillance are very important for any control program. Many tests have been used in the field as screening tests of leptospirosis. The present study was designed to compare ELISA and MAT for screening of bovine leptospirosis. Serological evidence of three leptospiral serovars was revealed from animal sera tested, i.e. *hardjo*, *pomona* and *australis*, with serovar *hardjo* as the most prevalent (85.1% prevalence). In Malaysia, 38 serovars from 13 serogroups have been known to occur (2). The high prevalence of *Leptospira* serovar *hardjo* infection in this study was significant because it supported previous studies on animal leptospirosis in Malaysia which reported that cattle maintained *Leptospira* serovar *hardjo* (3, 8).

Using MAT, three leptospiral antibodies were revealed in this study. ELISA detected positive samples to leptospirosis from sera infected with these three serovars. The antigen used in this study was heat-extracted and was prepared from a single serovar (*hardjo*). It permitted the detection of infection caused by different serovars. The use of a single serovar to prepare the antigen for ELISA appeared reliable and easy. This antigen was stable and could be stored for a long time either in liquid state or coated onto polystyrene plates. On the other hand, MAT used live leptospores belonging to different serovars, which had to be propagated and subcultured continuously to carry out the test. This was very tedious and created a risk of infection to laboratory personnel. ELISA showed 100% sensitivity compared to MAT. No sample positive to MAT was negative to ELISA. This indicated that ELISA was more sensitive than MAT and offered many advantages over MAT. The technique is semi-automated, easy and reproducible. ELISA can potentially be used as a screening test for leptospirosis (9, 15). In conclusion, ELISA was sensitive and could detect antibodies to multiple pathogenic *Leptospira* serovars. It is a good assay for bovine leptospirosis screening.

Acknowledgments

I am grateful to Prof. A.R. Bahman from the Faculty of Veterinary Medicine, University Putra, Malaysia, for advice and help in sample collection and laboratory facilities.

REFERENCES

- ADLER B., MURPHY A.M., LOCARNINI S.A., FAINE S., 1980. Detection of specific anti-leptospiral immunoglobulins M and G in human serum by solid phase enzyme-linked immunosorbent assay. *J. clin. Microbiol.*, **11**: 452-457.
- BAHAMAN A.R., 1988. A serological and bacteriological study of leptospiral infection in domestic animals in Peninsular Malaysia. PhD Thesis, University Putra, Selangor, Malaysia.
- BAHAMAN A.R., IBRAHIM A.L., 1987. A short review of animal leptospirosis with special reference to Malaysia. *Trop. Biomed.*, **4**: 93-99.
- BEY R.F., JOHNSON R.C., 1986. Current status of leptospiral vaccines. *Prog. vet. Microbiol. Immunol.*, **2**: 175-197.
- COLE J.R., SULZER C.R., PURSELL A.R., 1973. Improved microtechnique for the leptospiral microscopic agglutination test. *Appl. Microbiol.*, **25**: 976-980.

6. EL JALII I.M., BAHAMAN A.R., MOHD-AZMI M.L., MUTALIB A.R., 2002. Sero-prevalence of human leptospirosis in representative population in Malaysia. *Trop. Biomed.*, **19**: 97-101.
7. GUSSENHOVEN G.C., HOORN M.A., GORIS M.G., TERPSTRA J.W., HARTSKEERL R.A., MOL B.W., INGEN C.W., SMITH H.L., 1997. Lepto dipstick, a dipstick assay for detection of leptospira-specific immunoglobulin M antibodies in human sera. *J. clin. Microbiol.*, **35**: 92-97.
8. KHAIRANI B., 1997. A study of the leptospiral isolates obtained from cattle in Malaysia. MS Thesis, University Putra, Selangor, Malaysia.
9. MARIYA R., CHAUDHARY P., KUMAR A. A., THANGAPANDIAN E., AMUTHA R., SRIVASTAVA S.K., 2006. Evaluation of a recombinant LipL41 antigen of *Leptospira interrogans* serovar *canicola* in ELISA for serodiagnosis of bovine leptospirosis. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.*, **29**: 269-277.
10. PAPPAS M.G., BALLOU R.W., GRAY M.R., TAKAFUJI E.T., HOCCKMEYER W.T., 1985. Rapid serodiagnosis of leptospirosis using the IgM-specific dot-ELISA: comparison with microscopic agglutination test. *Am. J. trop. Med. Hyg.*, **34**: 346-354.
11. RANCE B.L., ALEX B.T., JOHN F., 1987. Genetic and antigenic differences of serologically indistinguishable leptospire of serovar *hardjo*. *J. clin. Microbiol.*, **25**: 2094-2097.
12. SILVA M.V., CAMARGO E.D., BATISTA L., VAZ A.J., BRANDAO A.P., 1997. Behaviour of specific IgM, IgG and IgA class of antibodies in human leptospirosis during the acute phase of the disease and during the convalescence. *J. trop. Med. Hyg.*, **98**: 272-286.
13. SONGER J.G., CHILELLI C.J., MARSHALL M.M., NOON T.H., MEYER R., 1983. Serological survey for leptospirosis in Arizona beef cattle in 1981. *Am. J. vet. Res.*, **44**: 1763-1764.
14. SURUJBALLI O., MALLORY M., 2001. Competitive enzyme-linked immunosorbent assay for detection of *Leptospira interrogans* serovar *pomona* antibodies in bovine sera. *Clin. Diag. Lab. Immunol.*, **8**: 40-43.
15. SURUJBALLI O., MALLORY M., 2004. An indirect enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of bovine antibodies to multiple *Leptospira* serovars. *Can. J. vet. Res.*, **68**: 1-6.

Reçu le 02.04.2007, accepté le 15.09.2008

Résumé

El Jalii I.M. Comparaison entre le test Elisa et le test de microagglutination dans le diagnostic de la leptospirose bovine

Un test Elisa indirect a été comparé au test de microagglutination (MAT) dans le diagnostic de la leptospirose bovine. Au total 170 échantillons sériques aléatoires ont été prélevés sur des bovins dans des fermes en Malaisie. L'examen des échantillons a porté sur la recherche d'anticorps contre *Leptospira* en utilisant Elisa et MAT. Quatre-vingt-seize (56,5 p. 100) échantillons ont été positifs à l'Elisa, alors que 47 (27,7 p. 100) l'ont été au MAT. Tous les échantillons qui ont été positifs au MAT l'ont aussi été à l'Elisa ; il n'y a pas eu d'échantillon positif au MAT et négatif à l'Elisa. La sensibilité d'Elisa a été de 100 p. 100 comparée à celle de MAT. Elisa apparaît comme étant la meilleure technique des deux dans le diagnostic de la leptospirose bovine.

Mots-clés : Bovin – Leptospirose – Diagnostic – Test Elisa.

Resumen

El Jalii I.M. Comparación entre el ensayo de inmunoabsorbente ligado a enzimas y el test de microagglutinación para el diagnóstico de la leptospirosis bovina

Se comparó un ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA) indirecto con el test de microagglutinación (MAT) para el diagnóstico de la leptospirosis bovina. Se colectó al azar un total de 170 sueros bovinos proveniente de ganado de fincas en Malasia. Las muestras de suero se examinaron para la presencia de anticuerpos de leptospirosis usando ELISA y MAT. Noventa y seis (56,5%) de los sueros fueron positivos con ELISA, mientras que 47 (27,7%) fueron positivos con MAT. Todas las muestras positivas mediante MAT fueron positivas mediante ELISA, mientras que ninguna muestra fue positiva mediante MAT y negativa mediante ELISA. ELISA mostró 100% de sensibilidad comparado con el MAT. ELISA parece ser una mejor alternativa que MAT para el diagnóstico de la leptospirosis bovina.

Palabras clave: Ganado bovino – Leptospirosis – Diagnóstico – ELISA.

Variations saisonnières de l'excrétion des œufs de strongles par les chevaux en zone subhumide d'Algérie

B. Bentounsi ^{1*} F. Maatallah ¹

Mots-clés

Cheval – Helminthe – *Strongylus* sp. –
Epidémiologie – Algérie.

Résumé

L'évolution saisonnière de l'excrétion strongylienne, chez des chevaux non vermifugés, au pré, dans la région côtière d'El Tarf, a été suivie par coproscopie et coproculture. L'excrétion des œufs de strongles, essentiellement estivale et atteignant un pic unique en septembre, a clairement ressemblé aux cinétiques observées en Angleterre et en France. Dans les coprocultures, *Strongylus vulgaris* a dominé. *S. vulgaris* et *S. edentatus* ont été présents tout au long de l'année. Les larves 3 de *S. equinus* ont été très nombreuses en avril, suggérant un retour saisonnier des stades 5 dans le tube digestif. Les larves d'*Oesophagodontus* et de *Triodontophorus* ont été aussi assez constantes dans les coprocultures. L'excrétion des œufs de *Trichostrongylus axei* a été saisonnière par son absence hivernale. Les œufs de Cyathostominae ont été constamment excrétés, mais avec un net minimum entre mai et octobre.

■ INTRODUCTION

En Algérie, le parasitisme équin est mal connu. Les effectifs sont faibles et l'élevage, à caractère social, est localisé. Il y a une utilisation aveugle des antiparasitaires, quel que soit l'impact, malgré le coût et les risques de chimiorésistance (3). La prophylaxie est calquée sur celle des ruminants. Elle se fait à la même période, prenant l'aspect de campagne nationale. Il est impératif de déterminer la faune parasitaire et sa dynamique afin de fixer les périodes optimales d'intervention. L'interdiction religieuse locale d'abattage du cheval a limité les investigations aux méthodes coproscopiques dans une enquête régionale.

1. Laboratoire de parasitologie, département des Sciences vétérinaires, Université Mentouri, Constantine, Algérie.

*Auteur pour la correspondance
E-mail : bentounsi_b@yahoo.com

■ MATERIEL ET METHODES

L'élevage étudié était situé dans la commune d'Aïn Karma, dans les bassins intérieurs de la wilaya côtière d'El Tarf en Algérie. C'est une zone de montagnes forestières située à une altitude de 400 m. El Tarf occupe un étage bioclimatique qualifié de subhumide chaud (4). La tiédeur de l'hiver est le fait le plus fondamental. Il y a une absence totale de gelées et des températures minimales du mois le plus froid supérieures à 7 °C.

Les huit chevaux étudiés étaient âgés de 1 an (n = 1), 2 ans (n = 2), 3 ans (n = 1), 4 ans (n = 3) et 8 ans (n = 1). Ils étaient conduits en liberté sur un pâturage mixte avec des bovins, des ovins et des caprins. Aucun des animaux n'a été vermifugé pendant l'année de l'étude.

Les prélèvements de fèces ont été mensuels pour la réalisation des coproscopies et des coprocultures individuelles. Les coproscopies

ont été réalisées selon la méthode de McMaster modifiée (13) au seuil de 15 œufs par gramme de fèces (opg), avec une solution dense de chlorure de sodium comme liquide de flottation (d = 1,18). Les œufs ont été classés en œufs de Cyathostominae, de strongles et de *Trichostrongylus axei*, selon Euzéby (7). Cinq coprocultures moyennes saisonnières (janvier, avril, juin, octobre, novembre) du groupe ont été également réalisées en boîte de Petri à 24 °C pendant 10 jours (8), afin de déterminer les genres de strongles digestifs présents (2).

Une analyse de la variance à un critère de classification, modèle fixe, a été réalisée par le logiciel Minitab (9).

■ RESULTATS

Des différences non significatives ont été observées entre les chevaux (p = 0,76) pour l'excrétion des œufs de strongles (figure 1). L'excrétion a été principalement estivale, atteignant un pic unique et élevé de 1 800 opg en septembre. Cet aspect saisonnier a été très significatif (p = 0, 000).

L'excrétion des œufs de Cyathostominae a été semblable entre les chevaux (p = 0,59) (figure 2). Les niveaux moyens ont oscillé entre 60 et 400 opg, avec des extrêmes inférieurs à 700 opg. Bien que les plus bas niveaux aient été enregistrés entre mai et octobre, le caractère saisonnier n'a pas été significatif.

Il n'y a pas eu de différence entre les chevaux (p = 0,82) dans l'intensité de l'excrétion des œufs de *Trichostrongylus axei* (figure 3). Les intensités ont été faibles, de niveau moyen inférieur à 240 opg et de niveau extrême de 480 opg. L'excrétion a été absente

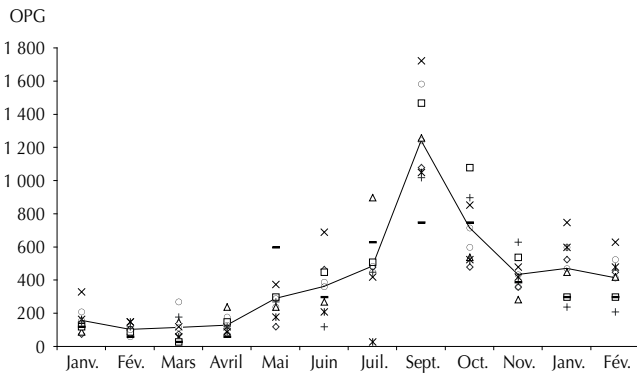


Figure 1 : évolution saisonnière du nombre moyen d'œufs de strongles (opg) chez huit chevaux non vermifugés.

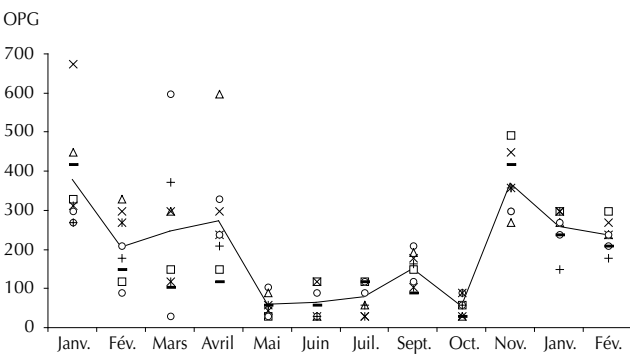


Figure 2 : évolution saisonnière du nombre moyen d'œufs de Cyathostominae (opg) chez huit chevaux non vermifugés.

en hiver, marquant une variation saisonnière très significative (p = 0,000).

Strongylus vulgaris a dominé dans les coprocultures (figure 4). Sa présence a été aussi constante avec *Strongylus edentatus*. Les plus fortes proportions d'*Oesophagodontus* ont été observées en octobre et celles de *Strongylus equinus* en avril.

■ DISCUSSION

L'excrétion estivale accrue qui a été observée a été décrite par Poynter en 1954 (12). Ogbourne en 1971 (10) a confirmé cette variation saisonnière de l'excrétion des œufs. La cinétique de l'excrétion des œufs de strongles observée à El Tarf a été pratiquement identique à celles observées en Angleterre (12) et en France (5) sur des lots non vermifugés. Cette ressemblance dans ces trois sites différents pourrait être liée au cycle particulier des *Strongylus* (très longue période de la migration interne chez le cheval) qui aboutirait à une cinétique obligatoirement très saisonnière (1, 6, 11). L'excrétion des Cyathostominae qui a été enregistrée, minimale en saison chaude et maximale entre novembre et avril, semblait spécifique au site de la présente étude. En revanche, l'absence hivernale d'œufs de *Trichostrongylus axei* pourrait être évocatrice d'une hypobiose du parasite.

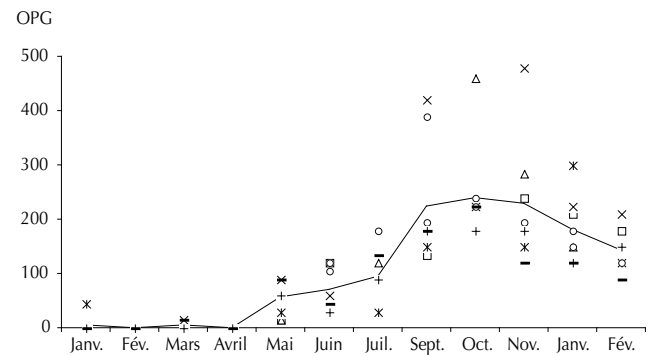


Figure 3 : évolution saisonnière du nombre moyen d'œufs de *Trichostrongylus axei* (opg) chez huit chevaux non vermifugés.

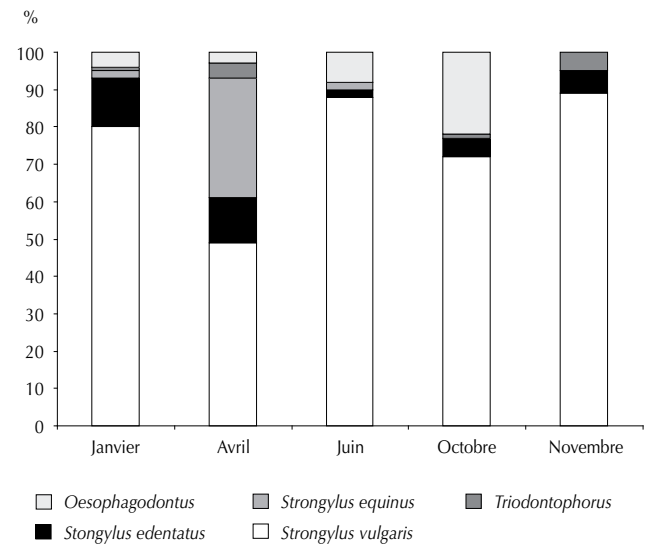


Figure 4 : proportions moyennes de L3 de strongles identifiées en coprocultures chez huit chevaux non vermifugés.

Les présentes observations permettent de préconiser pour ce site un traitement stratégique en septembre, moment des pics d'excrétion des grands strongles et de *Trichostrongylus axei*, ce qui permettra de contrôler la charge parasitaire d'hiver-printemps des prairies. Le choix d'un benzimidazole éliminerait également partiellement les cestodes observés. Un deuxième traitement saisonnier dans ce site humide est recommandé à la fin de l'hiver, en avril. Il est nécessaire de choisir dans ce cas un endectocide, pour son efficacité contre les larves migratrices et d'éventuels gastrophiles.

BIBLIOGRAPHIE

1. BENTOUNSI B., 1984. Contribution à l'étude du diagnostic immunologique des strongyloses des équidés : application de la méthode d'immunofluorescence indirecte avec les antigènes *Strongylus vulgaris* L4 et adultes, et *Trichonema* sp. L4. Thèse Doct., Institut national polytechnique, Toulouse, France, 100 p. (n° 237)
2. BEVILAQUA C.M.L., RODRIGUES M.L., CONCORDET D., 1993. Identification of infective larvae of some common nematodes strongylids of horses. *Revue Méd. vét.*, **144**: 989-995.
3. 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.
4. COTE M., 1998. Les régions bioclimatiques de l'est algérien. *Revue Rhumel (Algérie)*, **6** : 57-69.

5. DUCOS DE LAHITTE J., 1987. Contribution à l'étude des strongyloses des équidés : effets sur le développement des poulains, mise en place d'un plan de vermifugation - décontamination. Thèse Doct., Université de Toulouse, France, 122 p.
6. DUNCAN J.L., PIRIE H.M., 1972. The life cycle of *Strongylus vulgaris* in the horse. *Res. vet. Sci.*, **13**: 374-379.
7. EUZEBY J., 1981. Diagnostic expérimental des helminthoses animales. Travaux pratiques d'helminthologie vétérinaire. Tome I : Généralités, diagnostic *ante mortem*. Paris, France, Informations techniques des services vétérinaires, 340 p.
8. GEVREY J., 1971. Les coprocultures : réalisation, interprétation en vue de la diagnose des strongles digestifs des ruminants et du porc. *Rec. Méd. vét.*, **147** : 287-317.
9. MINITAB REFERENCE MANUAL, 1998. Release 12-21 for Windows. State College, PA, USA, Minitab, 1047 p.
10. OGBOURNE C.P., 1971. Variations in the fecundity of the strongylid worms of the horse. *Parasitology*, **63**: 289-298.
11. OGBOURNE C.P., 1975. Studies on the epidemiology of *Strongylus vulgaris* infection of the horse. *Int. J. Parasitol.*, **5**: 423-426.
12. POYNTER D., 1954. Seasonal fluctuation in the number of strongyle eggs passed by horses. *Vet. Rec.*, **66**: 74-78.
13. RAYNAUD J.P., 1970. Etude de l'efficacité d'une technique de coproscopie quantitative pour le diagnostic de routine et le contrôle des infestations parasitaires des bovins, ovins, équins et porcins. *Ann. Parasitol. Hum. comp.*, **45** : 321-334.

Reçu le 25.01.2008, accepté le 14.08.2008

Summary

Bentounsi B., Maatallah F. Seasonal Variations of Strongyle Egg Excretion in Horses in a Subhumid Area of Algeria

The seasonal evolution of strongyle egg excretion was studied in untreated horses, grazing on pastures in the coastal area of El Tarf, using the fecal egg count method and larval cultures. Strongyle egg excretion occurred mainly in the summer and reached a single peak in September, appearing thus very similar to kinetics observed in England and France. In fecal larval cultures, *Strongylus vulgaris* prevailed. *S. vulgaris* and *S. edentatus* were present throughout the year. Larvae 3 of *S. equinus* were very numerous in April, suggesting a seasonal return of stage 5 in the digestive tract. Larvae of *Oesophagodontus* and *Triodontophorus* were also rather constant in larval cultures. Absent in the winter, the egg excretion of *Trichostrongylus axei* was thus seasonal. Cyathostominae eggs were excreted all year round, but with a marked minimum between May and October.

Keywords: Horse – Helminth – *Strongylus* sp. – Epidemiology – Algeria.

Resumen

Bentounsi B., Maatallah F. Variaciones estacionales de la excreción de huevos de estróngilos en caballos en zonas sub húmedas en Argelia

La evolución estacional de la excreción de estróngilos en los caballos no desparasitados, en la pradera, se siguió por coproscopía y coprocultivo en la región costera de El Tarf. La excreción de huevos de estróngilos, en su mayoría durante el verano y con un pico único en septiembre, se asemeja evidentemente a la cinética observada en Inglaterra y Francia. En los coprocultivos, dominó *Strongylus vulgaris*. *S. vulgaris* y *S. edentatus* estuvieron presentes a lo largo del año. Las larvas de *S. equinus* fueron frecuentes en abril, sugiriendo un retorno estacional del 5to estadio en el tubo digestivo. Las larvas de *Oesophagodontus* y de *Triodontophorus* fueron también constantes en los coprocultivos. La excreción de huevos de *Trichostrongylus axei* fue estacional, ausente en invierno. Los huevos de Cyathostominae fueron excretados constantemente, pero con un neto mínimo entre mayo y octubre.

Palabras clave: Caballo – Helminto – *Strongylus* sp. – Epidemiología – Argelia.

Effets à court terme du feu et du pâturage sur la qualité fourragère d'une savane à *Heteropogon contortus* du sud-ouest de Madagascar

V. Rakotoarimanana ¹* M. Grouzis ²

Mots-clés

Heteropogon contortus – Savane – Ecologie du feu – Pâturage – Madagascar.

Résumé

Une étude expérimentale sur le rôle du feu et du pâturage a été conduite dans la région de Sakaraha (sud-ouest de Madagascar). L'objectif a été d'évaluer les effets conjugués ou séparés du feu appliqué selon différentes modalités (sans feu, feu précoce, feu tardif) et du pâturage (non pâturé, pâturé) sur l'évolution de la qualité fourragère d'une savane à *Heteropogon contortus* et *Poupartia caffra*. L'appréciation de cette qualité fourragère a été réalisée en étudiant la valeur pastorale et la valeur fourragère. Une étude diachronique a permis de montrer (a) une augmentation de la valeur pastorale par les feux et une diminution de celle-ci par le pâturage, (b) une augmentation des teneurs de l'ensemble des paramètres de la valeur fourragère des herbages en fonction des feux et du pâturage. La valeur pastorale et la valeur fourragère de cette savane sont deux indices qui évoluent généralement dans le même sens sous l'influence du feu.

■ INTRODUCTION

Les savanes sont largement représentées à Madagascar puisqu'elles couvrent environ 70 p. 100 du territoire (29). Bien que stationnellement assez riches, les savanes sont d'une grande pauvreté floristique (moins de 5 p. 100 de la biodiversité) et d'une grande homogénéité physiognomique (22, 29). Néanmoins, elles jouent un rôle économique majeur car elles assurent l'essentiel de l'alimentation des troupeaux dans les systèmes d'élevage extensif de Madagascar.

A Madagascar, les feux de brousse embrasent chaque année plusieurs centaines de milliers d'hectares (31). Dans 90 p. 100 des cas ces feux concernent les savanes et sont essentiellement dus aux feux de pâturage, le reste concerne les forêts et relève pour une grande part de la culture sur abattis brûlés. Alors que la dynamique de la végétation est certainement marquée par le passage annuel du feu, qui constitue une pratique courante de gestion de l'espace pastoral, on constate à l'échelle du pays un manque flagrant de travaux de

recherche sur les effets du feu sur la dynamique des savanes, contrairement à la dynamique des systèmes forestiers de l'Est (5, 16, 33, 36) et du Sud-Ouest (23, 37). Ces problèmes sont aussi bien abordés en Afrique sahélo-soudanienne (3, 7, 12, 14, 19, 24, 26, 27, 28).

Ces considérations ont conduit les auteurs à mettre en place une étude expérimentale sur l'influence du feu et du pâturage sur l'évolution de la qualité fourragère d'une savane à *Heteropogon contortus* (L.) P. Beauv. ex Roem. et Schult. (5), plus précisément d'une variante sèche de cette savane (29). Celle-ci couvre une surface équivalente aux deux tiers de la région Sud-Ouest et constitue un ensemble à l'aspect varié mais possédant en commun certaines analogies floristiques dont la principale est une strate graminéenne à base de *Heteropogon contortus*. La strate ligneuse est principalement constituée par *Poupartia caffra* (Sond.) H. Perrier, *Gymnosporia linearis* (L.f.) Loes et *Stereospermum euphorioides* (Bojer) A. DC.

Ce travail propose, par ailleurs, de comparer deux méthodes d'évaluation de la qualité fourragère : la valeur pastorale (établie par des inventaires floristiques) et la valeur fourragère (établie par analyse bromatologique). Un aspect important de la finalité de cette étude est sa contribution au développement du secteur élevage dans une région où cette activité occupe une grande place dans la vie socio-économique.

1. Département de biologie et écologie végétales, faculté des Sciences, BP 906, Université d'Antananarivo, Madagascar.

2. Antananarivo, Madagascar.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +261 20 3312 18621 ; e-mail : vonjison@yahoo.fr

■ MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

Le site d'étude se trouve dans la partie méridionale de la plaine sédimentaire du sud-ouest de Madagascar, au sud du village de Beba Manamboay (22° 49' 30" de lat. S et 44° 35' 35" de long. E) et à une dizaine de kilomètres au nord de Sakaraha, dans la province de Toliary (figure 1).

Les précipitations annuelles moyennes à Sakaraha, station météorologique la plus proche du site d'étude, s'élèvent à 854 mm et se répartissent sur 64 jours de pluies pour la période 1935-1999 (32) (tableau I). Le cycle pluviométrique est caractérisé par une saison pluvieuse (de novembre à mars) qui reçoit près de 90 p. 100 des précipitations et une longue saison sèche (d'avril à octobre) pendant laquelle les précipitations mensuelles sont inférieures à 50 mm. Le déficit hydrique climatique annuel atteint 476 mm à Sakaraha (9). La température moyenne du mois le plus froid (juillet) est de 18 °C et celle du mois le plus chaud (janvier) est de 26,5 °C, tandis que la moyenne annuelle des températures moyennes est de 23 °C (30).

La région se caractérise par un climat de type subaride (9, 17). Elle appartient au paysage des « dômes sableux », épandages de sables roux plus ou moins évolués et tronqués, dans le domaine de l'Isalo (38). Les sols sont classés comme ferrugineux tropicaux peu ou pas lessivés (25). Ils sont généralement à texture sablo-argileuse à limoneuse et à structure massive à débit polyédrique anguleux. Ils présentent un enracinement faible mais avec une forte activité biologique par la présence de nombreuses termites.

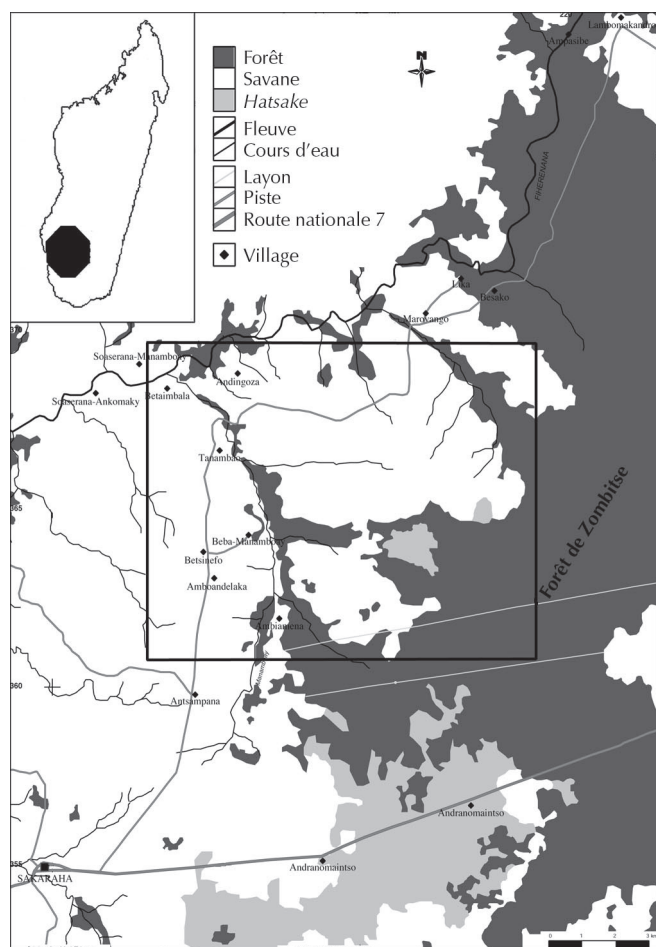


Figure 1 : zone de l'étude.

Tableau I

Variations des précipitations des trois années d'expérimentation et de la moyenne interannuelle sur la série 1935-1999

1998		1999		2000		Moyenne		CV (%)
P (mm)	nj	P (mm)	nj	P (mm)	nj	1935-1999	nj	
1482,4	75	1748,6	62	1531,3	65	854,2	64	30

P : précipitations ; nj : nombre de jours ; cv : coefficient de variation

La perméabilité de surface varie de 0,15 à 0,24 mm.s⁻¹. La teneur en carbone de l'horizon 0-10 cm est en moyenne de 10 t.ha⁻¹ et celles de l'azote et du phosphore sont respectivement de 0,60 et 0,01 t.ha⁻¹ (34).

Conditions d'exploitation du site d'étude avant expérimentation

Le secteur est soumis à un élevage extensif pratiqué par les Bara, peuple de pasteurs constituant environ la moitié de la population locale. La savane est utilisée toute l'année pour le pâturage. Les feuilles basales et les repousses sont les parties sélectionnées par le bétail.

La charge est évaluée à 2 180 UBT entre juin et fin octobre, et 1 720 UBT entre novembre et fin mai. Ce qui correspond respectivement à une capacité de charge de 4 ha.UBT⁻¹ et 3 ha.UBT⁻¹ (35). La pression sur le milieu est donc modérée. Toutefois, ce bilan a été établi au cours de trois années exceptionnellement favorables (35).

L'ensemble du site est soumis annuellement à un feu tardif. En revanche, le feu précoce, qui ne présente aucun intérêt pour les éleveurs et leurs troupeaux, ne se produit que d'une manière aléatoire.

L'homogénéité de la zone d'étude a été testée sur trois critères : densité ligneuse, compacité et perméabilité du sol. Elle était homogène sur le plan de la répartition des ligneux. De plus, le sol n'offrait pas de discontinuité pour les critères de compacité et de perméabilité (34). C'est dans ces conditions qu'a été installé le dispositif expérimental.

Dispositif expérimental et paramètres

Le dispositif expérimental (figure 2) a été mis en place en juillet 1997. Il consistait en une expérience factorielle organisée en blocs aléatoires complets avec parcelles divisées. Les facteurs étudiés et leurs modalités ont été :

- le feu à trois modalités (non brûlé ; feu précoce effectué en juillet, début de saison sèche ; et feu tardif provoqué en octobre, fin de saison sèche) ;
- le pâturage à deux modalités (pâturé et non pâturé).

La zone d'expérimentation a été divisée en deux essais suivant les niveaux du facteur pâturage. Dans chaque essai, trois blocs ont été installés et dans chaque bloc trois parcelles élémentaires de 30 m x 40 m chacune, auxquelles ont été affectés de façon aléatoire (randomisation complète) les trois niveaux du facteur feu. L'essai non pâturé a été clôturé pour une protection intégrale contre l'influence des animaux. L'essai pâturé n'a fait l'objet d'aucune restriction particulière. Les observations ont été menées pendant trois

années consécutives. La figure 3 montre le chronogramme des observations par rapport au traitement feu et à la mise en place de la protection.

Pour chaque traitement feu et pâturage, trois paramètres de la qualité fourragère ont été pris en considération : l'indice de qualité spécifique (Is), la valeur pastorale et la valeur fourragère.

Indice de qualité spécifique

L'Is a été établi sur une échelle de cotation de 0 à 3 (3). Ainsi sont considérées comme espèces de bonne valeur pastorale (Bvp), les espèces dont l'Is est égal à 3 ; de moyenne valeur pastorale (Mvp), les espèces dont l'Is est égal à 2 ; de faible valeur pastorale (Fvp), les espèces dont l'Is est égal à 1 ; et sans valeur pastorale (Svp), les espèces dont l'Is est égal à 0. Ces cotations ont été attribuées à chaque espèce en fonction du niveau d'appétibilité par les animaux et d'un certain nombre d'autres critères : valeur nutritive, assimilabilité, digestibilité...

Valeur pastorale

Elle a été calculée par la formule (11) :

$$VP = 1/3 \sum_{i=1}^n Csi * Isi \quad (0 < Csi < 1)$$

où Csi est la contribution spécifique de l'espèce i (Csi = ni/Σni, ni étant la fréquence absolue de l'espèce i), établie à partir de relevés linéaires. Il s'agissait de deux lignes permanentes de 10 m chacune, matérialisées par un décimètre tendu au-dessus du toit du tapis herbacé et installées au milieu de chaque parcelle, parallèles à l'une de

ses diagonales. Ces deux lignes étaient distantes de 4 m. La lecture a été effectuée tous les 20 cm permettant d'obtenir un échantillonnage de 100 points par parcelle soit 300 points par traitement. La valeur ainsi obtenue est aussi appelée indice global (ou synthétique de qualité). Cet indice renseigne sur l'importance de fourrage de qualité (ou fourrage qualifié) produit par la végétation.

Valeur fourragère

Elle dépend de deux éléments essentiels :

- de la valeur azotée caractérisée par la matière azotée digestible ou MAD (g/kg de matière sèche) selon la formule (13) $MAD = 9,29 MAT - 35,2$, où MAT est la matière azotée totale exprimée en pourcentage de la matière sèche obtenue par la méthode de Kjeldahl ;
- de la valeur énergétique (UF) obtenue par l'utilisation de la table de Dijkstra (15) en connaissant la teneur en matières sèches, en cendres et en cellulose brute * du fourrage.

■ RESULTATS

Analyse de la composition pastorale : le spectre fourrager

La flore recensée au cours de l'année 1999 sur la ligne permanente des différents traitements n'a été constituée que de 27 espèces herbacées appartenant à 25 genres repartis dans 13 familles (tableau II). L'importance des genres et espèces a varié en fonction des différentes familles comme suit : *Poaceae* : 6 genres, 6 espèces ; *Leguminosae* : 4 genres, 5 espèces ; *Rubiaceae* : 2 genres, 3 espèces ; *Convolvulaceae*, *Cyperaceae*, *Asteraceae* : 2 genres, 2 espèces ; *Cucurbitaceae*, *Polygalaceae*, *Sterculiaceae*, *Malvaceae*, *Caryophyllaceae*, *Euphorbiaceae*, *Aizoaceae* : 1 genre monospécifique.

La famille des *Poaceae* a été la plus représentée, suivi de celles des *Leguminosae* et des *Rubiaceae*. Ces trois familles ont rassemblé 14 espèces, soit 51,8 p. 100 de l'effectif total. Trois autres familles (*Convolvulaceae*, *Cyperaceae*, *Asteraceae*) représentaient 22,2 p. 100 de l'effectif total avec deux espèces pour chacune d'elles. Les autres familles (*Cucurbitaceae*, *Polygalaceae*, *Sterculiaceae*, *Malvaceae*, *Caryophyllaceae*, *Euphorbiaceae* et *Aizoaceae*) n'ont été représentées que par une seule espèce.

La diversité spécifique des différentes catégories fourragères a été assez variable : 4 espèces à Bvp, 12 à Mvp, 8 à Fvp et

* Reliquat de la matière organique après attaque avec un mélange d'acides (acétique, trichloracétique, nitrique) d'un échantillon de fourrage, sous ébullition pendant 30 min.

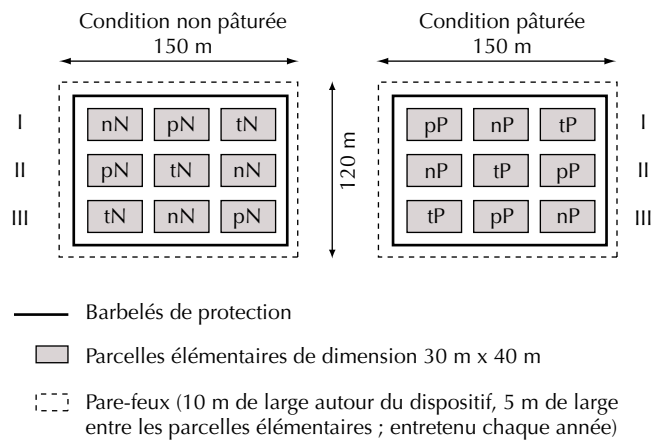


Figure 2 : dispositif expérimental ; n : non brûlé ; p : feu précoce ; t : feu tardif ; N : non pâturée ; P : pâturée ; I, II, III : blocs.

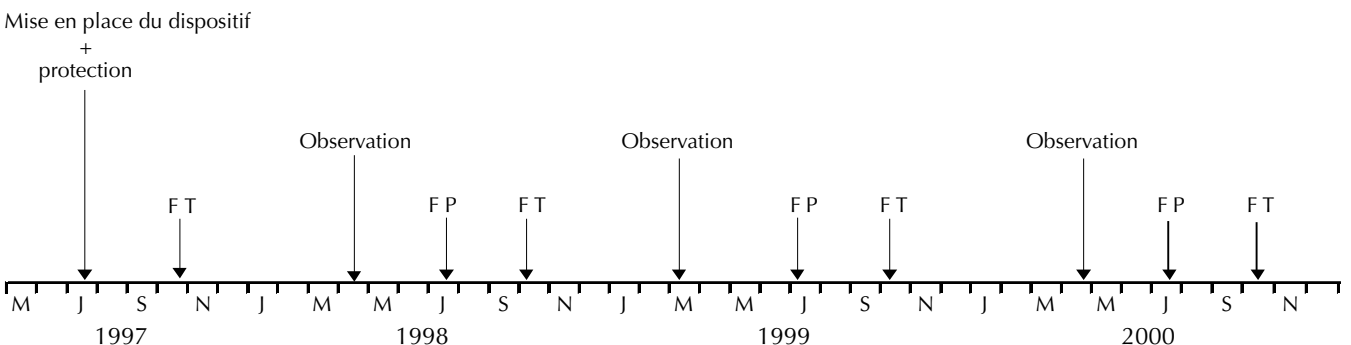


Figure 3 : chronogramme des interventions et des observations. Interventions : protection et mise à feu ; FP : feu précoce ; FT : feu tardif.

Tableau II

Composition de la végétation pastorale et recouvrement moyen des espèces dans les différents traitements de l'année 1999

Espèce	Famille	Is	nN	pN	tN	nP	pP	tP	Rsm (%)
<i>Anthospermum thymoides</i>	Rubiaceae	3	3,67	15	4	2,33	18,67	1	7,44
<i>Heteropogon contortus</i>	Poaceae	3	45,67	11,67	43,33	27	19,67	17,67	27,50
<i>Panicum pseudozeltkowi</i>	Poaceae	3	–	4	–	–	2,33	–	3,16
<i>Tridax procumbens</i>	Asteraceae	3	0,33	3,33	0,67	4	4,33	2,33	2,5
<i>Aristida congesta</i>	Poaceae	2	0,33	0,33	–	0,33	0,67	2	0,73
<i>Cassia mimosoides</i>	Leguminosae	2	–	–	–	–	0,67	–	0,67
<i>Crotalaria cyanoxantha</i>	Leguminosae	2	–	–	–	0,33	–	–	0,33
<i>Eragrostis cylindriflora</i>	Poaceae	2	–	–	–	–	–	0,33	0,33
<i>Indigofera diversifolia</i>	Leguminosae	2	–	0,67	0,33	–	–	–	0,5
<i>Merremia tridentata</i>	Convolvulaceae	2	–	0,33	–	–	–	–	0,33
<i>Oldenlandia lancifolia</i>	Rubiaceae	2	0,33	3	1	0,67	2	0,33	1,22
<i>Sporobolus festivus</i>	Poaceae	2	7,33	1,67	6,67	7	3	4,33	5
<i>Citrullus lanatus</i>	Cucurbitaceae	2	–	–	–	–	0,33	–	0,33
<i>Crotalaria sp.</i>	Leguminosae	2	–	–	–	–	0,67	–	0,67
<i>Indigofera tenuipes</i>	Leguminosae	2	0,33	0,67	0,33	0,33	0,67	–	0,47
<i>Polygala schoenlankii</i>	Polygalaceae	2	0,33	5	2,67	0,33	–	0,33	1,73
<i>Bulbostylis mahafaliensis</i>	Cyperaceae	1	2	1	–	1	0,33	1,33	1,13
<i>Evolvulus alsinoides</i>	Convolvulaceae	1	–	–	–	–	0,33	–	0,33
<i>Pycnus commersoni</i>	Cyperaceae	1	0,33	0,33	0,33	0,33	–	–	0,33
<i>Schizachyrium brevifolium</i>	Poaceae	1	2,33	0,67	3	4,33	2,33	1,67	2,39
<i>Waltheria indica</i>	Sterculiaceae	1	–	–	–	0,33	–	–	0,33
<i>Hibiscus sidiformis</i>	Malvaceae	1	–	–	–	–	0,67	–	0,67
<i>Oldenlandia virgata</i>	Rubiaceae	1	–	1,33	0,33	0,33	0,33	–	0,58
<i>Polycarpea corymbosa</i>	Caryophyllaceae	1	–	2,67	2	0,33	0,67	1	1,33
<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae	0	–	5,33	0,33	1,33	5	3,33	3,06
<i>Laggera alata</i>	Asteraceae	0	–	–	–	–	0,33	–	0,33
<i>Mollugo nudicaulis</i>	Aizoaceae	0	–	1,33	0,33	–	0,33	0,67	0,66

Is : indice spécifique ; nN : non brûlé non pâturé ; pN : feu précoce non pâturé ; tN : feu tardif non pâturé ; nP : non brûlé pâturé ; pP : feu précoce pâturé ; tP : feu tardif pâturé ; Rsm : recouvrement spécifique moyen de l'ensemble des traitements

3 Svp (tableau II). Le recouvrement spécifique moyen (Rsm) de l'ensemble des traitements a paru faible : une seule espèce a présenté un recouvrement moyen supérieur ou égal à 10 p. 100 : *Heteropogon contortus* avec 27,5 p. 100. C'est une espèce à indice de qualité égal à 3, c'est-à-dire de bonne valeur pastorale. Deux autres espèces, *Anthospermum thymoides* (7,4 p. 100) et *Sporobolus festivus* (5 p. 100) ont été moyennement productives avec un recouvrement de l'ordre de 5 p. 100. Ces deux espèces ont respectivement un indice de qualité égal à 3 (Bvp) et 2 (Mvp). Les plantes de faible et sans valeur pastorale ont eu des recouvrements moyens très faibles (inférieurs à 3 p. 100). De plus, le tableau II montre des tendances pour certaines espèces : *Anthospermum thymoides* et *Euphorbia hirta* ont semblé favorisées par le feu précoce, tandis que *Sporobolus festivus* a semblé défavorisée par ce type de feu ; *Tridax procumbens* a semblé favorisée par le feu précoce et le pâturage ; *Schizachyrium brevifolium* a semblé défavorisée par les feux et *Heteropogon contortus* par le pâturage.

La richesse spécifique de la flore pastorale a varié selon les traitements (tableau III). Les feux précoces ont semblé favoriser la richesse spécifique. La protection totale a semblé au contraire défavorable au nombre d'espèces, entraînant la forte dominance des graminées.

Feu, pâturage et contributions spécifiques

Les contributions spécifiques des différentes catégories d'espèces herbacées ont varié aussi en fonction des traitements (tableau IV). En général, l'absence de feu tendait à diminuer la contribution des bonnes espèces fourragères au profit d'espèces à faible valeur. Le feu a été favorable à l'apparition d'espèces non pastorales. Le pâturage tendait à diminuer les contributions spécifiques des plantes de bonne et moyenne valeur pastorale mais à augmenter celles des plantes de faible et sans valeur pastorale.

Tableau III

Nombre d'espèces relevées selon les traitements

Traitement	pP	pN	nP	tN	tP	nN
Nb. espèces	20	18	16	14	13	11

pP : feu précoce pâturé ; pN : feu précoce non pâturé ; nP : non brûlé pâturé ; tN : feu tardif non pâturé ; tP : feu tardif pâturé ; nN : non brûlé non pâturé

Tableau IV

Contributions spécifiques des catégories d'espèces herbacées fourragères en fonction des différents traitements pour les trois années d'observation

Année	Bonne valeur pastorale (%)			Moyenne valeur pastorale (%)			Faible valeur pastorale (%)			Sans valeur pastorale (%)		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Non pâturé												
Non brûlé	84,3	78,8	71,3	12,2	13,7	10,2	3,5	7,4	18,4	0	0	0
Feu précoce		58,6	75,5		21,8	15,9		8,0	7,7		11,5	0,7
Feu tardif	83,2	73,5	79,9	12,5	17,3	12,9	4,3	8,1	6,7	0	1,0	0,4
Pâturé												
Non brûlé	86,5	66,2	59,8	7,4	18,5	8,9	6,0	12,6	30,8	0	2,6	0,3
Feu précoce		71,0	74,2		13,1	13,4		6,8	8,1		8,9	4,3
Feu tardif	81,2	57,8	64,8	16,2	20,2	18,6	2,5	11,0	12,6	0	11,0	3,8

Feu, pâturage et valeur pastorale

La qualité d'un pâturage peut être exprimée par la valeur pastorale, en l'absence d'analyses chimiques et/ou bromatologiques. Le feu et le pâturage, considérés comme des facteurs d'équilibre des herbages, agissent sur la valeur pastorale. Le tableau V représente les variations dans le temps des valeurs pastorales des parcours à *Heteropogon contortus* en fonction des différents traitements. Généralement, l'absence de feu a entraîné une baisse progressive de la valeur pastorale. Le pâturage a eu pour effet de diminuer la valeur pastorale dans tous les traitements. Ces variations étaient intimement liées à la proportion des espèces à indice de qualité supérieure.

Feu, pâturage et valeur fourragère

La qualité des pâturages peut aussi être exprimée par la valeur fourragère. Le tableau VI donne les variations des paramètres de valeur fourragère en fonction des traitements par le feu en conditions non pâturées et pâturées. La mesure a été effectuée à la mi-mars 1999, période pendant laquelle la végétation herbacée dominante de la région est en début de montaison. Les analyses ont été effectuées sur des échantillons de phytomasse herbacée toutes

espèces et organes confondus. La partie inférieure du tableau montre les résultats de l'analyse de variance.

Le feu a généralement amélioré la valeur fourragère en augmentant les teneurs en cendres, en matières azotées et le rapport nutritionnel des herbages quelles qu'aient été les conditions de pâturage. Le pâturage a amélioré l'ensemble des paramètres de la valeur fourragère des herbages en augmentant les teneurs en cendres, en matières azotées, l'unité fourragère et le rapport nutritionnel, et en diminuant la teneur en cellulose. Dans l'ensemble, le rapport nutritionnel était faible et caractérisait des herbages de qualité médiocre.

■ DISCUSSION

L'absence de feu a diminué la valeur pastorale. De même, le pâturage a entraîné une baisse progressive de celle-ci. Ces variations étaient principalement liées aux variations de la composition floristique, en particulier de la proportion de *Poaceae* dont les espèces ont un indice de qualité spécifique élevé et dépendent de la variabilité des précipitations. Si la proportion de *Poaceae* augmentait, la valeur pastorale augmentait et inversement. Des résultats similaires ont été trouvés en milieu sahélien (1, 4).

Pour ce qui concerne la valeur fourragère, le feu a augmenté les teneurs en cendres et en matières azotées quelles qu'aient été les conditions de pâturage. Le pâturage a amélioré l'ensemble des paramètres de la valeur fourragère des herbages. En effet, ces deux facteurs ont permis les repousses, riches en matières azotées (10, 35). Ces résultats corroborent aussi l'idée que les coupes successives de l'appareil végétatif des *Poaceae* favorisent à chaque fois un nouveau départ des pousses basales (11).

Au moment du maximum du cycle de production (mars) et en conditions actuelles, c'est-à-dire végétation pâturée soumise à un feu tardif, l'herbage contenait 6 p. 100 de MAT. Des résultats similaires ont été obtenus dans la même zone d'étude et à la même période (35), par l'analyse des différents organes végétaux broyés préférentiellement par les animaux. Des valeurs comparables à celle de la présente étude ont été trouvées aussi dans le moyen ouest de Madagascar au moment de la montaison (période globalement comparable à la présente étude) (18). Etant donné qu'un fourrage contenant moins de 7 p. 100 de MAT est un fourrage pauvre

Tableau V

Valeur pastorale des parcours en fonction des différents traitements pour les trois années d'observation

Année	1998	1999	2000
Non pâturé			
Non brûlé	93,6	90,5	84,3
Feu précoce		75,9	88,7
Feu tardif	93	87,8	90,8
Pâturé			
Non brûlé	93,5	82,8	76,1
Feu précoce		82,1	85,8
Feu tardif	93	74,9	81,5

Tableau VI

Variations des paramètres de valeur fourragère en fonction des traitements feu et pâturage après la deuxième année d'expérimentation (mi-mars 1999)

	Cendres (% MS)	MAT (% MS)	Cellulose (% MS)	MAD (/kg MS)	UF (/kg MS)	Rapport nutritionnel
Non pâturé						
Non brûlé	6,15 ^A	4,21 ^A	40,71 ^A	3,93 ^A	0,44 ^A	8,9 ^A
Feu précoce	9,73 ^B	5,26 ^B	39,88 ^A	13,71 ^B	0,42 ^A	32,6 ^B
Feu tardif	8,19 ^C	5,04 ^{AB}	39,62 ^A	11,62 ^{AB}	0,43 ^A	27,0 ^{AB}
Pâturé						
Non brûlé	8,80 ^a	6,03 ^a	37,81 ^b	20,80 ^a	0,46 ^b	45,2 ^a
Feu précoce	12,17 ^b	7,87 ^b	34,21 ^b	37,89 ^b	0,52 ^b	72,8 ^b
Feu tardif	9,66 ^c	6,11 ^{ab}	36,71 ^b	21,59 ^{ab}	0,48 ^b	45,0 ^{ab}
Probabilité						
Théorique	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Feu	0,00 HS	0,00 HS	0,22 NS	0,00 HS	0,67 NS	0,00 HS
Pâturage	0,00 HS	0,00 HS	0,00 HS	0,00 HS	0,01 S	0,02 S
Interaction	0,64 NS	0,21 NS	0,40 NS	0,21 NS	0,21 NS	0,41 NS

MS : matière sèche ; MAT : matière azotée ; MAD : matière azotée digestible totale ; UF : unité fourragère

Les moyennes suivies de mêmes lettres sont statistiquement homogènes au seuil de $p < 0,05$

NS : non significatif ; S : significatif ; HS : très significatif

(21), on peut dire que la savane à *Heteropogon contortus* est de faible qualité fourragère du moins au début de la floraison et de la fructification.

Ces valeurs étaient légèrement inférieures à celles enregistrées au Sahel (9 p. 100) (6) et largement inférieures à celles enregistrées à la Mare d'Oursi au Burkina Faso (11 à 15 p. 100) (8, 20) au même stade phénologique. Cette différence est explicable par la dominance de thérophytes, essentiellement des *Poaceae* et des *Leguminosae* à la Mare d'Oursi, par opposition à la présente formation à *Heteropogon contortus* dominée par des pérennes à forte proportion de matières mortes et de thérophytes à faible indice de qualité spécifique.

Comme le rapport nutritionnel a été globalement faible (entre 9 et 72 suivant les traitements), les pâturages ont donc été médiocres. Ceci est explicable par le fait que la mesure a été effectuée à un stade phénologique relativement avancé (mi-mars). Des valeurs plus élevées (rapport nutritionnel = 109) ont été enregistrées sur ces mêmes parcours en pleine période de croissance végétative (décembre-janvier) (35). Ces résultats corroborent le fait que le rapport nutritionnel décroît rapidement en fonction de l'avancée de la phénologie (8).

CONCLUSION

Les effets du feu et du pâturage sur la valeur pastorale ont été opposés. Le feu a augmenté la valeur pastorale des herbages tandis que le pâturage l'a diminuée. Les variations observées dépendaient surtout de la proportion des *Poaceae*. Pour la valeur fourragère, le feu a augmenté les teneurs en cendres et en matières azotées qu'aient été les conditions de pâturage. De même, le pâturage a amélioré l'ensemble des paramètres de la valeur fourragère des herbages. Compte tenu du fait que le feu précoce améliore la qualité des herbages par les repousses qu'il provoque au cours de la

saison sèche (riches en azote), et la charge n'est pas limitante dans le secteur d'étude, l'éleveur pratiquera ce type de feu.

Les résultats obtenus par les analyses bromatologiques ont permis de conclure que la valeur fourragère des savanes à *Heteropogon contortus* était faible, impliquant une nécessaire complémentation azotée. C'est l'exploitation des ressources complémentaires dues à la diversité des biotopes *sensu lato* (forêts, milieux humides) qui permettrait au bétail de maintenir dans sa ration un niveau satisfaisant de matières azotées. Au vu de ces résultats, ce travail peut contribuer à l'orientation de recherches plus appliquées, visant à l'utilisation rationnelle des ressources pastorales, non seulement dans le sud-ouest de Madagascar, mais également dans d'autres écosystèmes très comparables.

BIBLIOGRAPHIE

- AKPO L.E., BANOIN M., GROUZIS M., 2003. Effet de l'arbre sur la production et la qualité fourragères de la végétation herbacée : bilan pastoral en milieu sahélien. *Revue Méd. vét.*, **154** : 619-628.
- AKPO L.E., GROUZIS M., BA A.T., 1995. L'arbre et l'herbe en Sahel : effets de l'arbre sur la composition chimique des pâturages naturels du Nord-Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Revue Méd. vét.*, **146** : 663-670.
- AKPO L.E., GROUZIS M., 2000. Valeur pastorale des herbages en région soudanienne : le cas des parcours sahéliens du Nord-Sénégal. *Tropicicultura*, **18** : 1-8.
- AKPO L.E., MASSE D., GROUZIS M., 2002. Durée de jachère et valeur pastorale de la végétation herbacée en zone soudanienne au Sénégal. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **55** : 275-283.
- BOSSER J., 1969. Graminées des pâturages et des cultures à Madagascar. Paris, France, Orstom, 440 p. (Mémoire n° 35)

6. BOUDET G., 1978. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Maisons-Alfort, France, Lemvt, 258 p. (Manuel et précis d'élevage n° 4)
7. BREMAN H., CISSE A.M., 1977. Dynamic of Sahelian pastures in relation to drought and grazing. *Ecologia*, **28**: 301-315.
8. CLAUDE J., GROUZIS M., MILLEVILLE P., 1991. Un espace sahélien : la mare d'Oursi, Burkina Faso. Paris, France, Orstom, 239 p.
9. CORNET A., 1974. Essai cartographique bioclimatique à Madagascar. Paris, France, Orstom. (Notice explicative n° 55)
10. DAGET P., GODRON M., 1995. Pastoralisme. Troupeaux, espaces et sociétés. Paris, France, Hatier, Aupelf-Uref, 510 p.
11. DAGET P., POISSONNET J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application. *Ann. Agron.*, **22** : 5-41.
12. DAUGET J.M., MENAUT J.-C., 1992. Evolution sur 20 ans d'une parcelle de savane boisée non protégée du feu dans la Réserve de Lamto (Côte d'Ivoire). *Candollea*, **47** : 621-630.
13. DEMARQUILLY C., WEISS P., 1970. Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages. Versailles, France, Inra, **42** : 64 p.
14. DEMBELE F., 1996. Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jachères en zone soudanienne-nord. Cas des jeunes jachères du terroir de Missira (Cercle de Kolokani), Mali. Bamako, Mali, Institut d'économie rurale / Montpellier, France, Cnrs-Cefé, 179 p.
15. DIJKSTRA N.D., 1957. Research into the digestibility and feeding value of some grass species and grass of leys. *Versl. Landbouwk. Onderz.*, **1** : 63 p.
16. FOFIFA, 1997. Un système agro-écologique dominé par le Tavy : la région de Beforona, falaise est de Madagascar. *Cah. Terre-Tany*, **6** : 153 p.
17. FOFIFA, ANAE, CIRAD, 1997. Bilan et évaluation des travaux et réalisation en matière de conservation des sols à Madagascar. Atlas des cartes. Montpellier, France, Cirad-CA, 5 p.
18. GRANIER P., 1974. Synthèse des travaux du service d'agrostologie (1963-1973). Région de recherches de Madagascar. Paris, France, Orstom, 73 p.
19. GRANIER P., CABANIS Y., 1976. Les feux courants et l'élevage en savane soudanienne. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **29** : 267-275.
20. GROUZIS M., 1988. Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina faso). Paris, France, Orstom, 336 p. (Coll. Etudes et thèses)
21. GUERIN H., 1999. Valeur alimentaire des fourrages cultivés. In : Roberge G., Toutain B., eds, Cultures fourragères tropicales. Montpellier, France, Cirad, p. 93-145. (Coll. Repères)
22. KOEHLIN J., GUILLAUMET J.-L., MORAT P., 1974. Flore et végétation de Madagascar. Vaduz, Germany, Gantner Verlag, 687 p.
23. LASRY F., GROUZIS M., MILLEVILLE P., RAZANAKA S., 2004. Dynamique de la déforestation et agriculture pionnière dans le sud-ouest de Madagascar : exploitation diachronique de l'imagerie satellitale haute résolution. *Photo interpretation* (1) : 26-47.
24. LE FLOC'H E., DEMBELE F., YOSSE H., 2000. Succession et diversité floristique des jeunes jachères. Influence du feu et du pâturage (zone soudanienne nord du Mali). In : Floret C., Pontanier R., eds, Actes sémin. int. La jachère en Afrique tropicale : rôles, aménagement, alternatives, Dakar, Sénégal. Paris, France, John Libbey Eurotext, vol. 1, p. 415-421.
25. LEPRUN J.-C., 2000. Compte-rendu de mission. Antananarivo, Madagascar, Orstom-Cnre, 8 p.
26. MITJA D., 1992. Influence de la culture itinérante sur la végétation d'une savane humide de Côte d'Ivoire (Booro-Borotow-Touba). Paris, France, Orstom, 270 p. (Coll. Etudes et thèses)
27. MONNIER Y., 1968. Les effets des feux de brousse sur une savane préforestière de Côte d'Ivoire. *Etud. Eburnéennes*, **9** : 268 p.
28. MONNIER Y., 1990. La poussière et la cendre : paysage, dynamique des formations végétales et stratégies des sociétés en Afrique de l'Ouest, 2^e éd. Paris, France, ministère de la Coopération et du Développement, 264 p.
29. MORAT P., 1973. Les savanes du sud-ouest de Madagascar. Paris, France, Orstom, 235 p. (Mémoires n° 68)
30. OLDEMAN L.R., 1991. An agroclimatic characterization of Madagascar. Wageningen, The Netherlands, ISRIC, 64 p. (Technical Paper 21)
31. ONE, INSTAT, 1994. Rapport sur l'état de l'environnement à Madagascar. Antananarivo, Madagascar, Pnud / Banque mondiale, 208 p.
32. ORSTOM, DMH, CNRE, 1995. Banque de données pluviométriques de Madagascar. Antananarivo, Madagascar, Orstom.
33. PFUND J.-L., BRAND J., RAVOAVY L., RAZAFINTSALAMA V., 1997. Culture sur brûlis : bilan de nutriments et successions écologiques. *Cah. Terre-Tany* (6) : 68-88.
34. RAKOTOARIMANANA V., 2002. Feu, pâturage et dynamique des savanes à *Heteropogon contortus* (L.) P. Beauv. ex Roem. et Schult. dans le sud-ouest de Madagascar (région de Sakaraha). Thèse 3^e cycle, Université d'Antananarivo, Madagascar, 177 p.
35. RANAIVOARIVELO N., 2002. Elevage bovin et exploitation d'un espace agropastoral dans le sud-ouest de Madagascar (région de Sakaraha). Thèse, Université de Strasbourg, France, 259 p.
36. RAVAOARINIVO N.H., 1998. Impacts des feux de végétation sur les faciès forestiers dans la région de Beparasy. DEA, faculté des Sciences, Université de Tananarive, Madagascar, 62 p.
37. RAZANAKA S., GROUZIS M., MILLEVILLE P., MOIZO B., AUBRY C., eds, 2001. In : Actes atelier Sociétés paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques dans le sud-ouest de Madagascar, Antananarivo, 8-10 nov. 1999. Antananarivo, Madagascar, Cnre-IRD, 400 p.
38. SOURDAT M., 1977. Le sud-ouest de Madagascar. Morphogénèse et pédogénèse. Paris, France, Orstom, 212 p.

Reçu le 02.02.2006, accepté le 18.07.2008

Summary

Rakotoarimanana V., Grouzis M. Short Term Effects of Burning and Grazing on the Forage Quality of a *Heteropogon contortus*-Dominated Savanna in the Southwest of Madagascar

An experimental study of the effects of burning and grazing was carried out in Sakaraha area (SW Madagascar). The objectives were to evaluate the combined or separate effects of burning and grazing on the forage quality of a *Heteropogon contortus*- and *Poupartia caffra*-dominated savanna. Three burning treatments (no burning, early burning and late burning) and two grazing treatments (grazed, ungrazed) were compared. The forage quality was assessed by studying the grazing value and the forage value. A diachronic study showed (a) burning increased the pasture value and grazing decreased it, (b) burning and grazing could increase the rates of forage value parameters. Both index values (pasture and forage values) had overall the same evolution after burning.

Keywords: *Heteropogon contortus* – Savanna – Fire ecology – Grazing – Madagascar.

Resumen

Rakotoarimanana V., Grouzis M. Efectos a corto plazo del fuego y del pastoreo sobre la calidad forrajera en una sabana de *Heteropogon contortus* en el sud oeste de Madagascar

Se llevó a cabo un estudio experimental sobre el papel del fuego y del pastoreo en la región de Sakaraha (sur oeste de Madagascar). El objetivo fue el de evaluar los efectos conjuntos o separados del fuego aplicado según diferentes modalidades (sin fuego, fuego precoz, fuego tardío) y del pastoreo (pastoreo o no) sobre la evolución de la calidad del forraje en una sabana de *Heteropogon contortus* y *Pourpartia caffra*. La apreciación de esta calidad forrajera se realizó estudiando el valor pastoril y el valor forrajero. Un estudio diacrónico permitió demostrar (a) un aumento del valor pastoril mediante los fuegos y una disminución de este a través del pastoreo, (b) un aumento del contenido del conjunto de los parámetros de valor forrajero de los pastos en función de los fuegos y del pastoreo. El valor pastoril y el valor forrajero de esta sabana son dos índices que, bajo la influencia del fuego, evolucionan generalmente en el mismo sentido.

Palabras clave: *Heteropogon contortus* – Sabana – Ecología del fuego – Pastoreo – Madagascar.

Performances zootechniques et pratiques des éleveurs en élevage bovin naisseur à la Réunion

J.P. Choisis^{1,2*} C. Lassalle¹

S. Messad³ P. Grimaud^{1,3}

Mots-clés

Bovin – Vache allaitante – Conduite d'élevage – Performance animale – Analyse multivariée – Réunion.

Résumé

A la Réunion, l'insularité et la petite dimension des exploitations font que l'amélioration de la productivité dans les élevages bovins passe par un accroissement de la maîtrise technique. Afin d'analyser les relations entre les pratiques de conduite et les performances animales, dix élevages bovins naisseurs situés dans les Hauts de la Réunion ont fait l'objet d'un suivi de 1999 à 2002. Les données collectées ont été organisées en trois tableaux composés respectivement de 4, 8 et 3 variables : les performances animales (intervalle vêlage-vêlage, taux de mise bas, poids à âge type, production bovine de viande vive), les pratiques (temps de présence à l'hectare et par parcelle, temps d'interpassage, taille des parcelles, chargement, complémentation des broutards et des vaches, taux de réforme) et le milieu (pluviométrie, volume d'herbe, état corporel des vaches). Les deux premiers tableaux ont été soumis à une analyse de co-inertie afin d'analyser les relations entre performances zootechniques et pratiques des éleveurs. Les deux tableaux étaient significativement corrélés et les résultats de l'analyse de co-inertie ont été interprétés à l'échelle de chaque exploitation. Au-delà de contraintes spécifiques, ils ont révélé des proximités entre exploitations et entre modes de conduite fondés sur des stratégies variées en cohérence avec les performances observées. Une analyse Statico a été réalisée afin d'évaluer la liaison entre les paramètres de performances et ceux du milieu pour les quatre années étudiées. Elle a montré qu'il existait une costructure stable entre les tableaux milieu et performances, suggérant un effet très structurant des pratiques sur les performances et l'existence de régulations du système qui modèrent les effets du climat.

■ INTRODUCTION

A la Réunion, l'élevage bovin « conventionnel » est une activité récente. La filière allaitante s'est structurée en quelques décennies selon un modèle biogéographique original : les troupeaux naisseurs se sont installés dans les Hauts de l'île où les animaux sont conduits au pâturage, tandis que les broutards issus de ces élevages sont vendus vers l'âge de dix mois à des ateliers d'engraissement situés dans les Bas où ils sont finis à l'auge. L'élevage naisseur,

qualifié de professionnel, représente plus de 11 000 femelles de plus de huit mois, réparties dans 422 élevages⁴ essentiellement situés dans les Hauts de l'Ouest et à la Plaine des Cafres (figure 1). Avec le développement de la filière, les éleveurs et leurs services d'appui, soucieux d'améliorer les performances zootechniques, se sont beaucoup inspirés des modèles d'élevage métropolitains en important des animaux, de races Limousine et Blonde d'Aquitaine majoritairement, des équipements et des techniques. Ces choix techniques se sont traduits par une évolution notable de la production de viande qui est passée de 800 à 1 800 t équivalent carcasse en 30 ans. Toutefois, si les performances de croissance en atelier d'engraissement se sont rapidement améliorées avec la maîtrise des techniques de rationnement, les performances des élevages naisseurs restent très hétérogènes et encore très en deçà de leurs

1. Cirad, Pôle élevage, St Pierre, F-97410 la Réunion.

2. Inra UMR 1201, Castanet -Tolosan, F-31326 France.

3. Cirad, UPR Systèmes d'élevage, Montpellier, F-34398 France.

Auteur pour la correspondance

* Inra, UMR 1201 Dynafor, Castanet-Tolosan, F-31326 France.

Tél. : +33 (0)5 61 28 55 60 ; fax : +33 (0)5 61 28 54 11

E-mail : jean-philippe.choisis@toulouse.inra.fr

⁴ Déclaration auprès du ministère de l'Agriculture et de la Pêche

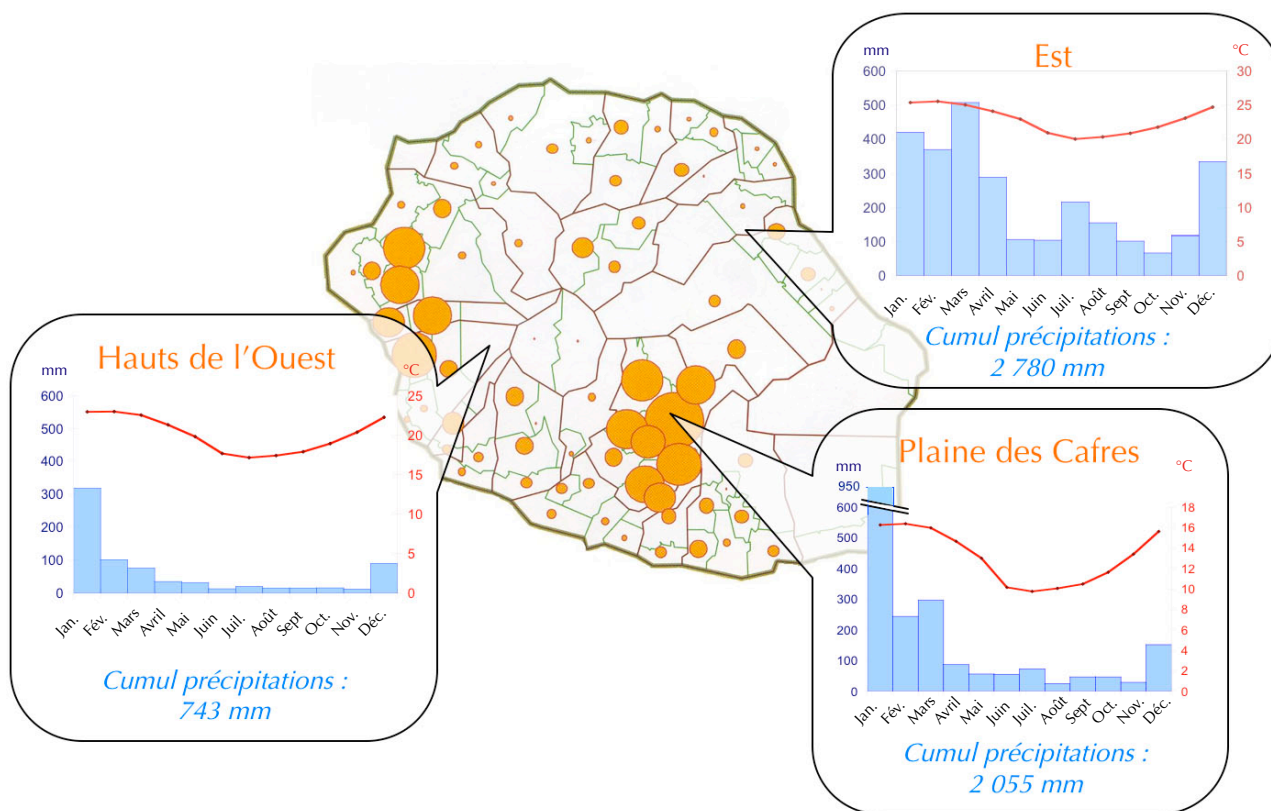


Figure 1 : pluviométrie et température mensuelles pour trois zones géographiques de la Réunion (moyennes calculées sur les années 1999-2002) et carte de répartition des effectif de vaches allaitantes. Source : recensement général agricole, 2000.

homologues métropolitains : l'indice de productivité moyen, calculé à partir de 32 élevages naisseurs en 2001, était proche de 220 kg de viande vive produite annuellement par vache présente (14), alors que les réseaux d'élevage français atteignent des valeurs moyennes supérieures à 360 kg par vache (13).

Si les contraintes de milieu particulières de la Réunion peuvent justifier d'une moindre productivité, on observe des différences notables entre exploitations qui laissent augurer des marges de progrès encore importantes. Selon les types d'exploitation, l'indice de productivité a varié entre 180 kg et 273 kg avec des variations de 1 à 3 entre exploitations extrêmes (14). Cette hétérogénéité des performances entre exploitations peut être en partie reliée au fait qu'au-delà du matériel animal et des techniques, c'est aussi le métier d'éleveur qui est en cours de construction. De ses choix en termes d'orientation des systèmes techniques et de conseil dépendra l'amélioration des performances économiques de son exploitation. Ainsi, l'agrandissement des exploitations et l'extensification, qui sont les tendances qui prévalent en Europe, ne sont pas socialement acceptables à la Réunion du fait de l'exiguïté de l'île et du contexte de chômage élevé (4). L'emploi étant une priorité locale, le maintien des exploitations existantes, voire l'installation de jeunes exploitants sont des objectifs affichés. La marge de manœuvre est donc relativement étroite et l'amélioration de la productivité passe, selon un constat partagé par les acteurs techniques de la filière, par un accroissement de la maîtrise technique et, pour les élevages naisseurs en particulier, par une gestion plus fine de la ressource en herbe. D'où la nécessité de produire des références afin d'adapter le conseil technique aux contraintes spécifiques de la Réunion.

Cet objectif passe par la mise en œuvre de dispositifs de suivi des exploitations. La mesure des performances et l'enregistrement des pratiques des éleveurs sont censés permettre l'identification des

« bonnes pratiques », c'est-à-dire celles qui conduisent à l'expression des meilleurs résultats dans un champ de contraintes donné. Une finalité souvent exprimée est de tirer des enseignements des élevages les plus performants. Ces bonnes pratiques ne sont toutefois pas simples à identifier, car, au-delà des contraintes spécifiques (climatiques, topographiques, etc.) qui sont souvent mises en avant par les éleveurs, ce sont aussi les stratégies personnelles qui les conditionnent (réduire les dépenses, maximiser les primes, travailler à l'extérieur, dégager du temps libre, etc.). La diversité des contextes de production et des stratégies rend toute généralisation des résultats très délicate et soulève le problème des critères d'évaluation des performances de l'exploitation. Ces critères doivent permettre d'appréhender l'ensemble des stratégies mises en œuvre par les éleveurs (priorité à l'utilisation des surfaces, aux performances individuelles...).

L'objectif de la présente étude a été de faire le lien entre les pratiques de conduite de troupeaux bovins allaitants, en matière de gestion du pâturage en particulier, et les performances zootechniques obtenues.

■ MATERIEL ET METHODES

Contexte de suivi des exploitations

Un suivi des pratiques et des performances animales a été mis en œuvre, de 1999 à 2002, sur dix élevages naisseurs situés dans les Hauts de la Réunion. Il s'est inscrit dans la continuité des travaux de recherche menés au début des années 1990 sur l'agroécologie des pâturages à la Réunion (1), selon un dispositif résultant d'une collaboration entre l'Union des associations foncières pastorales (Uafp), l'Établissement départemental de l'élevage (EDE), la société coopérative Sica Réunion viande (SicaRévia) et le Pôle

élevage du Cirad à la Réunion (21). L'objectif était d'analyser les performances des troupeaux au regard des pratiques et des stratégies développées par les éleveurs. Le suivi s'est fondé sur un passage trimestriel dans les exploitations afin d'effectuer les mesures et prélèvements sur les animaux (pesée des broutards, notation d'état corporel et prises de sang sur les vaches) et sur les parcelles (hauteurs d'herbe). Ces données ont été complétées par les inventaires et les mouvements d'animaux fournis par l'EDE, et par des entretiens avec les éleveurs sur les pratiques mises en œuvre. Chaque éleveur avait également à sa charge de remplir un calendrier de pâturage contenant les informations sur la fertilisation des prairies, le rythme et l'ordre de rotation sur les parcelles et la complémentation distribuée par lot d'animaux.

Parmi les dix éleveurs suivis, cinq étaient situés à la Plaine des Cafres, quatre dans les Hauts de l'Ouest et un dans l'Est. Dans l'Est la pluviométrie très importante entraîne des problèmes de parasitisme et de dégradation rapide des prairies. En revanche, les deux autres régions sont confrontées à une saisonnalité marquée de la pluviométrie : l'hiver se caractérise par une sécheresse qui est plus prononcée dans les Hauts de l'Ouest, où la pousse de l'herbe en saison fraîche sèche (SS) est réduite, tandis que la pluie tombe en abondance pendant la saison humide (SH), surtout au mois de janvier (figure 1).

Les exploitations suivies ont été sélectionnées parmi les élevages naisseurs au pâturage mettant en œuvre des pratiques de fertilisation et de rotation de prairies, et inscrits dans des réseaux techniques. En conséquence, ils n'étaient pas représentatifs de la diversité des systèmes d'élevage à la Réunion et leurs performances étaient globalement supérieures à la moyenne des élevages adhérents à la SicaRévia. L'échantillon ne comptait que des exploitations de taille moyenne à grande, avec une surface fourragère principale comprise entre 25 et 75 ha et un nombre de vaches allaitantes compris entre 42 et 69. Le chargement moyen a varié de 0,8 à 2,5 UGB/ha (tableau I).

Données collectées

Les données recueillies au cours du suivi ont été classées en trois catégories. Le premier jeu de données était constitué par les performances zootechniques des exploitations, individuelles [gains moyens quotidiens (Gmq), poids à âge type (Pat), intervalle vêlage-vêlage (Ivv)] et globales [taux de mise bas, taux de mortalité,

production bovine de viande vive (Pbv)]. Ce dernier paramètre, utilisé dans les réseaux d'élevage français, a permis de disposer d'une vision synthétique des performances de l'exploitation (18). La Pbv correspondait, dans la présente étude, à la production de l'année de viande de broutards mâles et femelles sur pied, estimée à partir des courbes de croissance. Un deuxième jeu de données a concerné les pratiques des éleveurs : temps de présence des animaux et temps de repos des parcelles, chargement à l'hectare, complémentation des animaux, fertilisation des parcelles, taux de réforme du troupeau. Enfin, pour le troisième, certaines variables indicatrices de l'état du système ont été relevées : hauteurs et bio-volumes d'herbe par saison, notes d'état corporel des vaches allaitantes, pluviométrie.

Analyses statistiques

L'exploitation statistique des données s'est faite d'après un choix des variables basé sur des critères de pertinence, de non-redondance (Gmq et Pat, par exemple, fournissent la même information) et d'exhaustivité des données. Certaines informations incomplètes, comme la fertilisation, n'ont ainsi pas été retenues. Ces différentes variables sont présentées dans le tableau II. Les associations entre performances zootechniques et pratiques d'élevage ont été étudiées par la méthode d'analyse de co-inertie (6). Les tableaux des performances et des pratiques ont été pris en compte par la co-inertie de manière symétrique, l'un n'étant pas considéré explicatif de l'autre. Cela est compensé par la résistance de la méthode aux conditions de colinéarité entre variables et de nombre d'individus nécessairement important dans le cadre des analyses à couplage dissymétrique où un tableau est considéré explicitement comme prédicteur de l'autre (3). Le coefficient RV de corrélation vectorielle (16) et le test de signification de Monte-Carlo basé sur des permutations aléatoires des individus ont permis de juger de la liaison globale entre les deux tableaux de paramètres. Par ailleurs, les conditions climatiques, qui apparaissent extrêmement variables entre années, ont souvent été mises en avant par les éleveurs pour justifier de difficultés particulières. Une analyse complémentaire a donc été conduite pour apprécier la stabilité temporelle du lien probable entre les performances des exploitations et le milieu selon la méthode Statico (19). Elle a fourni une représentation « compromis », appelée également costructure moyenne, entre les différentes années. Ces analyses ont été réalisées à l'aide de Ade4 Package (2, 7, 20) sous l'environnement R (15).

Tableau I

Principales caractéristiques des dix élevages suivis

Éleveur	Localisation	Activité	SFP (ha)	Nb. de vaches	Nb. d'UGB	Chargement (UGB/ha)
AR	Est	Naisseur - engraisseur	37	62	91	2,46
BE	Plaine des Cafres	Naisseur - engraisseur	72	62	87	1,21
BO	Hauts de l'Ouest	Naisseur	60	55	60	1,01
CO	Plaine des Cafres	Naisseur	38	48	59	1,55
FO	Hauts de l'Ouest	Naisseur	25	53	64	2,55
GA	Hauts de l'Ouest	Naisseur	29	45	50	1,72
HO	Hauts de l'Ouest	Naisseur	75	52	64	0,85
OD	Plaine des Cafres	Naisseur	66	42	52	0,79
PA	Plaine des Cafres	Naisseur	55	69	82	1,49
PI	Plaine des Cafres	Naisseur - sélectionneur	60	53	62	1,05

SFP : surface fourragère principale

Tableau II

Variables retenues pour l'analyse de co-inertie et valeurs moyennes et dispersion des indicateurs de performances et de pratiques

Tableau	Variables		Moy.	Min.	Max.	Ecart-type	CV (%)
Performances	Intervalle vêlage-vêlage	Ivv (j)	374,6	351,7	423,7	26,7	7,1
	Taux de mise bas	Mb (%)	80,6	58,3	94,8	13,0	16,1
	Poids à âge type 120 jours pour les mâles	P120m (kg)	149,0	121,2	180,1	21,5	14,4
	Production bovine de viande vive ramenée à l'ha de surface fourragère	Pbvvh (kg)	274,8	150,3	397,9	92,0	33,5
Pratiques	Nb. moyen de jours de présence à l'ha	Jp (j)	8,0	0,8	29,4	8,8	109,9
	Taille moyenne des parcelles	Parc (ha)	2,8	1,1	5,4	1,8	64,1
	Temps d'interpassage moyen de la rotation	Ti (j)	74,5	37,5	148,0	35,9	48,2
	Temps de présence moyen des animaux sur les parcelles	Tp (j)	15,6	2,7	49,0	14,9	95,5
	Chargement surface fourragère	UGB (UGB/ha)	1,5	0,8	2,6	0,6	42,6
	Complémentation des broutards	Cbrou (UF/an)	434,2	0,0	857,5	270,0	62,2
	Complémentation des vaches allaitantes	Cva (UF/an)	741,9	46,0	1527,1	429,7	57,9
	Taux de réforme	Ref (%)	11,3	4,7	17,7	4,4	39,4

■ RESSOURCES ANIMALES

■ RESULTATS

Indicateurs de performances et de pratiques des éleveurs dans les exploitations

Les valeurs des différentes variables apparaissent dans le tableau II, où chaque exploitation est représentée par sa valeur moyenne sur les années du suivi. Malgré une certaine homogénéité de l'échantillon, les performances zootechniques tout comme les critères d'appréciation des pratiques ont montré une grande dispersion.

Relations entre performances zootechniques et pratiques d'élevage

L'analyse de co-inertie a montré une corrélation significative entre le tableau des performances zootechniques et celui des pratiques des éleveurs (coefficient RV de 0,52 ; test de permutation de Monte-Carlo significatif). Les deux premiers axes de cette analyse représentaient respectivement 80,7 et 18,4 p. 100 de la co-inertie. La projection des individus sur le plan 1-2 (figure 2) a montré, d'une part, une relative superposition entre les projections dérivées des pratiques et des performances et, d'autre part, des proximités entre exploitations, suggérant des caractéristiques proches. La projection des variables de performances (figure 3a) a permis de préciser que l'axe 1 était fortement lié aux performances individuelles (Ivv, taux de mise bas et P120m), alors que la production globale à l'hectare (Pbvvh/ha) discriminait l'axe 2. La lecture du plan composé par les variables de pratiques (figure 3b) a montré le poids des variables qui mesuraient l'utilisation dans le temps de ces parcelles (Jp, Ti, Tp), alors que la taille de ces parcelles (Parc) intervenait peu. Le chargement (UGB) et la complémentation des

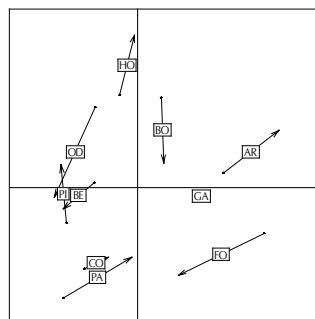


Figure 2 : projection des exploitations sur le plan 1-2 de l'analyse de co-inertie. L'origine et la pointe de la flèche représentent respectivement leur position vis-à-vis des performances et des pratiques. La longueur du segment est proportionnelle à l'adéquation des deux thèmes pour décrire l'exploitation.

vaches (Cva) ont fortement contribué, dans le même sens, à l'axe 2 (figure 3b), alors que les pratiques de complémentation des vaches et des broutards n'ont pas semblé reliées. Enfin, le rapprochement des deux projections (figures 3a et 3b) a mis en évidence les relations qui existaient entre (i) chargement / complémentation des vaches et productivité globale, (ii) complémentation des broutards et leurs performances de croissance, (iii) âge de réforme et performances individuelles, et (iv) rythme de rotation des parcelles et performances zootechniques, individuelles et globales.

Analyse individuelle des exploitations

La petite dimension de l'échantillon a permis une analyse individuelle des exploitations à partir de leur projection sur le plan de co-inertie (figure 2). Les six groupes suivants ont été distingués : – éleveurs CO et PA, qui ont obtenu de bonnes performances individuelles (Pat à 120 jours de l'ordre de 170 kg et Ivv de 354 jours)

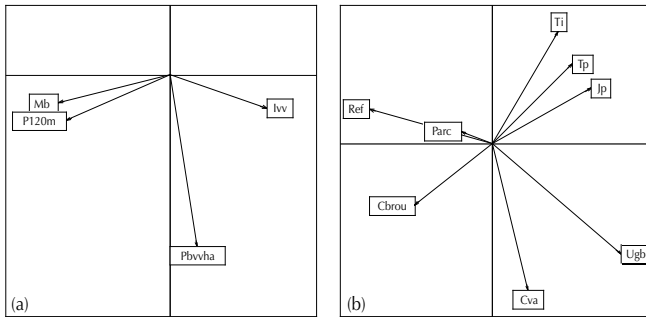


Figure 3 : projection des variables de performances (a) et de pratiques (b) sur le plan de co-inertie 1-2. Mb : taux de mise bas ; P120m : poids à âge type 120 jours pour les mâles ; Ivv : intervalle vêlage-vêlage ; Pbvva/ha : production bovine de viande vive ramenée à l'ha de surface fourragère ; Ref : taux de réforme ; Parc : taille moyenne des parcelles ; Ti : temps d'interpassage moyen de la rotation ; Tp : temps de présence moyen des animaux sur les parcelles ; Jp : nb. moyen de jours de présence à l'ha ; Cbroo / Cva : complémentation des broutards / des vaches allaitantes ; Ugb : chargement en Ugb/ha de surface fourragère.

et globales (375-398 kg/ha). Dans ces deux exploitations, le chargement moyen a été de 1,5 UGB/ha et les broutards et les vaches ont été complétés de manière très soutenue. Leur système de rotation était rapide (temps d'interpassage de 45 à 60 j) avec des temps de présence assez courts (6-10 j). Il en a résulté des volumes d'herbe disponibles (Vhd) par UGB identiques : environ 700 m³ en SS et 970 m³ en SH, et une note d'état corporel à la mise bas supérieure ou égale à 2 ;

– éleveurs BE et PI, assez proches des précédents au niveau des performances individuelles. Leur gestion de la ressource fourragère et de la complémentation des broutards a été similaire, mais les parcelles ont été de plus grande taille (environ 5 ha vs 1,5 à 2 ha pour les précédents) et la durée de présence moyenne par hectare a donc été plus faible (de 0,8 à 1,6 j). Ils ont présenté de moins bonnes performances à l'hectare (260-289 kg/ha), en raison d'un chargement plus faible (1 à 1,2 UGB/ha) et d'une complémentation moins forte des vaches. Avec un chargement de 1 UGB/ha, le disponible fourrager de PI a été élevé et les Vhd importants ont peu varié entre les saisons (1 359 vs 1 255 m³). Cette abondance fourragère s'est traduite par la note d'état corporel la plus élevée (2,4) pour ses vaches qui n'ont reçu qu'une complémentation minimale. C'est également l'éleveur qui a eu les performances de croissance les plus élevées. Sa logique économique visait à faire exprimer le maximum du potentiel de croissance car il vendait des animaux reproducteurs à plus haute valeur ajoutée ;

– éleveur OD ; il se situait également dans la fourchette supérieure des performances individuelles mais sa productivité globale a été beaucoup plus faible (162 kg/ha) du fait d'une conduite très extensive (0,8 UGB/ha). En revanche, ses pratiques ont été proches des précédentes avec un rythme de rotation rapide [temps de présence moyen des animaux sur les parcelles (Tp) de 2,7 j] et une complémentation des broutards élevée. Le faible chargement et la petite dimension des parcelles (1 ha) ont fait que les temps d'interpassage (Ti) étaient longs (67 j). Comme pour les quatre éleveurs précédents, son exploitation était située à la Plaine des Cafres ;

– éleveurs HO et BO ; les performances individuelles moyennes, combinées à un faible chargement (0,8 à 1 UGB/ha) ont abouti aux plus faibles Pbvva. HO avait une conduite simplifiée des lots avec des temps de présence très longs (34 j) sur de grandes parcelles (> 5 ha). Cela a abouti à des Ti très longs (148 j). C'était le seul éleveur qui ne complémentait pas ses broutards, ce qu'il justifiait par une forte disponibilité en herbe (2 400 m³ en SH et 1 800 m³ en SS). BO avait un rythme de rotation intermédiaire entre HO et les éleveurs de la Plaine des Cafres (Tp de 16 j). Il complémentait les vaches et les broutards mais à un niveau inférieur aux éleveurs de cette zone. Sa gestion extensive le situait à des niveaux de disponibilité de l'herbe élevés (1 200 m³ en SH et 900 m³ en SS) ;

– éleveur GA ; il a présenté des performances individuelles identiques à BO, mais un chargement distinct a empêché qu'ils figurent à proximité sur le tableau des performances : celui de GA était

beaucoup plus élevé (1,7 vs 1 UGB/ha), conduisant à une productivité à l'hectare plus élevée (291 kg/ha). Ils ont été, en revanche, proches sur le tableau des pratiques, en raison d'une conduite des lots similaire (Tp de 16 j), avec des parcelles de taille peu différente (1 vs 1,6 ha), d'où des Jp assez élevés (11-15 j) et des niveaux de complémentation voisins. Cependant, le chargement plus élevé chez GA s'est traduit par des Vhd beaucoup plus réduits (environ 400 m³/UGB) ;

– éleveurs AR et FO ; ils ont eu les performances individuelles les plus faibles (taux de mise bas et P120m de l'ordre de 0,6 et 120 kg). *A contrario*, ils ont eu le chargement le plus élevé (2,5 UGB/ha), ce qui leur a permis de compenser la faible productivité individuelle et d'atteindre une assez bonne performance globale (300-365 kg/ha). Ce fort chargement a conduit à d'assez faibles disponibilités fourragères (500-685 m³/UGB) bien qu'elles aient été supérieures à celles de GA avec des différences marquées entre saisons (bien moindre disponibilité en SS). La complémentation des vaches a été assez élevée afin de compenser partiellement cette moindre disponibilité. Le déficit fourrager s'est toutefois repercuté sur l'état des vaches (note d'état corporel la plus faible : 1,6-1,7) et sur les performances individuelles. Ces deux exploitations, assez proches dans la logique, et les performances étaient éloignées sur le plan des pratiques du fait d'une différence de gestion de la ressource, exprimée par des rythmes de rotation différents (49 vs 9 j, respectivement chez AR et FO).

Effet de l'année

Le test de Monte-Carlo, basé sur le critère d'inertie interannées, a montré qu'il existait un effet significatif de l'année sur le milieu ($p = 0,014$) mais pas sur les performances ($p = 0,6$). Les scores des tableaux - années, issus de l'analyse Statco, ont indiqué que toutes les années avaient participé de manière égale au compromis (figure 4). Il existait une costructure stable entre les tableaux milieu et performances, en particulier pour les années 1999, 2001 et 2002, projetées à proximité. La projection des individus sur le plan 1-2 pour les différentes années (figure 5) confirmait la stabilité de la costructure.

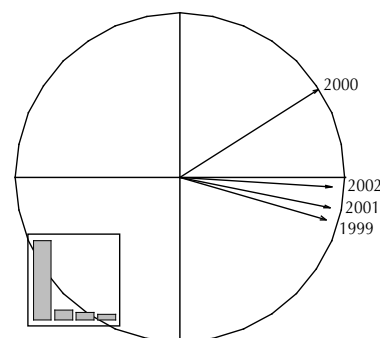


Figure 4 : scores des tableaux - années sur le plan 1-2 de l'analyse Statco qui réalise la synthèse de l'évolution du lien entre performances et milieu. En vignette, le diagramme des valeurs propres de l'analyse Statco.

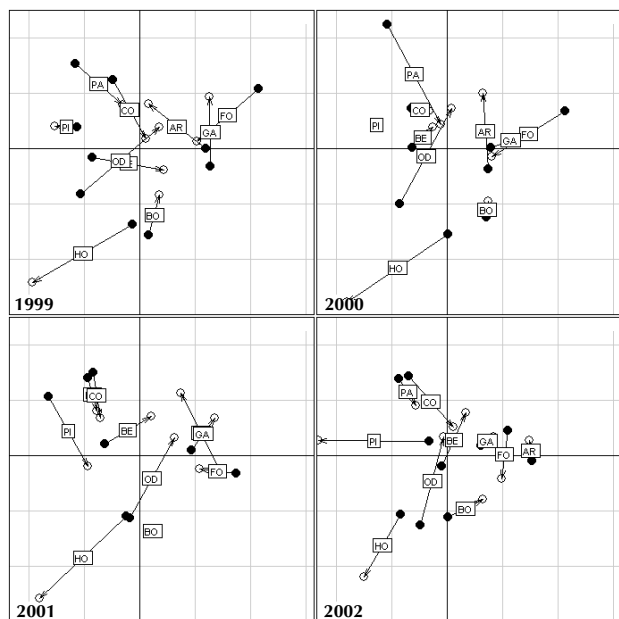


Figure 5 : représentation sur le plan 1-2 de l'analyse Statistico de la relation performances (point noir) et milieu (point blanc) entre 1999 et 2002 par exploitation.

■ DISCUSSION

Si le postulat fondateur de ces travaux, c'est-à-dire identifier les bonnes pratiques d'élevage, apparaît pertinent, en particulier aux yeux des conseillers, il comporte un risque implicite. Celui d'associer bonnes pratiques et performances zootechniques élevées. L'échantillon de l'étude, malgré sa petite taille, présentait une hétérogénéité des résultats techniques. Cette hétérogénéité n'était pas seulement liée aux conditions de milieu spécifiques mais aussi et surtout aux stratégies et pratiques mises en œuvre par les éleveurs.

Cette variabilité des pratiques attachées à la prairie et des systèmes qui leur sont liés est communément rencontrée dans les pays du Nord (22) comme dans ceux du Sud (12). A l'exemple de ces auteurs, les typologies réalisées conduisent à identifier différents niveaux d'intensification allant classiquement de systèmes dits traditionnels à intensifs. Il en était de même à la Réunion, où l'analyse fonctionnelle des systèmes d'alimentation a permis d'identifier différents niveaux d'intensification et de chargement (11).

Face à cette diversité, il n'existe pas de bonnes pratiques génériques et les conseils doivent être adaptés aux situations. C'est pour répondre à cette difficulté que Vivier (22) a proposé le concept de « paquet technique » qui recouvre un ensemble de bonnes pratiques adaptées à chaque système identifié.

Les éleveurs du présent suivi apportent des éléments de justification variés aux conduites et aux niveaux de chargement adoptés. Il s'agit de considérations liées (i) au climat et à la qualité de l'herbe (problème de piétinement et de dégradation de la prairie, chargement limité par la pousse de l'herbe...), (ii) aux coûts (accroître l'autonomie fourragère...) et (iii) au travail (simplifier la conduite...). Moins mise en avant, la valorisation économique de la production semble prépondérante. Elle apporte des éléments de compréhension aux pratiques des éleveurs précédemment décrites. Ainsi, la vente d'animaux reproducteurs à plus forte valeur ajoutée peut justifier un niveau de chargement plus réduit participant à maximiser les performances de reproduction et de croissance. Cette orientation s'accompagne d'un ensemble de pratiques cohérentes : élevage en race pure, taux de réforme plus élevé, rythme

de rotation plus rapide pour exploiter une herbe de meilleure qualité, complémentation élevée des brouardts, etc.

A l'opposé, les éleveurs qui produisent des brouardts destinés à l'engraissement ont tout intérêt à maximiser leur production globale. Ainsi, la production bovine de viande vive à l'hectare s'accroît avec le chargement, même si les performances zootechniques s'en trouvent affectées. Cette équation n'est toutefois vraie que jusqu'à un seuil de chargement qui dépend de la zone et des pratiques de complémentation. C'est ce que l'on peut percevoir de la relation établie sur les élevages suivis (figure 6). Toutefois, même si un chargement supérieur à 2 UGB/ha ne semble pas souhaitable d'un point de vue technique, il faut également tenir compte du fait que l'augmentation du cheptel de mères s'accompagne d'une augmentation du nombre d'animaux potentiellement primables. Des élevages ayant une moindre performance sur le plan technique peuvent donc être efficaces sur le plan économique.

A l'inverse des précédents éleveurs, ces derniers vont plutôt privilégier la rusticité (croisements) et rechercher des carrières de femelles longues (taux de réforme plus faible). La complémentation des vaches chez ces éleveurs se justifie moins en termes d'équilibre de ration que de tentative de combler le déficit fourrager. La note d'état corporel plus faible mesurée sur les vaches de ces élevages traduit ce phénomène.

Dans la réalité, les éleveurs se positionnent généralement entre ces deux archétypes. Ils fournissent à la fois des animaux destinés à l'engraissement et à la reproduction. Le matériel génétique, le chargement et la complémentation sont les leviers d'action sur lesquels l'éleveur va jouer pour orienter sa production. A partir de leur expérience, les éleveurs évoquent des maxima de chargement à ne pas dépasser.

Par ailleurs, l'argument climatique (mobilisé à travers la zone géographique ou l'année) vient souvent justifier de pratiques ou de performances particulières. Ainsi, les éleveurs des Hauts de l'Ouest, zone où la sécheresse est plus prononcée, mettent souvent en avant le fait qu'il est plus facile de faire de l'élevage à la Plaine des Cafres. L'examen global des performances obtenues (croissance des brouardts et taux de mise bas réduits d'un quart, en moyenne, par rapport aux éleveurs de la Plaine des Cafres) semble leur donner raison. Les pratiques mises en œuvre au niveau local résulteraient donc d'une adaptation au milieu. Les éleveurs des Hauts de l'Ouest ont ainsi des rythmes de rotation plus lents (temps de présence moyen des animaux sur les parcelles de 19 jours contre 6 jours pour la Plaine des Cafres). Sans nier la relation au climat et aux conditions de milieu particulières, l'analyse de co-inertie permet d'entrevoir une réalité plus complexe. On observe, en

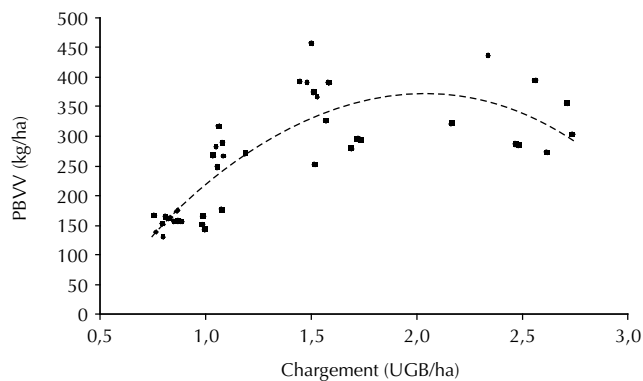


Figure 6 : relation entre chargement et production bovine de viande vive (PbvV) pour l'ensemble des couples éleveur x année.

effet, des niveaux de chargement variés dans toutes les zones qui résultent de choix différents de la part des éleveurs. Ces choix se traduisent par des Vhd très variables, indépendamment de la zone géographique. Paradoxalement, c'est chez un éleveur des Hauts de l'Ouest (HO) que l'on rencontre les valeurs les plus élevées.

Des conduites extensives, avec des chargements inférieurs ou égaux à 1 UGB/ha fournissent des Vhd élevés (supérieurs à 1 000 m³/UGB en saison des pluies) et limitent le recours à la complémentation des vaches. Le surdimensionnement de la sole pâturée, dans un souci de simplification de la conduite ou de sécurisation de l'alimentation, est une pratique observée en élevage bovin (8). Associé à un rythme de rotation rapide, c'est-à-dire une faible intensité de pâturage, telle que pratiquée par PI (Tp de 6 j), ce choix permet l'expression de performances zootechniques élevées. *A contrario*, associé à un rythme de rotation lent, tel que pratiqué par HO (Tp de 34 j), il conduit à des performances zootechniques faibles (globalement les plus faibles de l'échantillon). Ce phénomène est lié à la moindre qualité de l'herbe offerte qui résulte d'une plus grande proportion de matériel sénescé et d'une moindre digestibilité des feuilles vertes, laquelle décroît avec la longueur de la gaine (8).

Concernant l'influence de l'année, les résultats de l'analyse de la relation milieu - performances ne permettent pas d'identifier un effet particulier de ce facteur. Cette relation est assez stable pour chaque agriculteur. Ceci suggère un effet très structurant des pratiques sur les performances et l'existence de régulations du système (telles que la complémentation ou l'adaptation du rythme de rotation) qui permettent d'amoindrir les effets du climat.

■ CONCLUSION

Il existe une littérature abondante, en écologie fonctionnelle, sur le couplage de tableaux. Or, il semble que ces méthodes soient encore peu mises en œuvre dans l'analyse de données d'enquêtes ou de suivi des exploitations agricoles. L'exemple traité ici montre le potentiel de ce type d'analyses pour explorer des jeux de données pour lesquels le nombre élevé de variables mesurées rend l'interprétation difficile. Ces analyses fournissent des représentations graphiques qui permettent une exploration détaillée des données.

Ces méthodes ont ainsi permis aux auteurs de mettre en regard des pratiques et des performances zootechniques et de repérer des groupes d'éleveurs dont les pratiques sont fondées sur des stratégies différentes. Les conseils techniques délivrés aux éleveurs doivent donc nécessairement tenir compte de ces stratégies qui selon les cas vont s'orienter vers la recherche d'une efficacité maximale ou, au contraire, vers la sécurisation du système. Pour autant, cela ne signifie pas que toute pratique soit bonne au motif qu'elle est justifiée par une stratégie. Duru et coll. (9) montrent ainsi qu'il existe une gamme de Vhd cohérente avec les objectifs de production. Au-delà d'un certain seuil, augmenter l'intervalle entre deux passages ne fait que réduire la croissance de l'herbe, résultat contradictoire avec la sécurité recherchée.

Les données recueillies dans les élevages suivis montrent aussi que le souci de sécurité et d'autonomie fourragère ne peut justifier un faible chargement. Dans les conditions de la Réunion, en deçà de 1 UGB/ha, il est difficile de maîtriser la pousse de l'herbe. Ce niveau de chargement, associé à un temps de repos des prairies supérieurs à deux mois, conduit à disposer de Vhd très élevés (> 1 000 m³ en saison de pluies) et de qualité médiocre, ce qui se traduit par de très faibles performances individuelles et globales.

Certaines proximités dans les pratiques et les performances observées intra zone géographique ne peuvent être uniquement imputées à des considérations pédoclimatiques. Comme l'indique Darré (5), c'est au sein du groupe professionnel local que s'échangent les idées et se construisent les normes. Ces relations vont ainsi conduire à des actions différenciées selon les agriculteurs et les régions. Actions qui sont aussi influencées par la proximité des agriculteurs à l'appareil technique. Les auteurs ont ainsi observé que les conseils formulés sur la gestion des prairies étaient d'autant plus appliqués que le lien avec les conseillers était fréquent et ancien (10).

Remerciements

Nous tenons à remercier les éleveurs et l'ensemble des agents du Cirad, de l'Uafp, de l'EDE et de la SicaRevia ayant participé à cette opération de recherche.

BIBLIOGRAPHIE

1. BLANFORT V., 1996. Agro-écologie des pâturages d'altitude à l'île de la Réunion. Pratiques d'éleveurs et durabilité des ressources herbagères dans un milieu à fortes contraintes. Thèse Doct., Université Paris-Sud, France, 298 p.
2. CHESEL D., DUFOUR A.B., THIOULOUSE J., 2004. The ade4 package-I: One-table methods. *R News*, **4**: 5-10.
3. CHESEL D., MERCIER P., 1993. Couplage de triplets statistiques et liaisons espèces-environnement. In : Lebreton J.D., Asselain B. éd., Biométrie et environnement. Paris, France, Masson, p. 15-44.
4. CHOISIS J.P., LACROIX S., LATCHIMY J.Y., LEGENDRE E., 2003. Produire des références pour connaître et pérenniser les exploitations bovines allaitantes à la Réunion. In : Grimaud P. éd., Symp. « Les ruminants, élevage et valorisation », St-Denis, la Réunion, 10-13 juin 2003. Montpellier, France, Cirad, p. 29.
5. DARRE J.P., 1986. La production de connaissance dans les groupes locaux d'agriculteurs. *Agriscopes*, **7**: 24-35.

6. DOLEDEC S., CHESEL D., 1994. Co-inertia analysis: an alternative method for studying species-environment relationships. *Freshwater Biol.*, **31**: 277-294.
7. DRAY S., DUFOUR A.B., CHESEL D., 2007. The ade4 package-II: Two-table and K-table Methods. *R News*, **7**: 47-52.
8. DURU M., 2000. Le volume d'herbe disponible par vache : un indicateur synthétique pour évaluer et conduire un pâturage tournant. *Prod. Anim.*, **13**: 325-336.
9. DURU M., BERGEZ J.E., DELABY L., JUSTES E., THEAU J.P., VIEGAS J., 2007. A spreadsheet model for developing field indicators and grazing management tools to meet environmental and production targets for dairy farms. *J. Environ. Manage.*, **82**: 207-220.
10. GERBAUD S., 2004. Etude d'un processus de construction et d'appropriation d'outils : le cas du programme de gestion raisonnée des prairies à la Réunion. Mémoire DAA, INA Paris-Grignon, France, 80 p.
11. GRIMAUD P., COIGNAC O., MOULIN C., 2001. L'analyse fonctionnelle des systèmes d'alimentation dans les élevages bovins réunionnais sur pâturage. *Rencontres Rech. Ruminants*, **8**: 224.

12. HOSTIOU N., TOURRAND J.F., HUGUENIN J., LECOMTE P., 2006. La diversité de gestion des systèmes herbagers en Amazonie. Cas des élevages bovins brésiliens. *Fourrages*, **187** : 377-392.
13. INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2005. Les systèmes bovins viande en France. Repères techniques et économiques. Paris, France, Institut de l'élevage, 20 p.
14. LACROIX S., 2002. Etude du fonctionnement des exploitations naisseurs à la Réunion. Mémoire, Istom, Cergy-Pontoise, France, 51 p.
15. R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2007. R: A Language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing, <http://www.R-project.org>
16. ROBERT P., ESCOUFIER Y., 1976. A unifying tool for linear multivariate statistical methods: the RV coefficient. *J. appl. Stat.*, **25**: 257-265.
17. ROMESBURG H.C., 1985. Exploring, confirming and randomization tests. *Comput. Geosci.*, **11**: 19-37.
18. SARZEAUD P., 2002. Coût de production et prix de revient en viande bovine - applications, résultats et limites méthodologiques. *Rencontres Rech. Ruminants*, **9** : 181-184.
19. SIMIER M., BLANC L., PELLEGRIN F., NANDRIS D., 1999. Approche simultanée de K couples de tableaux : application à l'étude des relations pathologie végétale - environnement. *Revue Stat. appl.* **47** : 31-46.
20. THIOULOUSE J., CHESSEL D., DOLEDEC S., OLIVIER J.M., 1996. Ade-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Stat. Comput.*, **7**: 75-83.
21. THOMAS P., GRIMAUD P., 2002. La gestion raisonnée des prairies sur l'île de la Réunion. In : Sémin. Inra / Cirad « Les outils d'aide à la gestion des fourrages », St Pierre, la Réunion, 13-17 mai 2002.
22. VIVIER M., 1990. Les prairies et les pratiques d'exploitation. Eléments et réflexions pour un diagnostic. *Fourrages*, **124** : 337-355.

Reçu le 18.01.2008, accepté le 11.09.2008

Summary

Choisis J.P., Lassalle C., Messad S., Grimaud P. Animal Production Performance and Herd Management in Suckling Farms on Réunion Island

In Réunion, because of the insularity and the small size of farms, improving cattle farm productivity involves increasing technical management aspects. To analyze relationships between herd management practices and animal performances, a survey was conducted in ten suckling farms, located in the Highlands, from 1999 to 2002. Three sets of 4, 8 and 3 variables, respectively, were thus extracted from the monitoring database: animal performances (calving interval, fertility rate, body weight at standard age, live meat production), farmers' practices (grazing time per hectare and paddock, time interval between two passages, paddock size, stocking rate, feed complementation of weaned animals and lactating cows, culling rate), and environment (rainfall, herbage production, body condition score of cows). An analysis of co-inertia was carried out on the first two tables to analyze relationships between animal production performances and practices. A significant correlation was observed between the two tables. The results of the co-inertia analysis were interpreted for each farm. Beyond specific constraints, they revealed proximities between farms and herd management based on various strategies, which were relevant with the observed performances. A STATICO analysis was performed to assess relationships between performance parameters and environment parameters for the four studied years. It revealed that there was a stable costructure between the environment and performance tables. This suggests that practices had a highly structuring effect on animal production and that some system adjustments mitigated the climate effects.

Keywords: Suckler cattle – Livestock management – Animal performance – Multivariate analysis – Réunion.

Resumen

Choisis J.P., Lassalle C., Messad S., Grimaud P. Rendimientos zootécnicos y prácticas de los criaderos bovinos de carne en la Reunión

En la Reunión, la insularidad y la pequeña dimensión de las explotaciones hacen que el mejoramiento de la productividad en los criaderos bovinos pase por un aumento del dominio técnico. Con el fin de analizar las relaciones entre las prácticas de conducta y los rendimientos animales, se siguieron, entre 1999 y 2002, 10 criaderos de nacimiento bovinos, situados en las Alturas de la Reunión. Los datos recolectados se organizaron en tres cuadros compuestos, respectivamente, de 4, 8 y 3 variables: los rendimientos animales (intervalo entre partos, tasa de partos, peso a edad tipo, producción bovina de carne viva), las prácticas (tiempo de presencia por hectárea y por parcela, tiempo inter pasos, tamaño de las parcelas, carga, complemento de los becerros y de las vacas, tasa de reforma) y el medio (pluviometría, volumen de hierba, estado corporal de las vacas). Los dos primeros cuadros se sometieron a un análisis de co inercia con el fin de analizar las relaciones entre los rendimientos zootécnicos y las prácticas de los criaderos. Los dos cuadros estaban correlacionados significativamente y los resultados del análisis de co inercia se interpretaron a la escala de cada explotación. Más allá de los obstáculos específicos, los cuadros revelaron similitudes entre establecimientos y modos de conducta, basados sobre estrategias variadas, en coherencia con los rendimientos observados. Se realizó un análisis Statíco con el fin de evaluar la relación entre los parámetros de rendimiento y los del medio para los cuatro años estudiados. Este demostró la existencia de una co estructura estable entre los cuadros de medio y rendimiento, sugiriendo un efecto estructurante de las prácticas sobre los rendimientos y la existencia de regulaciones del sistema que moderan los efectos del clima.

Palabras clave: Ganado bovino – Vaca de cría – Manejo del ganado – Desempeño animal – Análisis multivariante – Reunión.

Production laitière et performances de reproduction des vaches Montbéliardes en région semi-aride algérienne

T. Madani ¹* C. Mouffok ²

Mots-clés

Bovin – Vache laitière – Performance animale – Descendance – Adaptation – Algérie.

Résumé

L'objectif de cette étude a été de comparer les performances de génisses de race Montbéliarde importées et de trois générations successives de femelles de même race nées en région semi-aride algérienne. Sous l'effet des pratiques d'élevage et de l'environnement, le poids moyen du nouveau-né et de l'adulte à partir de la quatrième génération a été inférieur à celui enregistré dans le pays d'origine. L'intervalle entre vêlages, et la production laitière (2 200 à 3 250 kg) et sa durée (282 à 309 jours) ont varié en fonction de l'effet des fluctuations des pluies sur les ressources. Les vaches importées ont produit entre 20 et 30 p. 100 de lait en plus que celles nées localement, mais leurs performances de reproduction ont été inférieures. Leurs intervalles entre vêlage et fécondation (153 jours), et entre vêlages (441 jours) ont été respectivement plus étendus de 36 à 44 jours et de 41 à 49 jours. Les générations nées localement ont présenté un intervalle entre vêlages comparable (392 à 400 jours) et plus régulier sur la carrière, exprimant une adaptation de la fonction de reproduction et une lactation standard comparable (2 755 à 2 811 kg). La variabilité de la durée de lactation (279 à 296 jours) expliquait la différence de niveau de production laitière réelle entre générations. D'une génération à l'autre, la durée de vie productive s'est écourtée et a affecté la production totale de lait et de veaux ($p < 0,05$). Les résultats précisent les transformations relatives au matériel animal et les limites du modèle d'élevage développé.

■ INTRODUCTION

L'intérêt de développer la production laitière bovine en Algérie s'est manifesté en raison de l'augmentation du niveau des importations de produits laitiers, résultant d'une demande croissante sur le lait par une population dont le nombre et le niveau de vie ont connu une nette augmentation. Une politique de développement de l'élevage laitier basée sur l'importation de races améliorées des régions tempérées a été mise en place dans les années 1970. Cependant, la

production laitière locale actuelle ne permet pas encore de couvrir la demande du marché (3, 20).

Les connaissances disponibles sur les systèmes d'élevage et les contraintes limitant les performances des animaux restent largement méconnues. Une adaptation insuffisante des races laitières transférées vers les conditions d'élevage méditerranéen est généralement avancée comme principale explication à la productivité limitée des animaux (6, 18). En effet, pour la même race, si les conditions d'élevage ne sont pas comparables, l'interaction génotype - milieu a lieu et se traduit par des différences dans l'expression du génotype. Plusieurs auteurs montrent qu'aussi bien les caractères de production (8, 10, 13, 26) que de longévité (26, 30) sont contrôlés par des gènes distincts chez les animaux élevés dans des milieux différents. Par conséquent, la comparaison de la corrélation génétique entre les performances et entre leurs héritabilités montre une baisse en rapport avec l'accroissement des différences entre les conditions d'élevage. Flamant (18) signale l'effet du

1. Département d'Agronomie, faculté des Sciences, Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie.

2. INA El Harrach, 16200 Alger, Algérie.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +213 50 59 44 43 ; fax : +213 36 92 51 22

E-mail : madani2000dz@yahoo.fr

stress climatique lié au changement de milieu, tel que le transfert d'animaux sélectionnés et élevés en milieu tempéré vers les pays méditerranéens, et ses conséquences sur les performances d'animaux peu autonomes comparativement aux populations locales, et sur la nécessité préalable d'obtenir un équilibre entre le système animal et le système d'élevage pour atteindre les objectifs de production.

L'exploitation des races laitières et mixtes dans des milieux à fortes contraintes, comme c'est le cas de la race Montbéliarde dans les hautes plaines semi-arides de l'Est algérien, pourrait avoir des conséquences sur le format des animaux, les performances de reproduction et la production laitière, et présenter des effets à long terme sur les générations successives nées et conduites localement. L'analyse de l'évolution des performances à l'échelle de la carrière de l'animal peut permettre d'évaluer la possibilité de pérenniser un élevage local de race tempérée sans apport exogène continu d'animaux.

Cette étude présente une analyse des performances de l'élevage bovin laitier d'exploitations agricoles situées en région semi-aride algérienne. Après un bref rappel des objectifs du plan national de développement laitier et ses effets sur la production laitière locale, les auteurs présentent et discutent les performances de reproduction et de production laitière observées dans quatre fermes, ainsi que leurs variations entre troupeaux, entre générations et tout au long des carrières des animaux.

■ MATERIEL ET METHODES

Politique mise en œuvre et ses conséquences sur le secteur laitier

L'évolution de la consommation du lait en Algérie a plus que doublé entre 1968 et 1988 et constitue la première source de protéines animales alimentaires, atteignant 60 p. 100 des protéines totales consommées (3). La politique agricole développée par l'Etat visait le maintien des prix à un niveau bas grâce à des subventions des matières premières importées pour la fabrication de lait reconstitué dont la part a largement augmenté dans la consommation totale. La création par l'Etat d'un organisme public, l'Office national du lait, en 1969, avait pour but le développement de la production laitière locale et la régulation du marché de lait, caractérisé par une demande croissante que la production locale était incapable de satisfaire. Comme le lait était considéré comme un produit de première nécessité, il devait être fourni en quantités suffisantes pour des populations de plus en plus urbanisées (3). Pour assurer une telle mission, l'Office national du lait s'est rapidement spécialisé dans l'importation de poudre de lait et de matières grasses, et leur recombinaison en Algérie. La facture annuelle des produits laitiers importés a constamment augmenté, pour s'élever vers la

fin de l'année 2004 à plus de 600 millions de dollars (11). Bien qu'un effort de développement de la production laitière ait commencé dès le début des années 1970, l'augmentation constante des quantités de produits laitiers achetés à l'extérieur et de leurs poids dans le budget en devises consacrées aux importations a favorisé, à partir de 1995, le financement de programmes de développement de l'élevage laitier local. La production locale a progressé avec l'augmentation des importations de vaches laitières Holstein, Frisonne et Montbéliarde, dont l'effectif cumulé sur la période 1985-2000 a été évalué à 165 556 d'animaux (9). Néanmoins, l'effet de la double subvention du lait importé, celle des pays producteurs et celle des pouvoirs publics, conjuguée à une surévaluation de la monnaie nationale a largement freiné l'expansion de la production locale, dont la part dans la couverture des besoins nationaux n'a fait que régresser (tableau I). De nombreux chercheurs (3, 17, 32) ont imputé la faiblesse de la production locale au manque d'adaptation des races laitières exploitées et à la faible productivité des cheptels.

Politique du prix du lait à la production

Le choix d'une politique laitière basée sur des prix à la consommation fixés par l'Etat à un niveau bas s'est traduit par l'orientation des éleveurs vers la production de viande ou la production mixte (viande/lait), en consacrant la production laitière des premiers mois aux veaux, et une limitation des rendements individuels, ce qui a limité l'expansion de la production laitière locale. Jusqu'en 1990 le prix payé par les unités de transformation ne couvrait pas les charges de production (20). Depuis dix ans, la quantité totale de lait collecté et le prix du lait conjugués aux aides accordées aux producteurs ont quadruplé (figure 1).

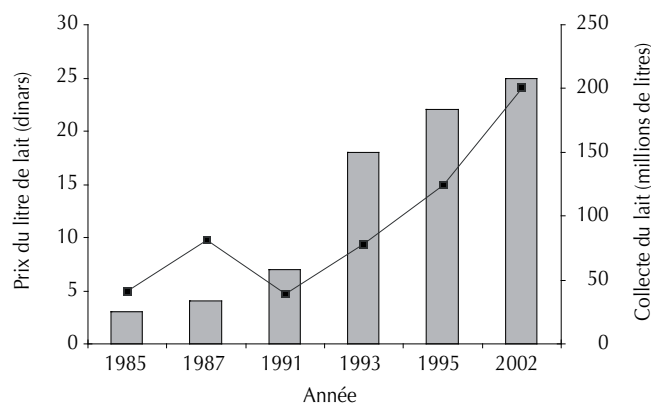


Figure 1 : évolution du prix du lait à la production (courbe) et des quantités collectées (histogramme). Source : Ministère de l'Agriculture (1998) et enquêtes personnelles.

Tableau I

Evolution de la production et des importations de lait et produits laitiers

Année	1963		1970		1980		1990		1995	
	(l)	%	(l)	%	(l)	%	(l)	%	(l)	%
Production (10 ⁶)	300	68	511	72	665	46	1 100	53	1 050	47
Importations (10 ⁶)	140	22	200	28	777	54	988	47	1 179	53
Total (10 ⁶)	440		711		1 442		2 088		2 229	

Source : Bedrani et Bouaïta, 1998

A l'échelle filière, les pouvoirs publics ont axé leur intervention sur le soutien du prix à la consommation des produits laitiers, sur la sécurisation des approvisionnements et sur la mise en place d'une politique de développement de l'élevage laitier local. Celle-ci a orienté les subventions vers l'importation d'un matériel animal à fort potentiel génétique et la stimulation de la production en accordant des primes aux producteurs et aux collecteurs. En revanche, peu d'efforts ont été consacrés à l'analyse des contraintes limitant la productivité des troupeaux, et à l'évaluation des capacités d'adaptation de l'animal à produire, se reproduire et se maintenir dans les conditions d'élevage locales.

Localisation de l'étude et climat

La région de Sétif est située dans les hautes plaines intérieures du Nord-Est algérien, s'étend sur 6 500 km² et couvre une surface agricole utile de 365 000 ha. Son effectif bovin est évalué à 150 000 têtes et représente environ 10 p. 100 de l'effectif national. L'altitude varie de 700 à 1 500 m, le climat est de type semi-aride continental, et la quantité de pluie est variable d'une année à l'autre et oscille du nord au sud, en fonction de la progression du niveau d'aridité, de 600 à 200 mm/an. Les exploitations retenues, choisies en fonction de leur localisation géographique par rapport à un axe nord-sud, étaient situées dans deux sous-étages bioclimatiques différents qui exprimaient l'évolution du niveau de l'aridité (figure 2). Bien que la quantité de pluie moyenne ait été très contrastée d'une campagne à l'autre dans les deux situations, les quantités ont été plus élevées dans le semi-aride supérieur comparativement au semi-aride inférieur, favorisant plus de disponibilités fourragères sur des périodes généralement plus longues.

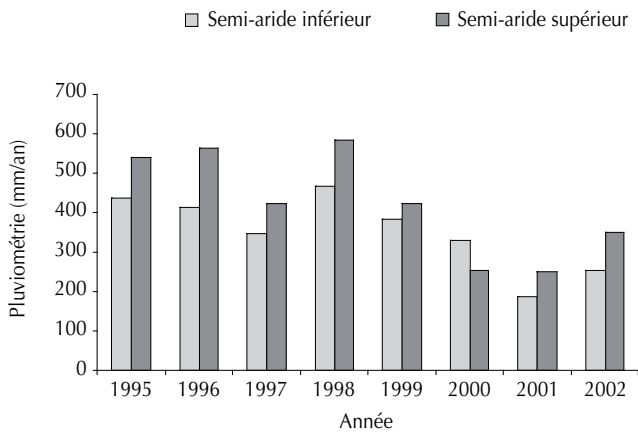


Figure 2 : variations annuelles de la pluviométrie selon l'étage bioclimatique.

Collecte des données

L'information utilisée provenait du suivi mis en place dans quatre fermes pilotes, dont la conduite de l'élevage était inspirée des recommandations techniques en élevage intensif et où l'autonomie en fourrage était supérieure à 60 p. 100 (tableau II). Le suivi avait pour objectif de préciser la conduite d'élevage et d'évaluer les performances de reproduction et de production laitière à l'échelle du troupeau et de l'animal. Les informations ont été recueillies chez 542 femelles identifiées et leur filiation maternelle connue. Les femelles retenues pour l'analyse étaient issues de 91 mâles de race Montbéliarde. Les reproductrices importées étaient issues de l'insémination artificielle de taureaux reconnus améliorateurs, alors que les vaches nées en Algérie étaient issues de taureaux nés localement, fils de femelles de première ou de deuxième génération, choisis selon les performances laitières et la conformation de la mère.

Une partie des femelles ont été pesées à la naissance (73 vèles), alors que le poids des adultes (5 ans et plus) de 162 vaches a été estimé par la mesure du tour de poitrine à l'aide d'une toise pour bovin. Les informations relatives à la reproduction ont été relevées quotidiennement par un technicien et chaque événement reproductif (saillie, avortement, naissance, mortalité) a été mentionné sur des fiches individuelles. Un contrôle laitier mensuel durant toute la lactation a été réalisé le matin et l'après-midi, pour estimer la production totale sur 24 heures, la production réelle et la lactation standard pour 305 jours.

Méthodologie

Les troupeaux suivis étaient constitués d'animaux fraîchement importés et de vaches reproductrices issues de générations successives nées et conduites en milieu semi-aride (tableau III). Les animaux étant alimentés de la même manière dans un même élevage, la variable génération, soit le nombre d'ascendants maternels élevés en Algérie, a constitué un facteur pertinent pour caractériser les effets des pratiques et du milieu d'élevage sur les performances animales, et, indirectement, un indicateur du degré d'adaptation des animaux à leur nouvel environnement (31).

Type de données collectées et traitements

L'ensemble de l'information collectée provenait de deux types de documents mis en place dans toutes les fermes. Le premier était le calendrier d'étable, outil de suivi du troupeau pour gérer l'alotement des animaux selon les différents stades physiologiques. Ce calendrier, organisé à l'échelle d'une campagne agricole (septembre - août), mentionnait le flux des animaux, le pâturage et la complémentation pour chaque catégorie d'animaux et permettait ainsi de raisonner l'alimentation et la reproduction du troupeau.

Tableau II

Caractéristiques des fermes étudiées

Ferme	Etage bioclimatique	Pluviométrie 1995–2002 (mm)	SAU (ha)	Effectif mères 1992–2002	Quantité concentré (kg/vache/an)	Surface en prairie (ha)
1	Semi-aride inférieur	186–466	927	66–90	1 442	70
2	Semi-aride supérieur	252–583	1 445	50–65	987	45
3	Semi-aride inférieur	179–308	2 370	22–50	1 533	8
4	Semi-aride supérieur	313–676	1 835	20–45	1 610	14

SAU : surface agricole utile

Tableau III

Critères d'identification des générations de femelles

Génération	Milieu d'élevage de la femelle et de ses ascendants maternels	Origine et milieu d'élevage du père
G1	Femelle née et élevée en milieu tempéré (France), importée au stade génisse	Indexé et reconnu améliorateur, issu de l'insémination artificielle
G2	Femelle née et élevée dans un environnement semi-aride, issue d'une mère importée	Issu de la monte naturelle d'un mâle dont la mère est de génération 1
G3	Femelle née et élevée dans un environnement semi-aride, issue d'une grand-mère importée	Issu de la monte naturelle d'un mâle dont la mère est de génération 1 ou 2
G4	Femelle née et élevée dans un environnement semi-aride, issue d'une arrière-grand-mère importée	Issu de la monte naturelle d'un mâle dont la mère est de génération 1 ou 2

Le second était la fiche individuelle où étaient mentionnées les données relatives aux femelles d'élevage ; cette fiche constituait un outil d'aide à la décision, nécessaire pour la gestion de la carrière de chaque reproductrice. Elle précisait, outre la filiation, l'ensemble des événements relatifs à la reproduction et à la production laitière ayant eu lieu au cours de la carrière de chaque vache.

Le poids des femelles a été estimé en fin de printemps, période où les animaux sont au meilleur de leur forme, et leur poids adulte a été considéré atteint à l'âge de cinq ans. Cet indicateur a servi par la suite à trier les poids des animaux utilisés dans le calcul du poids adulte. Les informations concernant la reproduction et la production laitière ont été relevées respectivement chaque jour et pendant le contrôle laitier mensuel par des techniciens affectés à la gestion de l'élevage en coordination avec les vachers. Les données ont ensuite été rassemblées et organisées dans une seule base de données. Seuls les facteurs explicatifs ayant un effet significatif ont été retenus : la ferme, la saison de naissance, le poids à la naissance, le poids adulte, la génération et l'ordre de parité. A partir de l'information collectée, les variables suivantes, relatives à la reproduction et à la production laitière, ont été considérées : l'indice coïtal (IC) qui est un indicateur de la fertilité et exprime le nombre de saillies nécessaires à la réussite de la fécondation, la performance de fécondité, exprimée par l'intervalle entre le vêlage et la saillie fécondante (IVSF), l'intervalle entre vêlages (IVV), la durée de vie productive, la durée de lactation (DL), la quantité de lait produite réellement durant la lactation (LR), la quantité estimée pour une production standard durant 305 jours à l'aide de la méthode de Fleishman (LS), et la quantité de lait moyenne produite durant la carrière de chaque vache. L'enregistrement des données a démarré deux ans plus tard (1994) dans la ferme 2 et s'est interrompu durant deux campagnes (1996 et 1997) dans la ferme 3. La vérification de chaque fichier a permis d'éliminer les données aberrantes qui représentaient 4 p. 100 de l'information relative à la reproduction. Par convention, les auteurs ont retiré les IC supérieurs à 5, les IVV supérieurs à 24 mois, et les cycles reproductifs de vaches jugées stériles ou traitées pour des métrites. Pour la production laitière, les lactations interrompues suite à des maladies ont été retirées du fichier, ainsi que les lactations dont l'intervalle entre deux contrôles laitiers successifs dépassaient deux mois. Pour le calcul de la production laitière réelle, les auteurs ont considéré les femelles tarées à 365 jours de lactation.

L'information collectée a été traitée dans une première étape par les méthodes de la statistique descriptive en vue de préciser la moyenne et l'écart-type des variables à expliquer. Les données de reproduction ont fait l'objet en premier lieu d'une transformation logarithmique, suivie d'une vérification de la linéarité de la

distribution. Ensuite, l'ensemble des données ont subi une analyse de la variance pour tester l'effet des variables explicatives au seuil de $p < 0,05$.

■ RESULTATS

Le cheptel des fermes étudiées était majoritairement de race Montbéliarde. La surface fourragère était constituée de prairies naturelles et de cultures et occupait entre 6 et 8 p. 100 de la surface agricole utile. L'alimentation du troupeau comprenait pendant la période hivernale (novembre - février) du foin et/ou de la paille et des concentrés de production, majoritairement achetés. Au printemps, les troupeaux exploitaient les prairies naturelles et les jachères de céréales, en été et en automne les résidus et les regains des prairies de fauches et/ou les chaumes de céréales. La complémentation variait pendant la saison de pâturage en fonction des disponibilités de ressources pastorales, alors qu'en période de stabulation le concentré assurait 42 à 54 p. 100 de la ration énergétique. La conduite de la reproduction était basée sur la présence permanente de deux mâles dans le troupeau pour la détection des chaleurs et la saillie des femelles. La production laitière était commercialisée, les veaux étaient majoritairement vendus avant l'âge de deux mois, et ceux gardés pour le renouvellement du troupeau étaient allaités par des vaches nourrices dès l'âge d'une semaine et sevrés à l'âge de quatre mois.

Evolution du format des femelles

Comparé au poids moyen à la naissance enregistré dans le berceau de la race, évalué à 50 kg (7), le poids vif des femelles de deuxième génération (G2) a diminué de 21 p. 100. La tendance à la baisse s'est accrue chez les naissances de troisième et quatrième générations ($p < 0,05$). La diminution du poids cumulée sur trois générations nées en région semi-aride a été équivalente à 31 p. 100 du poids moyen à la naissance enregistré dans le berceau de la race. A l'âge adulte, au-delà de cinq ans, les génisses importées ont atteint un poids comparable à celui de la race dans son berceau, alors que celui des femelles nées localement n'a diminué sensiblement qu'à la G4. La différence entre la G1 et la G4 a représenté 8 p. 100 du poids adulte (tableau IV).

Performances de reproduction

Variabilité de l'âge à la première mise bas

L'âge moyen au premier vêlage a été de 1 026 jours, soit environ 35 mois. Selon le tableau V, l'âge au premier vêlage n'a été

Tableau IV
Evolution du poids des femelles (kg)

Génération	1	2	3	4	Moyenne
Poids à la naissance	50 *	39,65 ± 4,32 ^a	36,95 ± 2,45 ^b	34,68 ± 1,54 ^c	37,56 ± 4,43
	–	38	22	13	73
Poids adulte	685 ± 95 ^a	656 ± 101 ^a	660 ± 99 ^a	632 ± 89 ^b	653 ± 96
	34	39	71	18	162

* Valeur moyenne enregistrée pour les femelles dans le berceau de la race (Bureau des ressources génétiques, 2004)

^{a, b, c} Les lettres différentes sur une même ligne expriment des valeurs significativement différentes entre générations ($p < 0,05$)

Tableau V
Variation de l'âge au premier vêlage (jours)

Ferme	n	Génération	n	Saison de naissance	n			
1	1 050 ± 198	213	1	1 022 ± 198	66	Hiver	1 102 ± 176 ^a	95
2	1 093 ± 183	79	2	1 067 ± 146	114	Printemps	1 078 ± 200 ^{ab}	96
3	1 079 ± 240	57	3	1 050 ± 185	120	Été	1 017 ± 170 ^{bc}	77
4	1 026 ± 174	93	4	1 039 ± 223	45	Automne	1 011 ± 198 ^c	106

^{a, b, c} Les lettres différentes sur la même colonne expriment des valeurs significativement différentes ($p < 0,05$)

influencé ni par le numéro de ferme ni par la génération, alors qu'il était plus élevé lorsque la naissance avait lieu en hiver et diminuait régulièrement jusqu'à l'automne ($p < 0,05$).

Performances du troupeau

La valeur moyenne de l'IC a été de 1,43, mais l'écart-type a été élevé. Les fermes situées en région semi-aride supérieure (2 et 4) ont réalisé une performance supérieure ($p < 0,05$) à celle des fermes de la zone semi-aride inférieure (tableau VI). L'IVSF moyen a été de 125 jours, mais l'écart-type a également été élevé. La ferme 2, située en région semi-aride supérieure, s'est distinguée par des performances de reproduction plus satisfaisantes ($p < 0,05$). Les performances des autres fermes ont été comparables. L'IVV moyen a été de 408 jours. La ferme 2 a confirmé sa supériorité sur les autres en réalisant une moyenne proche des normes des régions tempérées (375 jours).

Performances à l'échelle individu et génération

L'indice coïtal des femelles de la G3 a montré une fertilité plus élevée ($p < 0,05$) que celui des vaches des G1 et G4 (respectivement 1,34 vs 1,53 et 1,51). Une amélioration de la fertilité a été observée de la G1 à la G3, suivie d'une chute à la G4 (tableau VII). Les générations nées en Algérie ont présenté des intervalles IVSF et IVV inférieurs à ceux des vaches importées ($p < 0,05$). La G3 a présenté des intervalles IVSF et IVV inférieurs, respectivement de 44 et 49 jours, à ceux de la G1. Cependant, la variabilité intra-génération a été constamment élevée.

Variation des performances pendant la carrière

La fertilité a évolué au cours de la carrière de l'animal. Chez les animaux de la G1, le meilleur indice coïtal a été observé au premier vêlage (1,2). Une dégradation importante de la fertilité a ensuite été enregistrée après la deuxième mise bas, suivie d'une amélioration progressive jusqu'au rang de lactation 7 (1,34). L'évolution de la fertilité a été différente pour les autres générations (figure 3).

Tableau VI

Effet ferme sur l'indice coïtal (IC), l'intervalle vêlage - saillie fécondante (IVSF) et l'intervalle entre vêlages (IVV)

Ferme	1	2	3	4
IC	1,51 ± 1,11 ^a	1,36 ± 0,87 ^b	1,54 ± 1,11 ^a	1,24 ± 0,59 ^b
	882	494	232	295
IVSF	138 ± 98 ^a	93 ± 61 ^b	135 ± 74 ^a	136 ± 90 ^a
(jours)	615	355	128	243
IVV	417 ± 98 ^a	375 ± 66 ^b	438 ± 92 ^c	418 ± 99 ^a
(jours)	641	360	143	237

^{a, b, c} Les lettres différentes sur une même ligne pour les comparaisons multiples sont significativement différentes ($p < 0,05$)

Les vaches de G2 ont montré une fertilité comparable tout au long de leur carrière. Les animaux de G3 ont présenté une dégradation sensible de la fertilité à partir de la deuxième mise bas, suivie d'une baisse encore significative à partir du quatrième vêlage et un maintien jusqu'à la fin de la carrière, alors que les animaux de G4 ont exprimé une évolution proche de celle des animaux importés.

Chez les animaux de G1, l'IVSF a été élevé chez les primipares (171,6 jours) et a diminué régulièrement entre le premier et le sixième rang de lactation (figure 4). Les autres générations ont présenté un profil d'évolution de l'IVSF comparable et stable jusqu'au sixième rang de lactation. Chez les animaux nés en Algérie, l'IVSF a été constamment inférieur à celui des animaux importés ($p < 0,05$).

L'intervalle moyen entre vêlages est passé de 422 à 393 jours entre le premier et le cinquième rang de lactation ($p < 0,05$) et a

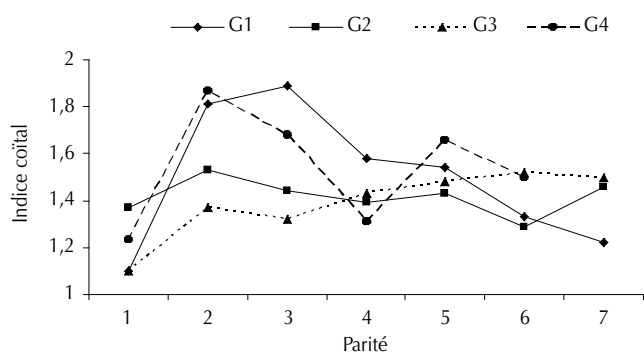


Figure 3 : évolution de l'indice coïtal selon la génération (G) et l'ordre de parité.

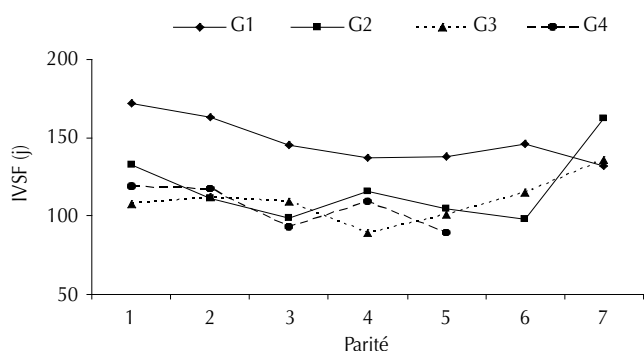


Figure 4 : évolution de l'intervalle vêlage - saillie fécondante (IVSF) selon la génération (G) et l'ordre de parité.

augmenté ensuite jusqu'au septième rang de lactation (407 jours). La figure 5 montre deux profils d'évolution de l'IVV ; celui des génisses importées était élevé mais a diminué régulièrement jusqu'au cinquième rang de lactation (- 68 jours, $p < 0,05$). Les animaux nés localement ont présenté des IVV inférieurs à 400 jours entre la deuxième et la cinquième mise bas, comparables entre eux et peu fluctuants.

Performances de production laitière

Performances du troupeau

La durée de lactation moyenne (DL) a été de 292 jours, mais l'écart-type pouvait aller de 53 à 86 jours selon la ferme (tableau VIII). La ferme 1, située dans la région la plus aride, a enregistré une valeur inférieure ($p < 0,05$), alors que les autres ont été comparables entre elles (295 à 309 jours).

La production laitière réelle et la production laitière standardisée ont été évaluées respectivement à $2\,740 \pm 1\,088$ et $2\,824 \pm 1\,233$ kg et ont varié respectivement de 2 200 à 3 250 kg et de 2 300 à 3 350 kg selon la ferme (tableau VIII). La ferme 1 a produit moins que les autres ($p < 0,05$).

Performances à l'échelle individu et génération

Les vaches importées ont produit davantage que celles nées en Algérie (tableau IX). La durée de lactation des femelles de G1 (313 jours) a été supérieure ($p < 0,05$) de 18 à 35 jours à celle des autres générations. La durée de la lactation a influé sur la production laitière. Les productions laitières réelle et standardisée ont été plus élevées respectivement de 529 à 765 kg chez les femelles de G1. Parmi les générations nées en Algérie, les femelles de

Tableau VII

Effet génération sur l'indice coïtal (IC), l'intervalle vêlage - saillie fécondante (IVSF) et l'intervalle entre vêlages (IVV)

Génération	1	2	3	4
IC	$1,53 \pm 1,09^a$ 466	$1,43 \pm 1,03^{bc}$ 606	$1,34 \pm 0,87^c$ 626	$1,51 \pm 0,97^{ab}$ 132
IVSF (jours)	$153,00 \pm 103,50^a$ 350	$117,37 \pm 82,44^b$ 435	$108,53 \pm 72,85^b$ 450	$111,85 \pm 70,58^b$ 85
IVV (jours)	$441,38 \pm 111,68^a$ 323	$398,41 \pm 81,04^b$ 454	$392,25 \pm 82,62^b$ 470	$400,42 \pm 74,51^b$ 87

^{a, b, c} Les lettres différentes sur une même ligne pour les comparaisons multiples sont significativement différentes ($p < 0,05$)

Tableau VIII

Effet ferme sur la durée de la lactation (DL), la production laitière réelle (LR) et la lactation standard (LS)

Ferme	1	2	3	4
DL (jours)	282 ± 53^a 414	295 ± 70^b 317	309 ± 72^b 93	306 ± 86^b 119
LR (kg)	$2\,196 \pm 815^a$ 414	$3\,248 \pm 1\,041^b$ 317	$3\,053 \pm 1\,094^{bc}$ 93	$3\,039 \pm 1\,181^c$ 119
LS (kg)	$2\,312 \pm 1\,494^a$ 414	$3\,350 \pm 829^b$ 317	$2\,918 \pm 675^c$ 93	$2\,921 \pm 798^c$ 119

^{a, b, c} Les lettres différentes sur une même ligne expriment des différences significatives ($p < 0,05$)

G3 ont réalisé une production réelle supérieure aux femelles de G2 ($p < 0,05$), alors que les femelles de G4 se sont situées à un niveau intermédiaire, mais cette supériorité s'est estompée pour la lactation standardisée qui a été, en revanche, comparable pour les trois générations. Une durée de lactation plus courte chez les femelles de G2 et G4 ($p < 0,05$) pouvait expliquer la baisse du niveau de production laitière réelle observée chez ces animaux.

Variation des performances pendant la carrière

La G1 s'est caractérisée par une durée de lactation plus longue jusqu'à la sixième lactation et qui a augmenté significativement au rang suivant, probablement en relation avec la conservation des meilleures laitières (figure 6). La durée de lactation de la G2 a été plus fluctuante avec des lactations plus courtes de 26 à

36 jours en début de carrière ($p < 0,05$). La G3 s'est caractérisée par une durée de lactation régulière au moins pendant les six premières lactations, alors que la G4 a présenté une diminution brutale (- 100 jours) de la durée de lactation entre le premier et le second rang de lactation ($p < 0,05$), et une carrière plus courte. Dans ce groupe, moins de 23 p. 100 des femelles étaient gardées au-delà de la quatrième lactation.

Les profils de production ont présenté des différences marquées entre les générations (figures 7 et 8). La production laitière réelle et standardisée des animaux de G1 au cours de la carrière a été plus élevée que celle des autres générations. Le niveau de production a chuté au cours de la deuxième lactation ($p < 0,05$), traduisant des difficultés d'adaptation durant l'année qui a suivi leur importation, puis a augmenté à nouveau à la troisième lactation et

Tableau IX

Effet génération sur la durée de la lactation (DL), la production laitière réelle (LR) et la lactation standard (LS)

Génération	1	2	3	4
DL (jours)	313,36 ± 63,51 ^a 138	285,15 ± 58,32 ^b 303	295,48 ± 72,23 ^c 345	278,66 ± 72,84 ^b 73
LR (kg)	3 320 ± 1 159,55 ^a 138	2 554,73 ± 991,98 ^b 304	2 791,19 ± 1 108,99 ^c 345	2 603,06 ± 1 020,51 ^{bc} 73
LS (kg)	3 216,31 ± 918,29 ^a 138	2 755,79 ± 1763,49 ^b 302	2 811,17 ± 853,61 ^b 342	2 779,33 ± 824,72 ^b 73

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

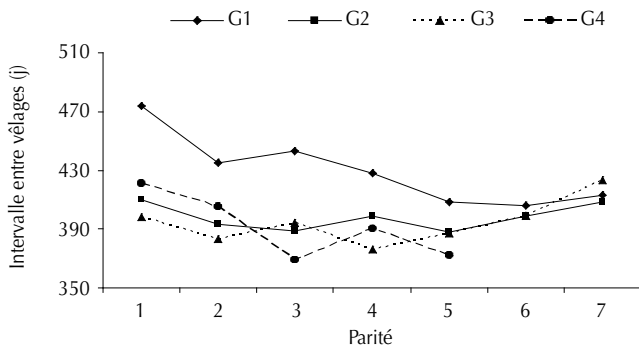


Figure 5 : évolution de l'intervalle entre vêlages selon la génération (G) et l'ordre de parité.

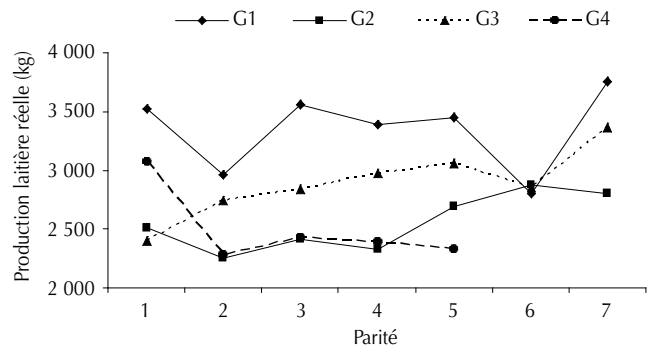


Figure 7 : évolution de la production laitière réelle selon la génération (G).

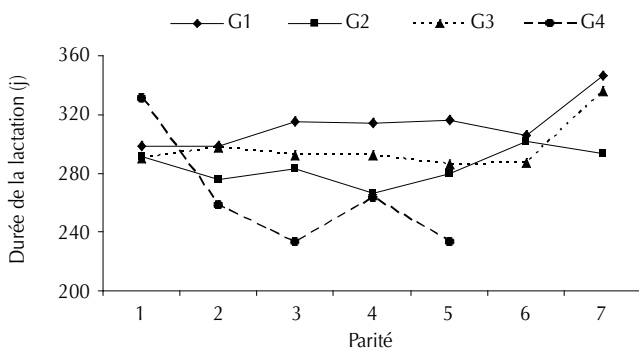


Figure 6 : évolution de la durée de lactation selon la génération (G).

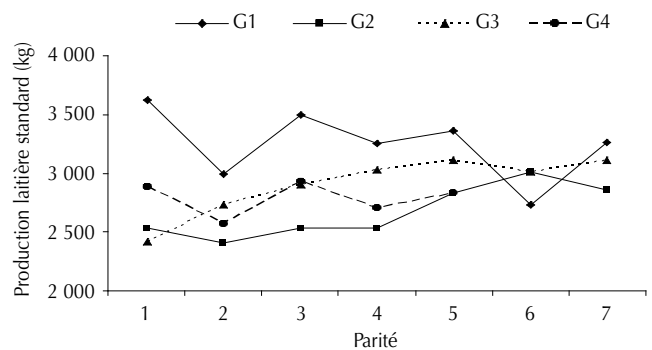


Figure 8 : évolution de la production laitière standard selon la génération (G).

s'est maintenu à un niveau stable jusqu'à la cinquième lactation. La baisse de production observée à la sixième lactation correspondait à la fin de carrière de la majorité des animaux et l'augmentation à la septième lactation était liée à la conservation des meilleures productrices. Les animaux de G2 ont eu un niveau de production faible jusqu'à la quatrième lactation, le niveau a ensuite augmenté de manière significative jusqu'au sixième rang de lactation ($p < 0,05$). Les animaux de G3 ont présenté une augmentation régulière du niveau de production jusqu'en fin de carrière. Les animaux de G4 ont eu un niveau de production élevé à la première lactation, comparable à celui des vaches importées, puis il a diminué sensiblement dès la deuxième lactation et s'est maintenu à un niveau bas jusqu'en fin de carrière.

Performances globales durant la carrière

La durée de vie productive a diminué régulièrement d'une génération à l'autre pour ne représenter chez la G4, comparée à la G1, que 22 p. 100. Cette baisse a été la conséquence de réformes pratiquées plus tôt et à un rythme plus élevé (tableau X). Le nombre de naissances et la production laitière par carrière ont évolué dans le même sens. Les deux paramètres ont baissé de 17 et 36 p. 100 respectivement de la G1 à la G2. Une relative stabilité a été observée à la G2 et G3, suivie d'une diminution significative à la G4 comparée à la G3, dont l'ampleur a été de 58 et 61 p. 100, respectivement pour le nombre de naissances par carrière et la production laitière totale.

■ DISCUSSION

Suite à une demande croissante en produits laitiers en Algérie, le développement d'un modèle d'élevage bovin laitier utilisant des races exogènes avait pour objectif de promouvoir la production locale et limiter ainsi la dépendance accrue vis-à-vis de l'importation. Bien que durant les années 1970 la couverture des besoins en produits laitiers ait été assurée en large partie par l'importation, l'élevage local s'est développé dans les régions favorables du Nord, autour des grands centres urbains, et dans les plaines semi-arides d'altitude. Les changements opérés, en termes de choix de races exploitées par les éleveurs de la région de Sétif depuis 35 ans, ont abouti à une large domination de la race Montbéliarde qui représente 80 p. 100 du cheptel bovin laitier actuel (22). Les éleveurs la préfèrent pour son adaptation aux conditions de production locales et pour sa production mixte, lait et viande, répondant mieux aux objectifs recherchés.

Toutefois, bien qu'elle valorise mieux que la race locale les ressources achetées et celles issues des cultures irriguées, l'analyse de l'évolution du format des femelles, des performances laitières et de reproduction révèle des changements qui s'opèrent différemment sur les générations de vaches achetées ou nées en Algérie. Par ailleurs, peu de travaux se sont intéressés aux transformations qui

ont lieu au cours des générations, sur des animaux génétiquement améliorés pour la production laitière (30) et plus généralement sur les capacités d'adaptation des animaux à fort potentiel, transposés dans un environnement fortement contraint sur le plan climatique et alimentaire. De tels animaux peuvent-ils se maintenir à long terme dans les conditions de production des systèmes d'élevage de plaines semi-arides d'altitude de l'Est algérien ?

Comparé aux références sur la race dans son berceau (7), le poids à la naissance a baissé d'une génération à l'autre ($p < 0,05$). Le poids adulte estimé des vaches a diminué également à partir de la G4, bien que l'âge d'entrée en production ait correspondu aux normes de la race.

Concernant les performances de reproduction, l'indice coûtal a présenté une valeur inférieure à celle observée au Maroc chez la race Holstein (21, 28), témoignant d'une fertilité plus élevée de la race Montbéliarde. L'intervalle entre le vêlage et la fécondation (125 jours) a été plus court que celui observé chez la Holstein au Maroc (136 jours) (28) et au Venezuela (130 à 146 jours) (11), mais plus long que celui obtenu au Brésil en station expérimentale (4). L'intervalle entre vêlages (408 jours) a été assez proche de celui enregistré chez la Holstein au Maroc (411 jours) (4), inférieur à celui observé en Irak (422 jours) (15), mais sensiblement plus long que celui admis dans les élevages laitiers des régions tempérées (19).

A l'échelle de l'exploitation, la fertilité a été variable selon l'aridité du milieu et la disponibilité fourragère (prairies naturelles, fourrage irrigué). Les troupeaux des fermes 2 et 4, situées en région semi-aride supérieure, plus arrosée, ont eu un niveau de fertilité plus élevé ($p < 0,05$). L'intervalle entre vêlages a été influencé par l'intervalle entre le vêlage et la fécondation (125 jours), dont la forte variabilité témoignait de différences entre exploitations et entre animaux. La ferme 2 disposait de surfaces fourragères importantes et de ressources irriguées pour l'été lui permettant d'atteindre une performance significativement plus élevée et comparable aux normes des régions tempérées (19). Les troupeaux des fermes 1 et 3 ont eu un IVV comparable et proche des résultats obtenus en élevage intensif chez la Holstein au Maroc (5) et en Irak (15), alors que la ferme 3 a réalisé une performance inférieure mais comparable aux résultats rapportés chez la Holstein au Venezuela (12).

Selon la génération, les indicateurs IVSF et IVV ont été comparables pour les trois générations de vaches nées localement, avec des performances supérieures à celles des animaux importés, confirmant les résultats obtenus en Irak chez la Frisonne (16). Les vaches importées ont eu des chaleurs plus tardives que les générations nées localement (153 vs 113 jours), avec pour conséquence l'allongement de l'intervalle entre vêlages de 41 à 49 jours. Toutefois, à l'échelle de la carrière, si les reproductrices importées ont exprimé plus de difficultés en début de carrière suite au changement de milieu d'élevage, leurs performances ont rejoint en fin de carrière celles des générations nées localement. Par ailleurs, le groupe de vaches de G4 a réalisé un niveau de fertilité intermédiaire entre

Tableau X

Comparaison des performances globales selon la génération

Génération	1	2	3	4
Durée de vie productive (mois)	83 ± 25 ^a	62 ± 32 ^b	53 ± 37 ^b	18 ± 35 ^c
Nb. de naissances par carrière	5,20 ± 1,88 ^a	4,32 ± 2,12 ^{ab}	4,16 ± 2,68 ^b	1,76 ± 0,92 ^c
Production laitière par carrière (kg)	17 264 ^a	11 038 ^b	11 611 ^b	4 581 ^c

^{a, b, c} Les lettres différentes sur une même ligne expriment des valeurs différentes ($p < 0,05$)

celui de la G1 et de la G2, mais significativement inférieur à celui de la G3. Toutefois, un niveau de fertilité post-partum plus faible chez la G4 n'a pas affecté son IVV.

L'évolution des performances selon le rang de mise bas confirme les résultats de reproduction globaux. Les vaches nées localement se sont distinguées des vaches importées par des IVSF et des IVV comparables et plus réguliers jusqu'en cinquième parité, signe d'adaptation rapide de la fonction de reproduction aux potentialités du nouveau milieu d'élevage. Les performances des génisses importées se sont améliorées progressivement, rejoignant à partir du cinquième vêlage celles des animaux nés localement. Ce résultat corrobore celui obtenu sur des animaux d'Europe centrale, importés dans une région semi-aride du Brésil, dont la période d'adaptation a toutefois été plus rapide (18 mois) en conditions d'élevage plus maîtrisées (4).

L'amélioration significative des paramètres de reproduction chez les animaux nés localement s'est accompagnée d'une baisse significative de la production laitière. La production laitière et sa durée se sont caractérisées par des variations également liées au niveau d'aridité et à la disponibilité des ressources fourragères. La ferme 1, située dans la zone la plus aride, comparée aux autres fermes a réalisé une durée de lactation plus courte de 13 à 27 jours et un niveau de production laitière plus faible de 843 à 1 052 kg par lactation. La durée de lactation des autres fermes a été comparable à la performance de la Holstein en Egypte (1) et au Maroc (28), évaluée respectivement à 300 et 304 jours, et leur niveau de production a également été proche de celui observé chez la Holstein au Maroc (5, 28) et en Afrique tropicale (13, 24), mais largement inférieur à celui observé en ferme expérimentale en Egypte (1).

La production laitière des vaches nées localement comparée à celle de la G1 a été plus faible et plus variable, confirmant les résultats obtenus en Irak chez la Frisonne (16). En effet, la G1, à l'échelle d'une carrière, a produit plus ($p < 0,05$) et sa durée de lactation a été assez stable, à l'exception de la deuxième lactation qui a présenté une baisse significative, probablement liée au changement brutal des conditions d'élevage, pour revenir à un niveau significativement plus élevé comparé à celui des animaux nés localement, confirmant les résultats obtenus au Brésil chez la Holstein (4). L'amélioration observée à partir de la troisième lactation pouvait exprimer l'adaptation des animaux à leur nouvel environnement et le niveau de production était assez proche de celui obtenu par le contrôle laitier de la Pie Noir au Maroc (5, 28).

La G1, produit de la sélection génétique et issue de taureaux reconnus améliorateurs, a réalisé le niveau de production laitière le plus élevé. Le fait que les générations de vaches nées localement aient été issues de taureaux non testés dont le mérite génétique était hypothétique semble avoir influencé leur niveau de production. La G2 semble avoir éprouvé le plus de difficultés à extérioriser son potentiel de production, au moins sur la première moitié de la carrière. La G3 a présenté le niveau de production le plus élevé et le plus stable sur la durée de la carrière. La G4 a produit le plus de lait en première lactation. Chez ces animaux, la chute de production significative en deuxième lactation et le maintien de la production à un niveau bas sur le reste de la carrière n'ont pas été élucidés, bien que les pratiques de conduites d'élevage aient été semblables pour toutes les catégories de femelles. Le raccourcissement sensible de la durée de lactation pour les rangs de lactation supérieurs ou égaux à deux semble avoir été la cause principale de la chute du niveau de production. La diminution de la durée de lactation entre la première et la deuxième lactation a été de 73 jours (25 p. 100 de la durée de lactation moyenne). Cette évolution semble avoir été associée à une baisse significative du poids

corporel. A partir de la deuxième lactation, l'animal n'aurait plus eu les réserves corporelles nécessaires pour couvrir ses besoins de production en début de lactation et assurer une production dans la durée.

La baisse régulière de la durée de vie productive chez les générations successives a entraîné une diminution du nombre de naissances, confirmant les résultats obtenus en Irak (15), et n'a plus assuré le renouvellement du troupeau à partir de la quatrième génération. Ce résultat doit toutefois être nuancé sur le plan régional car le niveau d'exigences en production laitière a été plus élevé dans les fermes étudiées comparées aux petites exploitations qui dominaient dans la région, et les effectifs relativement réduits de l'échantillon étudié nécessitent une confirmation des résultats sur des effectifs plus larges.

■ CONCLUSION

La politique laitière adoptée à l'échelle nationale s'est traduite par l'orientation de la filière lait vers l'importation et a longtemps freiné le développement d'un élevage laitier local tout en favorisant l'expansion et la domination de races exogènes laitières ou mixtes comme la Montbéliarde. L'étude de l'élaboration des performances en élevage bovin laitier local a montré que l'effet du milieu combiné aux pratiques d'élevage ont entraîné une baisse du poids corporel et du niveau de la production laitière, mais ne semble pas avoir pénalisé la fonction de reproduction. Ces travaux montrent les limites d'un modèle basé sur une race exogène de grand format, transféré dans les régions semi-arides pour améliorer la production laitière. Sur le long terme, l'exploitation d'une telle race exige un transfert continu en animaux à partir du berceau de la race pour assurer son maintien. Toutefois, ces résultats nécessitent de plus amples investigations afin de déterminer s'il est possible d'obtenir une amélioration de la production laitière par l'utilisation de semences de taureaux améliorateurs, combinée à la sélection parmi les animaux nés en milieu local d'individus plus aptes à stocker et à gérer les réserves corporelles, en vue de maintenir un niveau de production acceptable. Par ailleurs, les présents résultats montrent à nouveau le besoin d'un débat sur le modèle d'élevage laitier en Algérie et en régions sud méditerranéennes, ainsi que sur la place que peut avoir la sélection des races locales dans de telles conditions.

Remerciements

Nous tenons à remercier les ingénieurs et techniciens des fermes pilotes qui ont participé à cette étude, plus particulièrement MM. M. Madani, A. Alliche, M.E. Zeddami, D. Battache et Melle S. Amardjia. Les auteurs remercient également MM. B. Hubert et C. Béranger pour leur contribution dans l'amélioration du contenu de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

1. AHMED MOHARRAM A., 1988. Performances de reproduction et production laitière de la race Frisonne-Holstein en Egypte. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **41** : 209-213.
2. ARORA D.N., SHARMA J.S., 1983. Factors affecting some of the economic traits in Holstein-Frisian cattle. *Indian vet. J.*, **60**: 820-823.
3. BEDRANI S., BOUAITA A., 1998. Consommation et production du lait en Algérie : éléments de bilan et perspectives. *Cah. Cread* (44) : 45-70.
4. BENYEI B., GASPARDY A., BARROS C.W., 2001. Changes in embryo production results and ovarian recrudescence during the acclimatisation to the semiarid tropics of embryo donor Holstein-Friesian cows raised in a temperate climate. *Anim. Reprod. Sci.*, **68**: 57-68.

5. BOUJENANE I., BA M., 1986. Performances de reproduction et de production laitière des vaches Pie Noires au Maroc. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **38** : 145-149.
6. BOURBOUZE A., CHOUCHE A., EDDEBARH A., PLUVINAGE J., YAKHLEF H., 1989. Analyse comparée de l'effet des politiques laitières sur les structures de production et de collecte dans les pays du Maghreb. Montpellier, France, Ciheam, p. 247-258. (Options méditerran., Sér. Sémin. n° 6)
7. BUREAU DES RESSOURCES GENETIQUES, 2004. Les races bovines françaises : la Montbéliarde. Paris, France, Institut de l'élevage.
8. CARABANO M.J., VAN FLECK L.D., WIGGANS G.R., 1989. Estimation of genetic parameters for milk and fat yields of dairy cattle in Spain and the United States. *J. dairy Sci.*, **72**: 3013-3022.
9. CNIS, 2000. Importations de bovins laitiers. Alger, Algérie, Centre national d'informatique et de statistiques des douanes. (Sér. statistiques)
10. CHARAGU P.K., 1997. Economic efficiency of Canadian and New Zealand sires in Canadian and New Zealand dairy herds and its relationship with other traits. PhD Thesis, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada.
11. CNES, 2004. Rapport de conjoncture. Alger, Algérie, Conseil national économique et social.
12. COMBELLAS J., MARTINEZ N., CAPRILES M., 1981. Holstein cattle in tropical areas of Venezuela. *Trop. Anim. Prod.*, **6**: 414-220.
13. CROMIE A.R., KELLEHER D.L., GORDON F.J., RATH M., 1997. Genotype by environment interaction for milk production traits in Holstein Friesian dairy cattle. In: 47th meeting European Association for Animal Production, Vienna, Austria, 25-28 Aug. 1997, p. 100-114.
14. DE JONG R., 1996. Dairy stock development and milk production with smallholders. Doct. Thesis, Wageningen University, The Netherlands, 308 p.
15. EL BARBARY A.S.A., ALHAKIM M.K., SHALIE A.A., 1983. Some economic characteristics of Friesian cows in Iraq. *Ind. vet. J.*, **60**: 735-739.
16. FAYEZ I., MARAI M., TABA A.H., 1975. Productive and reproductive adaptations of Friesian cattle introduced to a subtropical environment. *Beitr. Trop. Landwirtsch. Vet.*, **14**: 313-324.
17. FERRAH A., 2000. L'élevage bovin laitier en Algérie : problématique, questions et hypothèses pour la recherche. In : Actes 3^{es} journées Recherche sur les productions animales, Tizi Ouzou, Algérie, 13-15 nov. 2000, 368 p.
18. FLAMANT J.C., 1991. Problems associated with the transfer of genetic material from temperate to warm Mediterranean regions: consequences on the equilibration of the animal production systems. In: Proc. Int. Symp. Animal Husbandry in Warm Climates, Viterbo, Italy, 25-27 Oct. 1990, p. 48-54. (EAAP No 55)
19. FOOTE R.H., 1996. Review: Dairy cattle reproductive physiology research and management – past progress and future prospects. *J. Dairy Sci.*, **76**: 3179-3187.
20. ITELV, 2000. Rapport annuel de l'observatoire des filières lait et viandes rouges. Bir Touta, Blida Algérie, Institut technique d'élevage, 65 p.
21. LAKHDISSI H., LAHLOU-KASSI A., THIBIER M., 1988. Conduite de la reproduction en grands troupeaux laitiers dans les conditions marocaines. I. Influence du programme d'action vétérinaire intégré de reproduction sur les bilans de fertilité. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **41** : 293-299.
22. MADANI T., 2000. Place et performances de l'élevage bovin en milieu semi-aride : cas de l'Algérie. In : Actes 3^{es} journées Recherche sur les productions animales, Tizi Ouzou, Algérie, 13-15 nov. 2000, 368 p.
23. MADANI T., HUBERT B., VISSAC B., CASABIANCA F., 2002. Analyse de l'activité d'élevage bovin et transformation des systèmes de production en situation sylvopastorale algérienne. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **55** : 197-209.
24. MAP, 2001. Alger, Algérie, ministère de l'Agriculture et de la Pêche. (Sér. Statistiques agricoles)
25. MBAP S.T., NGERE L.O., 1989. Productivity of Friesian cattle in a subtropical environment. *Trop. Agric.*, **66**: 121-124.
26. MWANSA P.B., 1997. Genetic analyses of longevity in Canadian and New Zealand dairy herds. PhD Thesis, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada.
27. PETERSON R., 1988. Comparison of Canadian and New Zealand sires for production, weight and conformation traits. Hamilton, New Zealand, Livestock Improvement. (Res. Bull. No 5)
28. SRAIRI M.T., BAQASSE M., 2000. Devenir, performances de production et de reproduction de génisses laitières Frisonnes pie noires importées au Maroc. *Livest. Res. rural Dev.*, **12** : 3.
29. SRAIRI M.T., KESSAB B., 1998. Performances et modalités de production laitières dans six étables spécialisées au Maroc. *Prod. Anim.*, **11** : 321-326.
30. VALLERAND F., 1979. Réflexions sur l'utilisation des races locales en élevage africain. Exemples de mouton Djallonké dans les conditions physiques et sociologiques du Cameroun. Thèse Doct., Institut national polytechnique, Toulouse, France, 242 p.
31. VISSAC B., 2003. Les vaches de la république. Saisons et raisons d'un chercheur citoyen. Versailles, France, Inra. (Coll. Espaces ruraux)
32. YAKHLEF H., 1989. La production extensive de lait en Algérie. Montpellier, France, Ciheam, p. 135-139. (Options méditerran., Sér. Sémin. n° 6)

Accepté le 20.05.2008

Summary

Madani T., Mouffok C. Milk Production and Reproductive Performance of Montbeliarde Cows in a Semiarid Area of Algeria

The objective of the study was to compare the performances of imported heifers of Montbeliarde breed and three successive generations of cows of the same breed and born in a semiarid area of Algeria. Mean weights of newborns and adults of fourth generation and over were lower than those of the standard breed because of local breeding practices and environmental conditions. The calving interval, milk yield (2200-3250 kg) and lactation length (282-309 days) varied according to the rainfall effect on fodder resources. The milk yield of imported cows was 20 to 30% higher than that of locally born cows, but their reproductive performances were lower. The intervals between calving and fertilization (153 days), and between calvings (441 days) of imported cows were longer by 36-44 days and 41-49 days, respectively. The calving interval of successive generations born locally was similar (392-400 days) and regular, showing reproductive adaptation and similar standard lactation (2755-2811 kg). Real milk yields varied between generations because of variations in the lactation length (279-296 days). The productive period became shorter from one generation to the next, affecting lifetime milk yield and number of calves born. These results specified transformations related to animal material and the limits of the dairy livestock model developed in Algeria.

Keywords: Cattle – Dairy cow – Animal performance – Progeny – Adaptation – Algeria.

Resumen

Madani T., Mouffok C. Producción lechera y rendimiento reproductivo de las vacas Montbeliardas en la región semi árida argelina

El objetivo del presente estudio fue el de comparar los rendimientos de las novillas de raza Montbeliarda importadas y de tres generaciones sucesivas de hembras de la misma raza nacidas en región semi árida argelina. Bajo el efecto de las prácticas de cría y del medio ambiente, el peso medio de los recién nacidos y del adulto a partir de la cuarta generación fue inferior al registrado en el país de origen. El intervalo entre partos y la producción lechera (2200 a 3250 kg) y su duración (282 a 309 días) variaron en función del efecto de las fluctuaciones de las lluvias y de los recursos. Las vacas importadas produjeron entre 20 y 30% más de leche que las nacidas localmente, pero sus rendimientos reproductivos fueron inferiores. Los intervalos entre parto y de fecundación (153 días) y entre partos (441 días) fueron más extensos de 36 a 44 días y de 41 a 49 días respectivamente. Las generaciones nacidas localmente presentaron un intervalo entre partos comparable (392 a 400 días) y más regular durante su carrera, expresando una adaptación de la función de reproducción y una lactación estándar comparable (2755 a 2811 kg). La variabilidad de la duración de la lactación (279 a 296 días) explica la diferencia de nivel de producción lechera real entre generaciones. De una generación a otra, la duración de la vida productiva se redujo y afectó la producción total de leche y la de terneros ($p < 0,05$). Los resultados precisan las transformaciones relativas al material animal y los límites del modelo de cría desarrollado.

Palabras clave: Ganado bovino – Vaca lechera – Desempeño animal – Progenie – Adaptación – Argelia.

Increased Milk Yield in Borgou Cows in Alternative Feeding Systems

M. Senou^{1*} S.S. Toléba¹ C. Adandédjan¹
J.-P. Poivey^{2,3} A. Ahissou⁴ F. Z. Touré⁴ C. Monsia⁴

Keywords

Borgou cattle – Dairy cow – Feeding – Yield increase – Weight gain – Benin.

Summary

The purpose of this study was to assess changes in milk yield (MY), daily weight gain (DWG), dry matter intake capacity (DMI), feed intake (FI) and energy intake (ME) of Borgou cattle in separate feeding systems. Performance records of 48 lactating cows, raised at Okpara State farm, were analyzed. The cows were distributed in three treatment groups, corresponding to three feeding systems: grazing on natural pasture (FSI); grazing on natural pasture plus supplementation with 2 kg cottonseed cakes (FSII); and rationing with 20 kg *Panicum maximum* C1, 2 kg *Brachiaria ruziziensis*, 1 kg *Aeschynomene hirta* and 2 kg cottonseed cakes (FSIII). Mean estimates were 392.0 ± 28.7 g/d, 1.77 ± 0.84 L/d, 7.88 ± 0.39 kg DM, 118.16 ± 8.59 g DM/kg^{0.75} and 71.62 ± 4.47 Mj for DWG, MY, DMI, FI and ME, respectively. Analyses of variance revealed the significance of non-genetic factors such as feeding system, age at calving, season of calving, stage of lactation, parity number, and feeding system by calving season interaction ($p < 0.05$) on DWG and MY. The greatest impact on DWG and MY was obtained in FSII with 664.7 ± 30.9 g/d and 2.00 ± 0.95 L/d, respectively, followed by FSIII with 318.9 ± 24.9 g/d and 1.90 ± 0.93 L/d.

INTRODUCTION

Dairy production in Benin relies on native cattle breeds, among which the Borgou cattle. This breed accounts for 88% of Benin's cattle population, which is estimated at 1,635,056 head (5). The production system is a traditional low input system involving extensive grazing on natural pasture without supplementation.

Milk production reaches 82.76 million liters per year, equivalent to 13 L/capita (4). At the same time, the population growth (3.2%/year) and urbanization increase the demand for milk and milk products. These figures show that the milk supply in Benin is much lower than the human population demand. It is therefore necessary to increase productivity of dairy cattle in the country. This will require developing breeding activities and management, including animal nutrition and health. The present work was carried out with the general goal to support Borgou cattle breeding and management. The following specific objectives were thus defined:

- To assess changes in the performance of Borgou cattle in answer to changing feeding systems;
- To determine relevant non-genetic factors that contribute to variations in animal performance.

The study focused on Borgou cattle because it is the most popular breed in Benin for milk production.

¹. Faculté des Sciences agronomiques, campus universitaire d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin.

². Cirad, UPR Systèmes d'élevage, Montpellier, F-34398 France.

³. Inra, Amélioration génétique des animaux, Castanet-Tolosan, F-31326 France.

⁴. Projet de développement de l'élevage, DE/MAEP, Bénin.

* Corresponding author

06 BP 14 09, Cotonou, Benin.

E-mail: m_senou2002@yahoo.fr

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted at Okpara State farm, located in Borgou Department, between long. E 2°42' and 2°53', and lat. N 9°06' and 9°20', at an altitude of 295 m above sea level. The climate is continental Sudanian with a dry season from October to March and a rainy season from April to November. The average rainfall is 1200 mm/year and the mean annual temperature ranges between 25 and 30°C. The vegetation consists of wooded or shrubby savannas and old fallows overgrown by various graminaceous formations.

Forty-eight lactating cows (2nd to 4th lactation) with average body weight of 244 ± 27 kg were randomly selected from the dairy herds of Okpara State farm and distributed between three treatment groups, corresponding to three distinct feeding systems. Each group comprised 16 lactating cows. The cows in the first feeding system (FSI, control group) were subjected to seven hours grazing (from 9.00 a.m. to 4.00 p.m.) on natural pasture predominantly composed of *Andropogon gayanus*, *Hypparrhenia involu-crata*, *Pennisetum polystachion*, *Setaria sphacelata*, *Brachiaria ruziziensis* and *Stylosanthes hamata*. Animals in the second feeding system (FSII) were supplemented with 2 kg cottonseed cakes (at 7.00 p.m.), after seven hours grazing on natural pasture, while those in the third feeding system (FSIII) were fed a diet composed of 20 kg *Panicum maximum* C1, 2 kg *Brachiaria ruziziensis*, 1 kg *Aeschynomene histrix* and 2 kg cottonseed cakes. The grass and legume fraction of the diet fed to cows in FSIII were cut at the pre-bloom stage of growth and served fresh. The fodder crops involved were grown on an improved pasture at Okpara station. The diet in FSIII was fed *ad libitum* throughout the experimental period with weighing and discarding of refused feedstuff each morning, prior to feeding. Animals of the first and second groups were housed from 7.00 p.m. to 8.00 a.m., whereas those of the third group were permanently penned throughout the experiment. Experiment duration was 60 days (from October 14th to December 12th), preceded by a three-week adaptation phase (from September 20th to October 13th). The experimental period covered the wet, wet-dry and early dry seasons. All experimental cows were weighed at monthly intervals by means of a platform balance of 1000 kg load capacity. They were hand milked twice a day (8.00 a.m. and 6.00 p.m.). Calves were allowed to suck for about one minute in order to stimulate let down of milk. The milk yield (in liters) of each cow was recorded using a graduated 2-L polyethylene bucket. The whole milk collected from each cow was served to its calf by means of a feeding bottle.

To determine feed intake (kg/cow) of cows in FSIII, the amounts of feedstuff supplied and those refused were weighed daily by means of spring balances of 10 to 100 kg load capacity. Based on these measurements and the tables of nutritive values of feeds from Legel (8), the dry matter intake [(DMI) in kg DM/d/cow], feed intake [(FI) in g DM/kg^{0.75}], and energy intake [(ME) in MJ/d] were derived. Energy contents (metabolizable energy) of *P. maximum*, *B. ruziziensis* and cottonseed cakes were determined according to the regression equation used by Legel (8). Determination of energy content of *Aeschynomene histrix* was based on the equation fitted by Xandé et al. (20).

Statistical analysis was performed using the GLM procedure of the SAS 9.1 package (13). Data on milk yield were fitted to the following model:

$$y_{ijklm} = \mu + FS_i + CS_j + (FS * CS)_{ij} + PAR_k + LS_l + b_1 (AC_m - \hat{\mu}_{AC}) + b_2 (AC_m - \hat{\mu}_{AC})^2 + e_{ijklm}$$

where y_{ijklm} is the milk yield of the m^{th} cow; μ the overall mean; FS_i the fixed effect of the i^{th} feeding system, with $i = 1-3$; CS_j the fixed effect of the j^{th} calving season, with $i = 1-4$; $(FS * CS)_{ij}$ the ij^{th} interaction of the feeding system i by the calving season j ; PAR_k the fixed effect of the k^{th} parity number, with $k = 2-4$; LS_l the fixed effect of the l^{th} stage of lactation, with $l = 1-3$; b_1, b_2 the linear and quadratic regression coefficients of the milk yield on cow's age at calving; AC_m the cow's age at calving (in months) as covariate; $\hat{\mu}_{AC}$ the population mean for cow's age at calving; and e_{ijklm} the random error term, with $e_{ijklm} \sim N(0, \sigma_e^2)$.

The seasons 1, 2, 3 and 4 of calving were defined as wet (May-October), wet-dry (November), dry (December-March) and dry-wet (April), respectively. Test day records were classified into three stages of lactation as follows: 1st stage of lactation (0-100 d), 2nd stage of lactation (101-200 d) and 3rd stage of lactation (201-300 d).

For body weight gain, feed intake and energy intake, the following model was used:

$$y_{ijkl} = \mu + CS_i + PAR_j + LS_k + b_1 (AC_l - \hat{\mu}_{AC}) + b_2 (AC_l - \hat{\mu}_{AC})^2 + e_{ijkl}$$

where y_{ijkl} is the dependent variable (body weight gain, feed intake capacity, feed or energy intake of the l^{th} cow); μ the overall mean; CS_i the fixed effect of the i^{th} calving season, with $i = 1-4$; PAR_j the fixed effect of the j^{th} parity, with $j = 2-4$; LS_k the fixed effect of the k^{th} stage of lactation, with $k = 1-3$; b_1, b_2 the linear and quadratic regression coefficients of the milk yield on cow's age at calving; AC_l the cow's age at calving (in months) as covariate; $\hat{\mu}_{AC}$ the population mean for cow's age at calving; and e_{ijkl} the random error term, with $e_{ijkl} \sim N(0, \sigma_e^2)$.

RESULTS AND DISCUSSION

The mean values and standard deviations of daily weight gain and milk yield obtained according to the feeding system, calving season, parity number, stage of lactation and age at calving are presented in table I. Those concerning dry matter intake capacity, feed intake and energy intake are presented in table II. In tables I and II are also presented the results of means comparison subsequent to the analyses of variances (AOV) of the traits studied and the significance level of effects considered in the statistical models. Results regarding feed and energy intake refer only to FSIII.

The overall means and standard deviations were 392.0 ± 4.5 g/d for the daily weight gain and 1.15 ± 0.57 , 0.62 ± 0.31 and 1.77 ± 0.84 L/d for morning, evening and daily milk yields, respectively (Table I). For dry matter intake capacity, feed intake and energy intake, the overall means were 7.88 ± 0.39 kg DM, 118.16 ± 8.59 g DM/kg^{0.75} and 71.62 ± 4.47 MJ/d respectively (Table II).

The milk yield obtained in the current study was higher than most reported milk yields for Borgou cattle under traditional husbandry conditions (3, 11). In the present study, the average milk yield of Borgou cows was estimated on the basis of part lactation records, i.e. 60-day records instead of the 305 days lactation records commonly used in test programs for daily performance evaluation of cows. In addition, the feeding experiment only took place during the first half of the dry season. Thus, experimental cows did not take advantage of the rainy season with regard to abundance and

Table I

Mean values ($\bar{x} \pm s$) of daily milk yields and daily weight gain in Borgou cows according to the feeding system, season of calving, parity number, stage of lactation and age at calving

	Daily weight gain (g/d)	Daily milk yield (L/d)		
		Morning	Evening	Total
Overall means	392.0 ± 28.7	1.15 ± 0.57	0.62 ± 0.31	1.77 ± 0.84
CV%	36.9	31.66	36.26	30.77
Feeding system (FS)	***	***	***	***
I	144.4 ± 36.8 ^c	0.84 ± 0.20 ^b	0.54 ± 0.14 ^b	1.38 ± 0.2 ^b
II	664.7 ± 30.9 ^a	1.30 ± 0.63 ^a	0.71 ± 0.36 ^a	2.00 ± 0.95 ^a
III	318.9 ± 24.9 ^b	1.30 ± 0.62 ^a	0.61 ± 0.34 ^a	1.90 ± 0.93 ^a
Calving season (CS)	***	***	***	***
Wet	471.1 ± 23.3 ^a	1.12 ± 0.55 ^b	0.61 ± 0.29 ^b	1.73 ± 0.80 ^b
Wet-dry	96.7 ± 11.7 ^c	2.01 ± 0.96 ^a	1.17 ± 0.49 ^a	3.16 ± 1.42 ^a
Dry	485.7 ± 36.1 ^a	1.04 ± 0.19 ^b	0.52 ± 0.11 ^b	1.56 ± 0.23 ^b
Dry-wet	221.2 ± 15.1 ^b	1.04 ± 0.25 ^b	0.50 ± 0.15 ^b	1.54 ± 0.25 ^b
Parity number	***	***	***	***
2	550.0 ± 29.9 ^a	0.88 ± 0.14 ^c	0.49 ± 0.16 ^c	1.37 ± 0.23 ^c
3	372.1 ± 36.7 ^b	1.04 ± 0.45 ^b	0.59 ± 0.23 ^b	1.63 ± 0.63 ^b
4	327.6 ± 23.9 ^b	1.62 ± 0.76 ^a	0.81 ± 0.45 ^a	2.43 ± 1.17 ^a
Stage of lactation	***	**	***	***
1	325.4 ± 35.3 ^b	1.55 ± 0.74 ^a	0.88 ± 0.46 ^a	2.43 ± 1.17 ^a
2	415.9 ± 22.6 ^a	1.00 ± 0.45 ^b	0.54 ± 0.16 ^b	1.57 ± 0.57 ^b
3	414.9 ± 38.1 ^a	1.02 ± 0.29 ^b	0.52 ± 0.12 ^b	1.54 ± 0.34 ^b
Interactions FS*CS	***	***	***	***
Regression on cow's age at calving				
Linear (b_1)	ns	***	*	***
		0.85 ± 0.18	0.29 ± 0.11	1.14 ± 0.27
Quadratic (b_2)	ns	***	**	***
		-0.003 ± 0.001	-0.003 ± 0.001	-0.011 ± 0.002

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; ns: not significant

quality of fodder crops. Extending the individual test day records to 305 day records, so that records from both wet and dry seasons could be included in the lactation total, may yield higher results.

The dry matter intake capacity of 7.88 ± 0.39 kg DM/d for Borgou cows is close to the value of 7.1 kg DM/d reported by Muinga et al. (9) for Jersey cows fed Napier Gras *ad libitum* under semihumid tropical conditions. Expressed in grams of dry matter per metabolic body weight, the feed intake of Borgou cows (118 g DM/kg^{0.75}) agreed with the mean intake (135 g DM/kg^{0.75}) recommended for cows yielding on average 5000 kg fat-protein-corrected-milk (FPCM) in 305-day lactations (6). With nearly similar dry matter intake per metabolic body weight, the milk performances of Borgou and Jersey cows differ because of differences in genetic potentials. But the energy content of the diets offered can also explain differences in their performances. In fact, the energy intake of Borgou cows in the present study was half the energy requirements (1.07 Mcal/lb or 152.32 MJ per day) recommended by NRC (10) for small cow breeds, i.e. breeds with a weight lower

than 900 lb (408.16 kg) and yielding less than 18 lb (8.16 kg) of milk daily. The Jersey breed ranks in this category. Therefore, Borgou cows would probably respond with higher performances (MY, DWG) when fed a diet with a higher energy content. Additional research is suggested to refine the ration in FSIII by increasing its energy level at the same voluntary intake as that found in the present study. In addition, the coefficient of variation obtained in this experiment for the daily milk yield was higher than that obtained in most improved breeds (15). This indicates that the Borgou breed also has great potential for genetic improvement through selection on milk yields.

Analyses of variance revealed that the feeding system was highly significant with regard to variations in the milk yield and daily weight gain ($p < 0.001$). The highest daily weight gain and daily milk yield were obtained in FSII with 664.7 ± 30.9 g/d and 2.00 ± 0.95 L/d, followed by FSIII with 318 ± 24.9 g/d and 1.90 ± 0.93 L/d, respectively. Both systems differed significantly from FSI, where a daily weight gain of 144.4 ± 36.8 g/d and

an average milk yield of 1.38 ± 0.28 L/d were obtained. The significance of the effect of the feeding system on the milk yield can be explained by differences in the nutritional values of diets, as the protein supply in FSII and FSIII was obviously higher than that in FSI. Although experimental cows were fed at the same concentrate level (2 kg cottonseed cakes) in FSII and FSIII, the average milk yield of cows was higher in FSII than in FSIII. The difference was probably due to the advantage of selective choice of forage by cows raised under FSII. However, the milk yield difference between FSII and FSIII was not significant. In contrast, differences in body weight gain of cows in FSII and FSIII were significant ($p < 0.05$).

Milk yield, body weight gain and feed intake per metabolic body weight were significantly affected ($p < 0.01$ or $p < 0.0001$) by the season of calving, whereas the dry matter intake capacity and energy intake (metabolizable energy) were not. The significance of the effect of the calving season on milk yields agrees with reports by other authors (2, 7, 18). The average milk yield of cows that calved in the wet-dry season (3.16 ± 1.42 l/d) was significantly higher than those of cows that calved in the wet, the dry and the dry-wet seasons (Table I). This was because cows which parturition occurred in the wet-dry season took advantage of the whole vegetation period (six months) during gravidity. In addition, they were fed green forage of higher feeding value immediately after parturition. Usually, the postpartum period of these cows coincides with the qualitative decline of the biomass, i.e. the beginning of the dry season. But in the study area, the upper horizon of the soil was moist enough to allow for vegetation regrowth, especially when

Table II

Mean values ($\bar{x} \pm s$) of dry matter intake capacity (DMI), feed intake (FI) and energy intake (ME) in Borgou cows according to the calving season, parity number, lactation stage and cow's age at calving

	DMI (kg DM/d)	FI (g DM/kg ^{0.75})	ME (MJ/d)
Overall means	7.88 ± 0.39	118.2 ± 8.6	71.62 ± 4.47
Calving season	ns	*	ns
Wet	7.88 ± 0.42^a	118.9 ± 9.3^a	71.37 ± 4.70^a
Wet-dry	7.90 ± 0.43^a	109.1 ± 6.1^b	72.77 ± 5.06^a
Dry	7.82 ± 0.32^a	121.0 ± 7.7^a	71.22 ± 4.51^a
Dry-wet	8.02 ± 0.26^a	115.9 ± 4.1^a	72.54 ± 3.64^a
Parity number	*	ns	ns
2	8.00 ± 0.36^a	115.4 ± 7.2^a	72.33 ± 4.19^a
3	7.89 ± 0.37^{ab}	119.8 ± 6.9^a	71.58 ± 4.29^a
4	7.69 ± 0.42^b	119.9 ± 11.9^a	70.59 ± 5.25^a
Stage of lactation	ns	ns	ns
1	7.88 ± 0.39^a	109.2 ± 5.4^b	72.86 ± 4.53^a
2	7.90 ± 0.43^a	119.9 ± 8.6^a	71.20 ± 4.74^a
3	7.87 ± 0.36^a	118.6 ± 8.0^a	71.77 ± 4.23^a
Regression on cow's age at calving			
Linear (b_1)	*	ns	ns
Quadratic (b_2)	*	ns	ns

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; ns: not significant

bushfire was used. This practice was common place in the whole Borgou Department. There was a significant interaction ($p < 0.05$) between feeding system and calving season on milk yield (Figure 1). This meant that ranking feeding systems based on milk yields varied with the calving season.

The parity number significantly affected the daily weight gain, milk yield ($p < 0.001$) and dry matter intake ($p < 0.05$) of Borgou cows. The milk yield increased also with the increase in lactation number, reaching a peak (2.43 ± 1.17 L/d) at the fourth lactation. The increase in milk yield in relation with the increase in parity number was probably due to the maturity of the milk secretion system. Similarly, the dry matter intake capacity increased with increasing parity number. Inversely, the daily weight gain decreased with increasing parity number, i.e. the highest daily weight gain (550.0 ± 29.9 g/d) was recorded for second parity cows, whereas the lowest daily weight gain (327.6 ± 23.9 g/d) was recorded for fourth parity cows. However, the differences observed in daily weight gains of third and fourth parity cows were not significant.

Variations in milk yield and body weight gain were significantly affected by the lactation stage ($p < 0.0001$) (Table I). Cows in their first lactation stage exhibited the highest performance in milk yield (2.43 ± 1.17 L/d) but the lowest daily weight gain (325.4 ± 35.3 g/d). The milk yields obtained thereafter were lower. The milk yield obtained in the first lactation was significantly higher than those in second and third lactations. There was no significant difference between second and third lactation milk yields. These results agreed with the well known profile of the lactation curve of dairy cows. No significant differences were found between the different lactation stages with regard to dry matter intake per metabolic body weight and energy intake.

The age of cows at calving affected milk yield and dry matter intake capacity in its linear ($p < 0.0001$ or $p < 0.05$) and quadratic ($p < 0.0001$ or $p < 0.05$) functions. The dairy performances of cows of intermediate age were higher than those of younger and older cows (Figure 2). This might be explained by the incomplete body development of younger cows and the physiological deterioration of older ones (17, 19).

The significance of non-genetic factors such as age at calving, season of calving, stage of lactation and parity number on the milk yield of cows has been reported by many authors (1, 12, 14, 15, 16, 18) as it is the rationale for the development of adjustment factors for environmental fixed effects as well as for the use of test day models in breeding value evaluation of dairy cows. Age-season adjusted record is known as breed class average in Canada or as mature equivalent in the United States. Standard correction factors

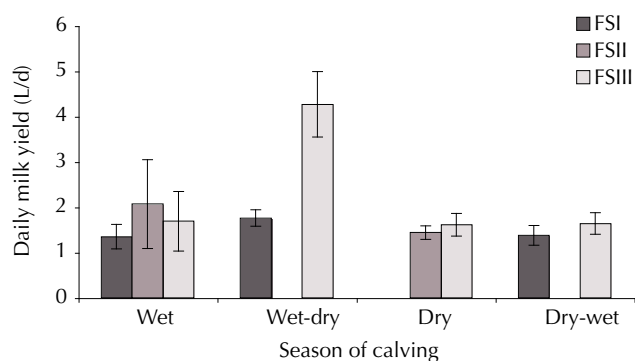


Figure 1: Daily milk yield according to the feeding system (FSI, FSII, FSIII) and calving season in Borgou cows.

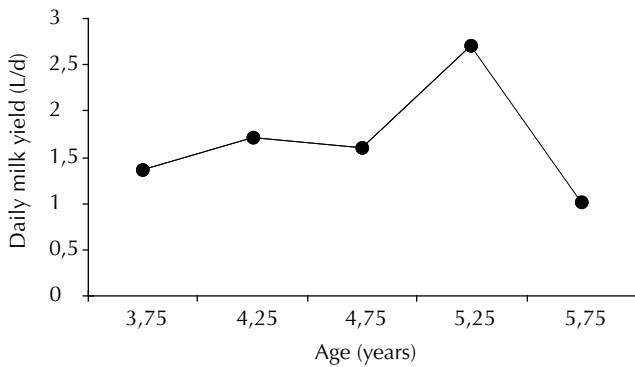


Figure 2: Daily milk yield according to the age of Borgou cows.

for effects such as season and age at calving among others have also been developed by Wilmlink (18) for Dutch Friesian cows. Auran (1) also reported that age at calving explained about 20-40% of the total variation in milk production.

REFERENCES

- AURAN T., 1973. Studies on monthly and cumulative monthly milk yield records. I. The effect of age, month of calving, herd and length of the first period. *Acta. Agric. Scand.*, **23**: 189-199.
- CHAGUNDA M.G., WOLLNY C., NGWERUME F., KAMWANGA L.A., MAKHAMBERA T.P.E., 1995. Environmental factors affecting milk production of a Holstein Friesian herd in southern Malawi. In: Proc. Int. Symp. Livestock Production through Animal Breeding and Genetics, Harare, Zimbabwe, 10-11 May 1995.
- DEHOUX J.P., HOUNSOU-VE G., 1993. Productivité de la race bovine Borgou selon les systèmes d'élevage traditionnels au Nord-Est du Bénin. *World Anim. Rev.*, **74/75**: 36-48.
- DPP/MAEP, 2002. Plan d'action élevage. Cotonou, Bénin, DPP/MAEP.
- FAO, 2001. Production yearbook. Rome, Italy, FAO.
- GROEN A.F., 1989. Cattle breeding goals and production circumstances. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 167 p.
- JEFFERY H.B., BER R.T., HARDIN R.T., 1971. Factors influencing milk yield in beef cows and affecting the preweaning performance of their calves. *Can. J. Anim. Sci.*, **51**: 551-560.
- LEGEL S., 1984. Futterwerttabellen tropischer Futtermittel. Berlin, Deutschland, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- MUINGA L.W., THORPE W., TOPPS J.H., 1993. Lactational performance of Jersey cows given Napier fodder (*Pennisetum purpureum*) with and without protein concentrates in the semi-humid tropics. *Trop. Anim. Health Prod.*, **25**: 118-128.
- NRC, 1978. Nutrient requirements for dairy cattle, 5th Edn. Washington, DC, USA, NRC.
- OGODJA O.J., 1988. Estimation de la production laitière et de la croissance des veaux de la race bovine Borgou au Bénin. Thèse Ingénieur agronome, FSA / Université d'Abomey-Calavi, Bénin.
- POOL M.H., MEUWISSEN T.H.E., 1999. Prediction of daily milk yields from a limited number of test-days using test-day models. *J. Dairy Sci.*, **82**: 133-145.
- SAS, 2000. SAS/STAT User's Guide. Cary, NC, USA, SAS Inst.
- STANTON T.L., JONES L.R., EVERETT R.W., KACHMAN S.D., 1992. Estimating milk, fat and protein lactation curves with a test day model. *J. Dairy Sci.*, **75**: 1691-1700.
- THORPE W., KANGETHE P., REGE J.E.O., MOSI R.O., MWANDOTO B.A.J., NJUGUNA P., 1993. Cross breeding Ayrshire, Friesian and Sahiwal cattle in semiarid tropics of Kenya. *J. Dairy Sci.*, **76**: 2001-2012.
- VARGAS B., KOOPS W.J., HERRERO M., VAN ARENDONK J.A.M., 2000. Modeling extended lactations of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **83**: 1371-1380.
- VIVEROS J.D., DOMINGUEZ R.N., VALVERDE R.R., FLORES A.R., 2003. Environmental effects and repeatability for growth traits in Tropicane cattle. *Tec. Pecu. Mex.*, **41**: 1-18.
- WILMINK J.B.M., 1987. Adjustment of test day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livest. Prod. Sci.*, **16**: 335-348.
- WOOD P.D.P., 1968. Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle. *Anim. Prod.*, **11**: 307-316.
- XANDE A., GARCIA-TRUJILLO R., CACERES O., 1989. Feeds of the humid tropics (West Indies). In: Jarrige R., Ed., Ruminant nutrition, recommended allowances and feed tables. Paris, France, INRA, p. 347-362.

Accepté le 14.08.2008

Résumé

Senou M., Toléba S.S., Adandédjan C., Poivey J.-P., Ahissou A., Touré F.Z., Monsia C. Amélioration de la performance laitière des vaches Borgou dans des systèmes d'alimentation alternatifs

L'objectif de la présente étude a été d'appréhender la variabilité des caractères tels que la performance laitière (PL), le gain moyen quotidien (GMQ), la capacité d'ingestion de la matière sèche (IMS), l'ingestion alimentaire (IA) et l'énergie métabolisable absorbée (EM) chez les vaches Borgou, en fonction du système d'alimentation. Des mesures de performances réalisées sur 48 vaches allaitantes, élevées à la ferme d'Etat de l'Okpara, ont été analysées. Les vaches ont été réparties sur trois lots correspondant à trois systèmes d'alimentation : la pâture sur parcours naturel (SAI), la pâture sur parcours naturel plus supplémentation avec 2 kg de tourteau de coton (SAII), et le rationnement avec 20 kg de *Panicum maximum* C1, 2 kg de *Brachiaria ruziziensis*, 1 kg d'*Aeschynomene histrix* et 2 kg de tourteau de coton (SAIII). Les moyennes estimées ont été de 392,0 ± 28,7 g/j, 1,77 ± 0,84 l/j, 7,88 ± 0,39 kg MS, 118,16 ± 8,59 g MS/kg^{0,75} et 71,62 ± 4,47 Mj, respectivement pour GMQ, PL, IMS, IA et EM. L'analyse de variance a montré que les facteurs non génétiques tels que le système d'alimentation, l'âge au vêlage, la saison de vêlage, le stade de lactation et la parité ainsi que l'interaction entre le système d'alimentation et la saison de vêlage avaient un effet significatif ($p < 0,05$) sur GMQ et PL. Le plus grand impact sur GMQ et PL a été obtenu avec SAII (respectivement 664,7 ± 30,9 g/j et 2,00 ± 0,95 l/j), suivi de SAIII (318,9 ± 24,99 g/j et 1,90 ± 0,93 l/j).

Mots-clés : Bovin Borgou – Vache laitière – Alimentation – Augmentation de rendement – Gain de poids – Bénin.

Resumen

Senou M., Toléba S.S., Adandédjan C., Poivey J.-P., Ahissou A., Touré F.Z., Monsia C. Aumento del rendimiento de leche en vacas Borgou bajo sistemas de alimentación alternativos

El objetivo del presente estudio fue el de asesorar cambios en el rendimiento de leche (RL), ganancia de peso diaria (GPD), capacidad de ingestión de materia seca (IMS), ingestión de alimento (IF) e ingestión de energía (EM) del ganado Borgou bajo sistemas de alimentación separados. Se analizaron los registros de rendimiento de 48 vacas lactantes, criadas en la finca estatal de Okpara. Las vacas se distribuyeron en tres grupos de tratamiento, correspondientes a tres sistemas alimenticios: pastoreo en pasto natural (SAI); pastoreo en pasto natural más suplemento con 2 kg de tortas de semilla de algodón (SAII) y racionalizado con 20 kg de *Panicum maximum* C1, 2 kg *Brachiaria ruziziensis*, 1 kg *Aeschynomene histrix* y 2 kg tortas de algodón (SAIII). Los promedios estimados fueron de 392,0 ± 28,7 g/d, 1,77 ± 0,84 L/d, 7,88 ± 0,39 kg DM, 118,16 ± 8,59 g DM/kg^{0,75} y 71,62 ± 4,47 Mj para GPD, RL, IMS, IF y EM respectivamente. Los análisis de varianza revelaron resultados significativos para factores no genéticos, como sistema de alimentación, edad de parto, época de parto, estadio de lactación, número de partos y la interacción de sistema de alimentación por época de parto ($p < 0,05$) sobre GPD y RL. El mayor impacto sobre GPD y RL se obtuvo con SAII con 664,7 ± 30,9 g/d y 2,00 ± 0,95 L/d, respectivamente, seguido por SAIII con 318,9 ± 24,9 g/d y 1,90 ± 0,93 L/d.

Palabras clave: Ganado bovino Borgou – Vaca lechera – Alimentación – Aumento del rendimiento – Ganancia de peso – Benin.

Monte Carlo Simulation to Assess the Impact of Adult MOET Schemes in Somba Cattle

M. Senou¹ L. Dempfle²

Keywords

Somba cattle – Superovulation – Embryo transfer – Genetic gain – Inbreeding – Benin – Togo.

Summary

Monte Carlo simulations were carried out in order to assess the impact of multiple ovulation and embryo transfer (MOET) on the dairy performance of Somba cattle. Adult MOET-nucleus schemes were simulated over 20 generations of selection, assuming a fixed test capacity of 512 milk recorded females, a success rate of transfer of 70%, a survival rate of 70% and various sibship sizes ($n_D = 4, 8, 16$). Selection criteria were the BLUP estimates of the true additive genetic values of candidates using the reduced animal model. For different combinations of number of donors ($D = 64, 128, 256$) and number of sires ($S = 4, 8, 16$) to be selected, the simulated genetic response in milk yield ranged from 0.088 to 0.127 phenotypic standard deviation units (SU) per year. These figures corresponded to a genetic progress of 2.2 to 3.2% of the population mean per year (coefficient of variation in milk yield is 25% for Somba cattle). For all alternatives with regard to population structure, the simulated rate of inbreeding ranged from 1.32 to 2.93% per year, while the expected one ranged from 0.83 to 3.32%. Compared to the rate of inbreeding commonly admitted in a conventional progeny-testing scheme (0.1 to 0.2% per year), the rates of inbreeding expected from the simulated adult MOET schemes were quite high and could be a cause of concern. Strategies to reduce inbreeding in short or medium terms were examined.

INTRODUCTION

The Somba breed has been described as belonging to the group of trypanotolerant West African Shorthorn (WAS) savannah type (20). The breed enjoys a particularly high reputation for its adaptability to marginal environments characterized by limited feed resources, high climatic stress and disease challenge. Its native area lies between lat. 9°45' and 10°45' N, and long. 0°45' and 1°45' E. This corresponds to the area stretching from the Atacora Mountain chain to the valley formed by the Tapiongo Mountain, the frontier between Benin and Togo, the Nattiwah Mountain and the Keran River. The number of Somba cattle has steadily declined during the last decade, decreasing from 58 000 head in 1987 to 25 000 head

in 1995 (9). This negative trend in population size is due mainly to the high culling rate of young bulls for religious purposes and to the extensive crossbreeding with zebu stocks in order to obtain heavier animals for draft or better milkers. Concern about the risk of loss of the Somba breed was first expressed by FAO (6), who stressed the need for conservatory measures to prevent its further erosion. Recent achievements in non-surgical recovery of embryos from super-ovulated Somba cows (5), though modest (about two transferable embryos per cow), are significant for the feasibility of embryo transfer (ET) in this breed. ET is in turn a prerequisite for multiple ovulation and embryo transfer (MOET) breeding programs. The advantages of MOET schemes are: increased reproductive rates of donors, increased efficiency of selection in females and acceleration of genetic progress. MOET schemes should be especially useful for conservation of endangered breeds, as they can help both to compensate the handicap of small populations and to decide farmers to stick to their local breeds. This seems to be only possible by improving productivity of the latter (14). The purpose of this work was to assess the impact of adult MOET schemes on genetic progress in dairy performance in Somba cattle.

1. Faculté des Sciences agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01BP526, Cotonou, Bénin.

E-mail: m_senou2002@yahoo.fr

2. Department of Animal Science, T.U.-München, Weihenstephan, Alte Akademie 12, 85350 Freising, Germany.

E-mail: l.dempfle@t-online.de

MATERIALS AND METHODS

A Monte Carlo simulation was used to design adult MOET-nucleus breeding schemes, similar to that proposed by Nicholas and Smith (15) with minor adaptations. Candidates of each sex were selected at 34 months of age, when females have completed their first lactation, so that the generation interval was 3.7 years. Parameters and symbols used are presented in table I.

Generation 0

Generation 0 consisted of founder animals. D dams were randomly sired by S bulls with a mating ratio of M according to a hierarchical family structure. Founder animals were assumed to be unrelated.

Generation 1

Generation 1 consisted of MOET offspring of the founder population. Assuming that the total number of transferable embryos obtained from D females (donors) is T, the total number of MOET progeny of each sex surviving at selection will be $n_o / 2 = svT / 2$, where s is the success rate of transfer and v the survival rate of calves. This corresponds to a MOET sibship size of $n_D = svT / D$ with a sex ratio of 50%. When female offspring completed their first lactation, they were selected on individual and sib records, while male offspring were selected on full and half sib records. S out of $n_o / 2$ test bulls and D out of $n_o / 2$ test dams were selected to form the next generation.

Generation 2 to t

Test animals in generation t were offspring of selected animals in generation t - 1. In these generations, individual records and sib records, plus all available pedigree information were used for

selection in females. For selection in males, sisters' performance plus all available pedigree information were used.

Genetic values and selection criteria

An infinitesimal model was assumed, i.e. the inheritance of the trait under consideration was determined by a large number of loci, each with a small and additive effect. The true genetic value of an individual was expressed in terms of gametic contributions of its parents plus a Mendelian sampling term:

$$a_i = 0.5a_s + 0.5a_d + \phi_i \quad (1)$$

where a_s and a_d are the genetic values of the sire and dam of animal i, and ϕ_i the Mendelian sampling term.

$$\phi_i \sim N(0; 0.5(1 - \bar{F}_i)\sigma_a^2)$$

\bar{F}_i is the average inbreeding coefficient of the parents of animal i and σ_a^2 the additive genetic variance of the milk yield.

Considered as deviations from population mean, the additive genetic values of founder animals were generated as random normal distributed numbers:

$$a_i \sim N(0, \sigma_a^2)$$

Selection criteria were the BLUP estimates of true additive genetic values of candidates, using the reduced animal model (RAM) (11, 16).

Phenotypic records were also generated as follows:

$$Y_i = \mu + 0.5a_s + 0.5a_d + \phi_i + e_i \quad (2)$$

where μ is the population mean and e_i the random environmental effect.

$$e_i \sim N(0, \sigma_e^2)$$

In matrix notation, the reduced animal model can be written as:

$$Y_o = Xb + Za_p + e^* \quad (3)$$

with $e^* = \phi + e$ and where Y_o is the vector of observations on offspring, b the vector of fixed effects, a_p the vector of breeding values of parents, ϕ the vector of the Mendelian sampling terms, e the vector of random environmental effects, X the design matrix of fixed effects, and Z an incidence matrix of 0's and 1/2's identifying the parents of the animals for each record.

Using the computational approach proposed by Kennedy et al. (12), estimates of breeding values of offspring were derived from the following equation:

$$\hat{a}_o = 0.5(\hat{a}_s + \hat{a}_d) + h_w^2 [Y - \hat{\mu} - (0.5\hat{a}_s + 0.5\hat{a}_d)] \quad (4)$$

where \hat{a}_o is the estimate of the breeding value of the candidate, \hat{a}_s and \hat{a}_d are the estimated breeding values of sires and dams of the candidate,

$h_w^2 = 0.5(1 - \bar{F})h^2 / [0.5(1 - \bar{F})h^2 + (1 - h^2)]$ is the within family heritability, and h^2 is the heritability coefficient of the milk yield.

The estimates of the breeding values of parents \hat{a}_s and \hat{a}_d are solutions of the following mixed model equation:

$$\begin{bmatrix} X' R^{-1} X & X' R^{-1} S \\ S' R^{-1} X & S' R^{-1} S + A_p^{-1} / \sigma_a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a}_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X' R^{-1} Y \\ S' R^{-1} Y \end{bmatrix} \quad (5)$$

with $S = \begin{bmatrix} I \\ Z \end{bmatrix}$ and $R = \begin{bmatrix} I \sigma_e^2 & 0 \\ 0 & D \end{bmatrix}$

and where I is the $p \times p$ identity matrix, D a $n_o \times n_o$ diagonal matrix with $D_{ii} = 0.5(1 - \bar{F}_i)\sigma_a^2 + \sigma_e^2$, and A_p is the $p \times p$ numerator relationship matrix among parents.

Table I

Parameters and symbols used for the simulated adult MOET breeding schemes

Parameter	Symbol	Value
Num. of transferable embryos recovered	T	
Success rate of transfer	s	70 %
Survival rate of MOET progeny	v	70 %
Num. of breeding sires per generation	S	
Num. of female donors per male	M	
Sex ratio	r	50 %
Num. of donors per generation	D = SM	
Num. of MOET progeny at selection	$n_o = svT$	
Breeding goal is the daily milk yield	MY	
Heritability	h^2	0.25
Coefficient of variation	cv	0.25
Evaluation method of bulls and dams	BLUP (RAM)	
Selection criterion	Estimated breeding value	
Generation interval	L	3.5 years
Num. of replicates	R	100
Num. of test bulls (dams)	$t_B = t_D = svT / 2$	

Genetic response

The simulated average genetic response per generation was computed by the regression of the cumulated responses $\Sigma \Delta G_t$ on the generation number t , and compared to the expected response obtained from the formula of Rendel and Robertson (17):

$$\Delta G_E = (\rho_{AI_M} i_M + \rho_{AI_F} i_F) \sigma_a^2 / 2 \quad (6)$$

where ΔG_E is the expected response to selection, ρ_{AI_M} and ρ_{AI_F} are the correlation between true and estimated breeding values of males and females, respectively, i_M and i_F are the standardized selection differentials for males and females, respectively, while σ_a^2 is the additive genetic variance.

To account for finite population size, order statistics of Becker (1) were used for standardized selection differentials.

Inbreeding

The rate of inbreeding per generation was derived from the regression of logarithm of $1 - F_t$ on generation number t , where F_t is the average inbreeding coefficient of the population at generation t . Inbreeding coefficients per generation were obtained from the numerator relationship matrix constructed by the technique of Hudson et al. (11). The simulated rate of inbreeding per generation was compared to those expected assuming a Poisson distribution of family size (21).

$$\Delta F_E = \frac{1}{2N_e} = \frac{1}{8} \left(\frac{1}{S} + \frac{1}{D} \right) \quad (7)$$

where ΔF_E is the theoretical rate of inbreeding per generation, N_e is the corresponding effective population size, and S and D are the number of sires and dams selected per generation.

■ RESULTS AND DISCUSSION

Table II shows the simulated and expected genetic responses per year in closed adult MOET-nucleus schemes with alternative designs of selected populations and a constant test capacity of 512 milk recorded females, assuming one batch of 1024 successful transfers, a success rate of transfer of 70%, a survival rate of 70% and variable sizes of MOET sibship. For different combinations of number of donors ($D = 64, 128, 256$), number of selected sires ($S = 4, 8, 16$) and number of MOET offspring per donor ($n_D = 4, 8, 16$), the simulated genetic response in milk yield ranged from 0.088 to 0.127 phenotypic standard deviation units (SU). These figures correspond to rates of genetic change of 2.2 to 3.2% of the population mean per year, the coefficient of variation in milk yield being 0.25 for Somba cattle (4).

These results showed that the adult MOET nucleus schemes studied had the potential to increase genetic response in milk yield by about 10 to 59% more than a well-organized progeny testing scheme could. The conventional progeny-testing scheme used as base for comparison is referred to by Nicholas and Smith (15) as the one with the maximum impact on genetic change (equilibrium genetic change is 0.1 SU per year).

Results also showed that the smaller was the number of donors needed to generate the assumed number of candidates, the higher were the simulated and expected genetic changes. With 256 donors selected to breed the test population of 512 candidates of each sex, the simulated genetic response per year was 0.088 SU. With 128 donors needed to breed the same test population, the simulated genetic response increased to 0.2 SU per year.

The expected genetic changes showed the same tendency, the corresponding values being 0.096, 0.12 and 0.14 SU per year for 256, 128 and 64 donors, respectively, to be selected. On the other hand, the number of MOET offspring to be produced by a donor, given the constant test population assumed, was inversely proportional to the size of the donor population. For example, 256 donors would be selected, if four MOET offspring per donor were produced. With eight MOET progeny per donor, the number of donors needed would be 128, and so on. In other words, the efficiency of selection, coupled with the intensity of selection on the females to breed female (FF) and females to breed male (FM) paths depended on the capacity of donors to produce more MOET offspring. Similarly, accuracy and intensity of selection on the males to breed male (MM) and males to breed female (MF) paths became greater with a decreasing number of sires used or with an increasing mating ratio, given a fixed number of donors used to breed the test population. Consequently, the simulated genetic response increased from 0.115 SU to 0.116 SU and to 0.118 SU as the number of bulls used to sire the donor population decreased from 16 to 8 and 4 (mating ratio = 8, 16, 32), respectively.

However, the magnitude of the increase in genetic change resulting from the increased mating ratio was less than that obtained by increasing the number of MOET offspring per donor. Similar results were also reported by Kosgey et al. (13). These results indicated that the relative contribution of both FF and FM paths to the genetic response was higher than that of the MM and MF paths. Simulated genetic responses were about 0.9 to 13.4% lower than those expected. The discrepancy between simulated and expected genetic change was probably caused by the reduction in selection differentials due to the intra-class correlations between estimated breeding values (10). This discrepancy became greater as the number of half-sib families and the sibship size increased. Similar results have been previously reported by Ruane and Thompson (18). Another reason that could account for the discrepancy between simulated and estimated genetic changes was the depletion of genetic variance due to the negative linkage disequilibrium, the so-called Bulmer effect (2). The classical formula of Rendel

Table II
Simulated and expected genetic response in milk yield^{1,2}

Num. of MOET progeny ³ per donor	Num. of donors	Num. of sires	Genetic response	
			Simulated	Expected
n_D	D	S	ΔG_S	ΔG_E
4	256	16	89	91
		8	88	101
8	128	16	115	116
		8	116	120
		4	118	127
16	64	8	116	134
		4	127	143

¹ Simulated and expected genetic response in milk yield ($\times 10^3$ standard deviation units) per year in adult MOET-nucleus breeding schemes with alternative designs of selected populations, assuming a batch of 1024 successful transfers, a success rate of 70%, a survival rate of 70% and variable sizes of MOET sibship

² $h^2 = 0.25$; $\sigma_a^2 = 1$

³ Number of MOET progeny living at selection

and Robertson to predict genetic response did not account for reduction in selection differential and changes in additive genetic variance in subsequent cycles of selection. Therefore, the expected genetic gains obtained in the present study should be considered as the upper bounds of the predictable ones.

The simulated and expected rates of inbreeding per year are given in table III. For all alternatives with regard to the population structure, the simulated rates of inbreeding ranged from 1.32 to 2.93%, while those expected ranged from 0.83 to 3.32% per year.

These results showed that, in general, the inbreeding rates were underestimated by the theoretical formula of Wright (21) under the assumption of Poisson distribution of family size. It should be noticed here that the formula of Wright (1931) (21) does not account for the effect of selection differentials and that of the correlations between selection criteria on the rates of inbreeding. The approach of Burrows (3) does account for these parameters but is inappropriate to the hierarchical family structures as it is to repeated cycles of selection. With a constant mating ratio, the rate of inbreeding increased as the number of MOET offspring per donor increased (table III). On the other hand, the rate of inbreeding increased with increasing mating ratio, given a fixed number of MOET progeny per donor and a constant test capacity. As a result, the rate of inbreeding increased, when the selection pressure and the accuracy of selection on any of the four paths of gene transmission increased.

Compared to the rate of inbreeding commonly admitted in a conventional progeny testing scheme of 0.1 to 0.2% per year, the rates of inbreeding expected from the simulated adult MOET schemes were quite high and could be a cause of concern, if realized in practice as pointed out by Ruane and Thompson (18). To reduce the rates of inbreeding by MOET, the latter suggested the opening of the nucleus to outstanding animals or to run the MOET scheme under the regime of overlapping generations.

Other attempts to reduce inbreeding in short or medium term could be the avoidance of mating close relatives, and, as importantly, to apply some restrictions on family structure, i.e. select the best bull out of the half-sibs and/or the best dam out of the full-sibs. The price to pay for such selection strategies is the reduction in selection differentials and hence in the genetic response.

Table III

Simulated and expected rates of inbreeding (x100) per year in adult MOET-nucleus breeding schemes with alternative designs of selected populations

Num. of MOET progeny ³ per donor	Num. of donors	Num. of sires	Rate of inbreeding	
			Simulated	Expected
n_D	D	S	ΔF_S	ΔF_E
4	256	16	132	83 (63)
		8	174	161 (93)
8	128	16	175	88 (50)
		8	216	166 (77)
		4	254	322 (126)
16	64	8	263	180 (69)
		4	293	332 (113)

In parentheses is the ratio $\Delta F_E / \Delta F_S$ in percent

Results in the present study showed that the MOET technique can be valuable to increase potential rates of genetic progress in Somba cattle. As argued by Nicholas and Smith (15), a greater control over breeding, performance recording and selection can be exercised because of the small number of animals involved in the nucleus. The costs of embryo transfer are prohibitive in developing countries due to the required importation of inputs (19). However the actual embryo transfer service or technology may be quite low, if the number of calves produced is high (7). These services and management facilities can be provided by a government, a cooperative or a breeders association.

■ CONCLUSION

Results from this study confirm the finding that substantial improvements in genetic response can be achieved by adult MOET-nucleus schemes. There are also good reasons to use MOET through a utilizationist approach of conservation (8) of the Somba population. Since the number of MOET offspring per donor living at selection is the major biological parameter that promotes efficiency of breeding work by MOET, the capability of Somba cows to produce more MOET offspring than possible today will be determinant for the implementation of a MOET scheme involving the Somba breed in its native tract. Further progress in the application of the MOET biotechnology to the Somba cattle is also worthwhile. The Achilles heel of closed MOET-nucleus schemes is the high rate of inbreeding, if selection has to be efficient. Open nucleus schemes or schemes with overlapping generations, among other strategies, might be useful to overcome this difficulty to a higher or lesser extent.

REFERENCES

1. BECKER W.A., 1984. Manual of quantitative genetics. Washington, DC, USA, Pullman, p. 159-172.
2. BULMER M.G., 1971. The effect of selection on genetic variability. *Am. Nat.*, **105**: 201-211.
3. BURROWS P., 1984. Inbreeding under selection from related families. *Biometrics*, **40**: 895-906.
4. CIRDES, 2001. La race bovine Somba : sa caractérisation et recherches en vue de son amélioration. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, CirDES, 33 p.
5. CRISTOFORI F., QUARANTA G., SIDIBE M., MATTONI M., TRUCCHI G., BELEMSAGA D.M.A., 2001. Essais de production et de collecte d'embryons chez la vache Somba. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **54** : 263-268.
6. FAO, 1989. Protection de la race taurine Somba et de son environnement. Rome, Italie, FAO.
7. FAO, 1991. Training manual for embryo transfer in cattle. Rome, Italie, FAO, 163 p. (Anim. Prod. Health Paper 77)
8. FITZHUGH H.A., STRAUSS M.S., 1992. Management of global animal genetic resources. Organizational and institutional structure. Rome, Italy, FAO, p. 283-297. (Anim. Prod. Health Paper 104)
9. HALL S.J.G., GNAHO L.K., MEGHEN C., 1995. Une enquête sur la race bovine Somba au Bénin. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48** : 77-83.
10. HILL W.G., 1976. Order statistics of correlated variables and implications in genetic selection programmes. *Biometrics*, **32**: 889-902.
11. HUDSON G.F.S., QUAAS R.L., VAN VLECK L.D., 1982. Computer algorithm for the recursive method of calculating large numerator relationship matrices. *J. Dairy Sci.*, **65**: 2018-2022.

12. KENNEDY B.W., SCHAEFFER L.R., SORENSEN D.A., 1988. In: Proc. Animal model workshop, Edmonton, AB, Canada, 25-26 June, p. 17-26.
13. KOSGEY I.S., KAHN A.K., VAN ARENDONK J.A.M., 2005. Evaluation of closed adult nucleus multiple ovulation and embryo transfer and conventional progeny testing breeding schemes for milk production in tropical crossbred cattle. *J. Dairy Sci.*, **88**: 1582-1594.
14. LEDERER J.A., GESER M., 1989. Utilization of MOET in Austria. In: Proc. of EAAP Semin. Cattle production and animal genetics, Kiel, Germany, 1-2 Dec. 1988, p. 93-99.
15. NICHOLAS F.W., SMITH C., 1983. Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer and splitting. *J. Anim. Prod.*, **36**: 341-353.
16. QUAAS R.L., POLLAK E.J., 1980. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. *J. Anim. Sci.*, **51**: 1277-1287.
17. RENDEL J.M., ROBERTSON A., 1950. Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a closed herd of dairy cattle. *J. Genet.*, **50**: 1-8.
18. RUANE J., THOMPSON R., 1989. Simulation of an adult multiple ovulation and embryo transfer (MOET) nucleus breeding scheme in dairy cattle. In: Proc. EAAP Semin. Cattle production and animal genetics, Kiel, Germany, 1-2 Dec 1988, p. 73-79.
19. SEIDEL G.E.JR., SEIDEL S.M., 1992. Analysis of application of embryo transfer in developing countries. In: Proc. Animal reproduction and breeding, Part 1, Potentials and limitations of biotechnology in livestock production in developing countries. Stuttgart, Germany, ATSAF, 68 p.
20. SHAW A.P.M., HOSTE C.H., 1987. Trypanotolerant cattle and livestock development in West and Central Africa. Rome, Italie, FAO. (Anim. Prod. Health Paper 67/2)
21. WRIGHT S., 1931. Evolution in Mendelian populations. *Genetics*, **16**: 97-159.

Accepté le 15.09.2008

Résumé

Senou M., Dempfle L. Simulation Monte-Carlo pour évaluer l'impact des schémas MOET adultes chez les bovins Somba

L'impact de la technique de superovulation et du transfert d'embryons (MOET) sur la performance de la race Somba a été évalué à l'aide de simulations du type Monte-Carlo. Des schémas MOET adultes en noyaux fermés ont été simulés et soumis à 20 générations consécutives de sélection en supposant une capacité fixe de testage de 512 femelles connues pour leurs performances laitières, un taux de succès de 70 p. 100 pour le transfert, un taux de survie de 70 p. 100 chez les embryons et des tailles variables de familles ($n_D = 4, 8, 16$). Les valeurs additives génétiques des candidats ont été estimées par la méthode BLUP utilisant le modèle animal réduit (RAM). Pour différents scénarios déterminés par le nombre de donneurs ($D = 64, 128, 256$) et le nombre de géniteurs ($S = 4, 8, 16$) à sélectionner, la réponse à la sélection a varié de 0,088 à 0,127 unités standard phénotypiques par an. Ces valeurs correspondaient à un progrès génétique annuel de 2,2 à 3,2 p. 100 par rapport à la moyenne de la population par an (le coefficient de variation de la performance laitière de la race Somba étant de 25 p. 100). Pour toutes les alternatives du point de vue de la structure de la population, le taux de consanguinité obtenu par simulation a varié de 1,32 à 2,93 p. 100 par an, contre une valeur estimée allant de 0,83 à 3,32 p. 100. Comparé au taux annuel de consanguinité de 0,1 à 0,2 p. 100 généralement admis pour le schéma conventionnel de testage sur descendance, les taux de consanguinité prédictibles pour les schémas MOET adultes ont été remarquablement élevés. Pour pallier ce handicap, des stratégies de réduction à court et à moyen terme du taux de consanguinité ont été examinées.

Mots-clés: Bovin Somba – Superovulation – Transfert embryonnaire – Gain génétique – Consanguinité – Bénin – Togo.

Resumen

Senou M., Dempfle L. Simulación de Monte Carlo para evaluar el impacto de esquemas MOET en el ganado Somba adulto

Se llevaron a cabo simulaciones de Monte Carlo, con el fin de evaluar el impacto de ovulaciones múltiples durante la transferencia de embriones (MOET), sobre el rendimiento del ganado Somba. Durante 20 generaciones de selección, se simularon esquemas de núcleo adulto-MOET, asumiendo una capacidad fija de prueba de 512 hembras lecheras registradas, una tasa de transferencia de 70% de éxito, una tasa de sobre vivencia de 70% y varios tamaños de sibship ($n_D = 4, 8, 16$). Los criterios de selección fueron las estimaciones del BLUP de los verdaderos valores genéticos adicionados de los candidatos, utilizando un modelo animal reducido. Para diferentes combinaciones de varios donadores ($D = 64, 128, 256$) y varios machos ($S = 4, 8, 16$) a seleccionar, la respuesta genética simulada en el rendimiento de leche fue de 0,088 a 0,127 unidades fenotípicas de desviación estándar por año. Estas figuras corresponden a un proceso genético de 2,2 a 3,2% del promedio de la población por año (el coeficiente de variación en el rendimiento de leche es de 25% para el ganado Somba). Para todas las alternativas relativas a la estructura de la población, la tasa simulada de endogamia varió de 1,32 a 2,93% por año, mientras que la esperada varió de 0,83 a 3,32%. En comparación con la tasa de endogamia comúnmente aceptada en un esquema de examen de la progenitura (0,1 a 0,2% por año), los esquemas fueron bastante altos y podrían ser preocupantes. Se examinan estrategias para reducir la endogamia a corto y mediano plazo.

Palabras clave: Ganado bovino Somba – Superovulación – Transferencia de embriones – Mejora genética – Endogamia – Benin – Togo.

Paramètres de découpe et de mensurations des carcasses d'agneaux Martinik élevés en conditions intensives

G. Alexandre ^{1*} B. Bocage ² O. Coppry ³
J.L. Weisbecker ⁴ M. Mahieu ¹ H. Archimède ¹

Mots-clés

Ovin Martinik – Carcasse –
Mensuration corporelle –
Conformation animale –
Croissance – Antilles françaises.

Résumé

L'ovin Martinik est sélectionné pour ses capacités d'adaptation et sa productivité. Les filières lui reprochent une faible conformation de carcasse, alors même que ces carcasses ont été peu décrites. Au cours de deux essais d'engraissement intensif, des abattages ont été réalisés et des découpes et des mensurations linéaires ont été relevées. Ces variables ont été analysées et la détermination des équations d'allométrie a été réalisée. La base de données (n = 43 agneaux) a été codifiée pour les niveaux d'alimentation et la classe de poids d'abattage (PA : 28, 32 et 36 kg). Les poids moyens de carcasse froide (CF) ont varié (P < 0,05) de 11,7 à 15,6 kg. Les rendements de carcasse ont été en moyenne de 59 p. 100 (P > 0,05). Les poids des différents morceaux ont augmenté significativement (P < 0,01) avec la gamme de CF. Les proportions d'épaule et de gigot ont représenté respectivement 18 et 34 p. 100 de la CF. Les différentes longueurs mesurées sur la carcasse et la largeur de bassin ont augmenté (P < 0,05) avec la CF (près de 9 p. 100 de différence entre les poids extrêmes). Les index de compacité de carcasse (0,32) et de gigot (0,45) n'ont pas varié selon le PA, alors que les index pondéraux ont été différents. Les coefficients d'allométrie de l'épaule (0,915) et du gigot (0,891) ont été du même ordre de grandeur que ceux de la littérature. Ces premières descriptions des carcasses de l'ovin Martinik pourraient être proposées à la filière afin de poursuivre le travail et mieux baser les choix de race et de systèmes.

■ INTRODUCTION

Aux Antilles françaises, l'élevage de moutons est basé sur l'exploitation de la race Ovin Martinik (OMK) qui est un génotype à poils (*hair sheep, ovino de pelo*) très répandu dans la Caraïbe (24). La sélection de l'OMK prend en compte ses capacités d'adaptation (résistance au climat et aux parasites), de reproduction (désaisonnement et prolificité) et ses qualités maternelles (31). Les performances d'engraissement et la conformation de la carcasse sont encore peu étudiées. Les éleveurs souhaitent alourdir les carcasses et les bouchers lui reprochent une faible conformation

[Association martiniquaise de l'interprofession viande (Amiv), et Interprofession guadeloupéenne de la viande et de l'élevage (Iguavie) ; commun. pers.]. Or, il est difficile de faire la part entre les facteurs génétiques et environnementaux (12, 29, 32) dans l'obtention des performances.

Au vu des formats des races exploitées en Europe, l'agneau OMK est de la catégorie des agneaux légers (9-12 kg carcasse). Cependant, le mode d'élevage le plus répandu se déroule au pâturage (20) qui ne permet pas l'alourdissement des carcasses et l'amélioration de la conformation. Ceux-ci dépendent de l'ingestion d'aliments riches en énergie (3, 8, 19). Quelques expérimentations ont été conduites en systèmes intensifs avec les moutons OMK (1, 5) afin de déterminer l'efficacité alimentaire des rations et les résultats technico-économiques. Cependant, la description de la conformation des carcasses ainsi que la proportion des morceaux découpés, connues et utilisées depuis longtemps dans la filière viande française (7), ont été peu étudiées sous nos latitudes. Il est apparu nécessaire de fournir des données factuelles et de les partager avec les acteurs des filières Amiv et Iguavie.

1. Inra, UR 143 Recherches zootechniques, Petit Bourg, F-97170 Guadeloupe.
2. Inra, UE 503 Production et santé animale, Petit Bourg, F-97170 Guadeloupe.
3. Inra, UE 467, Domaine Gardel, Le Moule, F-97160 Guadeloupe.
4. Inra, UE0065 Génétique animale, Montgiscard, F-31450 France.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +590 (0)5 90 25 59 33 ; fax: +590 (0)5 90 25 59 36

E-mail : gisele.alexandre@antilles.inra.fr

Au cours des deux essais d'engraissement intensif cités, l'un à base de canne à sucre et l'autre avec un gradient d'apports de concentrés, lors des abattages, des mensurations linéaires et pondérales ont été relevées en même temps que des notations subjectives de la conformation de la carcasse. L'étude a été complétée par la détermination des équations d'allométrie reliant les poids des morceaux à ceux du poids vif vide ou de la carcasse.

■ MATERIEL ET METHODES

Conduite des animaux

Les agneaux de race OMK ont été élevés en stabulation après sevrage durant près de quatre mois d'engraissement. Les conditions expérimentales détaillées sont décrites par Alexandre et coll. (1) pour l'essai 1, et Archimède et coll. (5) pour l'essai 2.

Essai 1

Quarante agneaux Martinik élevés en stabulation libre ont reçu une ration de canne à sucre entière broyée [0,69 unité fourragère lait (UFL) et 15 g de teneur en protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote de l'aliment (PDIN)/kg de matière sèche (MS)]. Le complément azoté a été apporté par des pois (*Pisum sativum* ; 1,16 UFL et 155 g PDIN/kg MS) à raison de 12-14 p. 100 de la ration. Les animaux ont pesé $20,2 \pm 3,0$ kg à quatre mois en début de période d'adaptation.

Essai 2

Quatre lots d'agneaux (10 par lot) recevant du fourrage vert (0,72 UFL et 90 g PDIN/kg MS) ont été comparés sur la base de l'apport de concentrés (1,15 UFL et 112 g PDIN/kg MS) dans la ration : le lot L0 a reçu la ration de base sans concentrés, les lots L150, L300 et L600 ont reçu, en plus, respectivement 150, 300 et 600 g de concentrés par agneau et par jour. Les animaux ont pesé $20 \pm 3,7$ kg à quatre mois en début d'essai.

Mesures à l'abattage et sur carcasse

Les animaux ont été abattus entre 24 et 38 kg, et entre 26 et 38 kg respectivement dans l'expérimentation 1 et 2 (tableau I). La procédure classique a été mise en œuvre (abattage, saignée, éviscération, dépeçage). Les carcasses ont été placées durant 24 h de ressuyage en chambre froide à 4 °C. Elles ont été pesées chaudes (CC) et froides (CF). Sur la carcasse froide, une note de conformation (de 1 à 5) et des notes de gras interne et externe (de 1 à 5) ont été attribuées selon la méthode de routine adaptée aux agneaux légers (26).

Plusieurs mensurations linéaires ont été réalisées selon une méthode de routine (11) avec un pied à coulisse ou un mètre ruban : sur la carcasse entière pendue, plus grande largeur au niveau des trochanters et longueur de carcasse queue - cou ; après avoir scié la carcasse en deux parties égales le long de la colonne vertébrale, sur la demi-carcasse gauche pendue, longueur jarret -

Tableau I

Statistiques descriptives pour les variables de carcasse des agneaux Martinik conduits dans des expérimentations différentes

Variable	Exp. ¹	n	Moyenne	Dévi- ation standard	CV ² (%)	Minimum	Maximum
Gain de poids moyen quotidien (g/j)	1	20	116,7	26,6	23	57,1	168,6
	2	23	172,4	30,8	18	124,4	224,8
	3	44	78,4	16,5	21	42,0	115,0
Poids à jeun (kg)	1	20	30,5	3,6	12	23,9	37,9
	2	23	33,0	3,4	10	26,4	38,1
	3	44	22,4	4,7	21	13,9	32,5
Carcasse froide (kg)	1	20	13,8	1,9	14	10,2	17,8
	2	23	13,5	1,7	13	9,2	17,0
	3	44	9,3	2,1	22	5,6	14,4
Epaule (g)	1	20	1 228	169	14	890	1 600
	2	23	1 211	121	10	1 008	1 422
	3	44	960	114	12	770	1 170
Cou (g)	1	20	863	136	16	640	1 080
	2	23	730	110	15	576	980
Poitrine (g)	1	20	1 006	176	17	750	1 490
	2	23	1 053	150	14	790	1 290
Gigot (g)	1	20	2 187	283	13	1 660	2 750
	2	23	2 317	230	10	1 974	2 840
Côtes (g)	1	20	1 624	238	15	1 200	2 080
	2	23	1 511	165	11	1 187	1 820

¹ Expérimentation : 1, selon Alexandre et coll., 2008, *Livest. Res. rural Dev.* ; 2, selon Archimède et coll., 2007, *Small Ruminant Res.* ; 3, selon Marie-Magdeleine et coll., 2007, *Trop. Anim. Health Prod.*

² Coefficient de variation (dévi-ation standard / moyenne)

symphise, profondeur de la poitrine au niveau de la sixième côte et longueur interne de la carcasse symphise pubienne - pointe du sternum. La carcasse gauche a été alors découpée en cinq morceaux déterminés par des points anatomiques précis répertoriés par la découpe standardisée de Boccard et Dumont (6) : les gigot, cou, épaule, poitrine et train de côtes ont alors été pesés.

Calculs et analyses statistiques

Le poids vif vide (PVV) a été calculé comme la différence entre le poids vif à jeun avant abattage et le contenu du tube digestif ; le rendement de carcasse vrai a été calculé comme le rapport entre le poids de carcasse froide et le poids vif vide (CF/PVV).

L'index de compacité (IC) de la carcasse est défini (18) comme étant le rapport de la largeur du bassin sur la longueur queue - cou et l'index de compacité du gigot comme étant le rapport de la largeur du bassin sur la longueur du gigot. De plus, des index pondéraux (IP) ont été calculés (poids sur longueur, de la carcasse ou du gigot).

La base de données (n = 43 agneaux) des deux expérimentations citées est décrite dans le tableau I. Trois classes de poids d'abattage ont pu être déterminées : 28 kg (26,4-29,6 kg), 32 kg (30,3-33,8 kg) et 36 kg (34,2-38,4 kg). Une analyse de variance a été réalisée sur les différentes variables mesurées avec le modèle linéaire général (logiciel Minitab V14,2) en prenant en compte les effets du mode d'alimentation et de la classe de poids à l'abattage, et l'interaction qui a été prise en considération quand elle s'est avérée statistiquement significative.

Les équations d'allométrie ont été déterminées sur une base de données élargie (tableau I) en prenant en compte des résultats d'abattage d'agneaux OMK (n = 44) (21) mais où seules les carcasses et épaules ont été pesées. L'équation de Huxley (16) a été utilisée, $\log Y = a \log X + b$, où Y est le poids de carcasse et X le poids à jeun ou le poids vif vide, ou encore Y le poids d'un morceau donné et X le poids de la carcasse.

■ RESULTATS ET DISCUSSION

Les performances de croissance des agneaux OMK, variant de 78 à 172 g/j et pouvant atteindre jusqu'à 200 g/j, ont dépendu principalement des types de rations testées (tableau I) et ont montré aussi une grande variabilité animale (20 p. 100 de coefficient de variation). Des techniques d'embouche intensive, testées sous des latitudes africaines, aboutissent à des croissances similaires au Zimbabwe (133 g/j ; 22), mais aussi à des niveaux moindres (75-80 g/j) au Burkina Faso ou au Bénin (2, 9), sans doute en raison de l'âge et de l'état des animaux mis à l'engrais.

Carcasse et découpe

Les poids moyens de carcasse froide (tableau II) ont augmenté logiquement avec la classe de poids vif des agneaux (2 kg de plus par classe de poids en moyenne). Les rendements de carcasse (commerciaux, 45 p. 100 ; vrais, 59 p. 100) n'ont pas varié avec la gamme de poids comme déjà rapporté (30), sans doute en liaison avec des dépôts de gras limités constatés sur les carcasses (1, 5). Il est à noter que les rendements en carcasse ont été parmi les meilleurs des pays chauds : 44 p. 100 (15), 48 p. 100 (19, 22, 25), 50 p. 100 (10, 12), 52 p. 100 (17), ce qui est une conclusion encourageante pour ces premiers essais d'engraissement intensif des agneaux Martinik.

Les poids des différents morceaux (tableau II) ont augmenté significativement (P < 0,01) et de façon logique avec la classe de poids de carcasse. La différence entre les deux lots extrêmes a été

de 28 p. 100 pour l'épaule, 30 p. 100 pour le gigot et 40 p. 100 pour le collier. Les proportions d'épaule, de gigot, et de collier ont représenté 18, 34, et 12 p. 100 de la carcasse, sans présenter de différences significatives entre classes de poids. Les proportions des morceaux ont été semblables à celles des ovins de type viande observées par Laville et coll. (32 à 36 p. 100 pour le gigot et 16 p. 100 pour l'épaule ; 18), et des agneaux Manchega rapportées par Zurita-Juarez et coll. (31 et 19 p. 100 ; 33). Les agneaux OMK semblaient présenter des proportions de morceaux nobles dans la carcasse, supérieures aux valeurs rapportées sur des ovins tropicaux par Ramos de Siqueira et coll. (27) au Brésil, Nagalakshmi et coll. (23) en Inde, et Gutierrez et coll. (15) au Mexique, bien qu'il soit difficile de comparer les techniques de découpe.

Mensurations des carcasses

Les mensurations des carcasses (tableau III) ont montré que, avec l'alourdissement des animaux, les longueurs (quel que soit le site de mesure sur la carcasse) et la largeur de bassin augmentaient (P < 0,05) progressivement dans la suite logique de leur gamme de poids (près de 9 p. 100 de différence entre les poids extrêmes) et la profondeur de poitrine ne variait que de 4 p. 100.

Les index de compacité de carcasse (de l'ordre de 0,32) et du gigot (de l'ordre de 0,45) n'ont pas varié selon le poids, alors que les index pondéraux ont été différents (P < 0,01). Les index pour la carcasse ont été dans la gamme présentée pour la race Manchega (IP de 214 à 291 g/cm pour un poids de carcasse froide de 14,8 kg ; 33) mais inférieurs à ceux des agneaux français sélectionnés pour leur conformation (IC de 0,37 et IP de 300 g/cm ; 13, 18). Cependant, ces valeurs restent proportionnelles au format et poids de carcasse des races considérées qui pèsent 4 kg de plus que la carcasse des OMK. Les mêmes index calculés pour le gigot ont été largement inférieurs à ceux relevés dans les études citées, les différences venant du poids et de la taille des gigots (plus de 3 kg et 23 cm comparativement à 2,2 kg et 18 cm).

Tableau II

Effet du poids d'abattage sur les poids, rendement et notes des carcasses des agneaux Martinik alimentés dans différentes conditions (n = 43, données ajustées pour l'effet alimentation)

Classe de poids à l'abattage (kg)	28	32	36
Poids vif vide (kg)	20,1 ^a (± 0,6)	23,5 ^b (± 0,3)	26,9 ^c (± 0,4)
Carcasse froide (kg)	11,7 ^a (± 0,3)	13,8 ^b (± 0,2)	15,6 ^c (± 0,3)
Rendement de carcasse (%)	60,0 (± 0,3)	59,4 (± 0,2)	58,5 (± 0,3)
Note de conformation	3,8 ^a (± 0,2)	4,1 ^b (± 0,2)	4,5 ^b (± 0,2)
Epaule (g)	1 058 ^a (± 33)	1 226 ^b (± 24)	1 360 ^c (± 30)
Collier (g)	651 ^a (± 27)	814 ^b (± 20)	908 ^c (± 25)
Poitrine (g)	880 ^a (± 41)	1 029 ^b (± 31)	1 170 ^c (± 38)
Train de côtes (g)	1 334 ^a (± 46)	1 594 ^b (± 34)	1 747 ^c (± 43)
Gigot (g)	1 967 ^a (± 49)	2 233 ^b (± 36)	2 549 ^c (± 45)

^{a,b,c} Sur une même ligne, les valeurs suivies de lettres différentes diffèrent significativement à P < 0,05

Tableau III

Effet du poids d'abattage sur les mensurations ¹ des carcasses des agneaux Martinik alimentés dans différentes conditions (n = 43, données ajustées pour l'effet alimentation)

Classe de poids à l'abattage (kg)	28	32	36
Largeur du bassin (cm)	17,2 ^a (± 0,2)	17,7 ^a (± 0,1)	18,8 ^b (± 0,2)
Longueur queue - cou (cm)	54,2 ^a (± 0,6)	56,7 ^b (± 0,5)	58,6 ^b (± 0,6)
Profondeur au thorax (cm)	26,6 ^a (± 0,3)	27,1 ^a (± 0,3)	27,8 ^b (± 0,3)
Longueur du gigot (cm)	38,2 ^a (± 0,4)	39,8 ^b (± 0,3)	40,8 ^b (± 0,4)
Longueur de carcasse interne (cm)	61,1 ^a (± 0,4)	63,4 ^b (± 0,3)	66,4 ^c (± 0,8)
Index de la carcasse (largeur/longueur)	0,32 (± 0,004)	0,31 (± 0,003)	0,32 (± 0,004)
Index du gigot (largeur/longueur)	0,45 (± 0,006)	0,44 (± 0,005)	0,46 (± 0,006)
Index pondéral carcasse (poids/longueur) (g/cm)	214 ^a (± 4)	244 ^b (± 4)	268 ^c (± 5)
Index pondéral gigot (poids/longueur) (g/cm)	51 ^a (± 1)	56 ^b (± 1)	62 ^c (± 1)

¹ Selon la nomenclature officielle de Boccard et Dumont, 1955, *Ann. Zootech.*

^{a,b,c} Sur une même ligne, les valeurs suivies de lettres différentes diffèrent significativement à P < 0,01

Equations d'allométrie

Le coefficient d'allométrie de la carcasse relative au poids à jeun (tableau IV) a varié de 0,105 point par rapport à l'allométrie relative au poids vif vide. Le premier cité a été supérieur à 1 (la CF aurait un développement plus tardif que celui du poids à jeun) et le coefficient calculé par rapport au poids vif vide a été inférieur à 1 (la CF serait plus précoce que le PVV). Il est vrai que, entre les deux estimateurs X du coefficient d'allométrie, la différence vient du tube digestif qui est connu pour être tardif par rapport aux abats rouges. Ce qui va dans le sens d'une conclusion justifiée depuis longtemps par Boccard et Dumont (7) qui soulignent l'importance des calculs à partir du PVV pour les ruminants (afin de se défaire des variations du contenu digestif et des poids relatifs des compartiments du tube digestif).

Les coefficients d'allométrie de l'épaule par rapport à la CF ont été de niveaux différents selon la base de données considérée (tableau IV), sans doute en relation avec l'étendue de la gamme de variation du poids de CF, comme l'ont souligné Boccard et Dumont (7) qui indiquent que les poids relatifs des morceaux nobles diminuent sensiblement d'une gamme de poids à une autre. Dans la présente étude, les valeurs de CF de la base élargie (avec une moyenne et un minimum de 9,3 et 5,6 kg) ont été inférieures de 4 kg à celles de la base initiale. Aparicio-Ruiz et coll. (4) citent une valeur de coefficient d'allométrie de l'épaule bien moindre, de 0,669, pour

Tableau IV

Croissance relative des différents morceaux de la découpe de carcasse des agneaux Martinik. Equation allométrique $\log y = a * \log x + b$

Variable y	n	a	b	SE	R ²
Données relatives au poids à jeun (x)					
Carcasse	87	1,059	-0,461	0,027	94,7
Données relatives au poids vif vide (x)					
Carcasse	87	0,906	-0,109	0,027	94,7
Epaule	87	0,716	2,103	0,033	78,2
Morceaux relatifs au poids de carcasse (x)					
Epaule	87	0,820	-0,306	0,020	92,1
	43	0,915	-0,704	0,019	85,5
Cou	43	1,042	-1,415	0,052	53,0
Poitrine	43	1,025	-1,231	0,041	63,5
Gigot	43	0,891	-0,334	0,020	84,7

des carcasses d'agneaux légères de 10-12 kg, ce qui soutiendrait la présente hypothèse.

Il est déjà bien établi que la croissance des différentes unités anatomiques n'est pas isométrique. Les résultats de cette étude préliminaire ont montré que l'agneau OMK n'échappait pas à la règle. En concordance avec de nombreux travaux (7, 28, 33) les gigots et épaules ont eu des allométries inférieures à 1, soit un développement proportionnellement moins rapide que le gain de poids de carcasse. En revanche, les observations de cette étude ne sont pas en concordance avec les travaux cités pour les coefficients d'allométrie du collier et de la poitrine qui sont supérieurs à 1. Ceci pourrait être lié à des différences génétiques, rapportées chez des animaux croisés européens et ovins à poils du Brésil (14).

CONCLUSION

La plupart des caractéristiques des carcasses d'agneaux Martinik engraisés intensivement ont semblé comparables, toutes proportions gardées (relatives au poids de carcasse), à celles de génotypes à viande. Cependant, les index linéaires et pondéraux des gigots ont été bien moindres et s'expliquent par le fait que l'OMK n'est pas encore sélectionné sur ce critère. Ces premières variables descriptives de carcasse se classent parmi les meilleures données d'ovins tropicaux élevés en conditions favorables.

Les paramètres de découpe et de mensurations de carcasse d'ovin Martinik mériteraient d'être d'avantage évalués dans des études ultérieures afin d'élargir la gamme de variation. L'accumulation de données factuelles sur la description des carcasses de l'OMK pourrait être mise à disposition des acteurs de la filière afin de communiquer sur les critères de sélection intra race et/ou les choix de systèmes d'élevage. Par ailleurs, pour les filières locales, il convient de souligner que les carcasses de moutons à poils, engraisés intensivement, s'alourdiraient de façon conséquente (jusqu'à 16 kg) en présentant, par ailleurs, une note de conformation voisine de 4 (grille agneaux légers), jugée comme un bon niveau. Tout ceci confirmerait l'intérêt de la production d'agneaux lourds.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier C. Anais, P. Despois, G. Gravillon, F. Silou et W. Troupé pour leurs apports techniques, ainsi que les responsables des filières Amiv et Iguavie. Les travaux ont été réalisés grâce au financement de la région Martinique, du Fonds européen d'orientation et de garantie agricole (Feoga) et de l'Office de développement de l'économie agricole des départements d'Outre-Mer (Odeadom).

BIBLIOGRAPHIE

1. ALEXANDRE G., COPPRY O., BOCAGE B., FLEURY J., ARCHIMEDE H., 2008. Effect of live weight at slaughter on the carcass characteristics of intensively fattened Martinik sheep fed sugar cane supplemented with pea flour. *Livest. Res. rural Dev.*, **20**.

2. ALKOIRET T.I., MANNE A.A.S., GBANGBOCHE A.B., ATTAKPA E.Y., 2007. Fattening performance of Djallonke sheep supplemented with cotton seed husks in Benin. *Livest. Res. rural Dev.*, **19**.

3. AMEGEE Y., 1984. Le mouton de Vogon (croisé Djallonké x Sahélien) au Togo III. Performances d'engraissement et rendement des carcasses. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **37** : 97-106.

4. APARICIO RUIZ F., TOVAR ANDRADA J., GARCIA PALOMA J.A., 1982. Coeficiente de alometria en las diferentes piezas de canales de corderos machos de raza Merina Campineza. *Arch. Zootec.*, **120**: 205-210.

5. ARCHIMEDE H., ALEXANDRE G., PELLONDE P., DESPOIS P., BOCAGE B., ETIENNE T., 2007. Growth performances and carcass traits of Ovin Martinik lambs fed various ratios of tropical forage to concentrate under intensive conditions. *Small Ruminant Res.*, **75**: 162-170.

6. BOCCARD R., DUMONT B.L., 1955. Etude de la production de viande chez les ovins I. La coupe des carcasses. Définition d'une coupe de référence. *Ann. Zootech.*, **3** : 241-257.

7. BOCCARD R., DUMONT B.L., 1976. La qualité des carcasses ovines. In : Proc. 2^{es} journées de la Recherche ovine et caprine, croissance, engraissement et qualité des carcasses d'agneaux et de chevreaux. Paris, France, Inra-Itovic, p. 44-78.

8. BOURZAT D., BONKOUNGOU E., RICHARD D., SANFO R., 1987. Essais d'intensification de la production animale en zone sahélo-soudanienne : alimentation intensive de jeunes ovins dans le Nord du Burkina. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **40** : 151-156.

9. BULDGEN A., DETIMMERMAN F., PIRAUX M., COMPERE R., 1992. Les techniques d'embouche de moutons en région soudano-sahélienne sénégalaise. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **45** : 321-328.

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. COLOMER-ROCHER F., 1988. COLOMER-ROCHER F., DELFA R., SIERRA I., 1988. Método normalizado para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales ovinas producidas en el área mediterránea, según los sistemas de producción. *Cuadernos INIA*, **17**: 19-41.

12. EWNETU ERNIAS, ALEMU YAMI, REGE J.E.O., 2006. Slaughter characteristics of Menz and Horro sheep. *Small Ruminant Res.*, **64**: 10-15.

13. FLAMANT J.C., PERRET G., 1976. Le croisement et la production de viande d'agneaux ; comparaison et sélection des races de mâles. In : Proc. 2^{es} journées de la Recherche ovine et caprine, croissance, engraissement et qualité des carcasses d'agneaux et de chevreaux. Paris, France, Inra-Itovic, p. 110-134.

14. FURUSHO-GARCIA I.F., OLALQUIAGA PEREZ J.R., BONAGURIO S., LEAL DOS SANTOS C., 2006. Allometric study of cuts and tissues of the carcass of purebred and crossbred Santa Ines lambs. *Rev. Bras. Zootec.*, **35**: 1416-1422.

15. GUTIERREZ J., RUBIO M.S., MENDEZ R.D., 2005. Effects of cross-breeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. *Small Ruminant Res.*, **70**: 1-5.

16. HUXLEY J.S., 1932. Problems of relative growth. London, UK, Methuen, 276 p.

17. KAWAS J.R., GARCIA C.R., GARZA C.F., FIMBRES D.H., OLIVARES S.E., HERNANDEZ V.G., LU C.D., 2007. Effects of sodium bicarbonate and yeast on nutrient intake, digestibility, and ruminal fermentation of light-weight lambs fed finishing diets. *Small Ruminant Res.*, **67**: 157-163.

18. LAVILLE E., BOUIX J., SAYD T., EYCHENNE F., 2002. La conformation bouchère des agneaux. Etude d'après la variabilité génétique entre races. *Prod. Anim.*, **15** : 53-56.

19. MAHGOUB O., LU C.D., EARLY R.J., 2000. Effects of dietary energy density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omani growing lambs. *Small Ruminant Res.*, **37**: 35-42.

20. MAHIEU M., AUMONT G., ALEXANDRE G., 1997. Elevage intensif des ovins tropicaux à la Martinique. *Prod. Anim.*, **10** : 21-32.

21. MARIE-MAGDELEINE C., LIMEA L., DESPOIS P., SAMINADIN G., ARCHIMEDE H., ALEXANDRE G., 2008. Growth and carcass traits of Martinik sheep fed *Musa paradisica* in replacement of *Dichantium* hay. *Trop. Anim. Health Prod.* (sous presse)

22. MATIKA O., VAN WYK J.B., ERASMUS G.J., BAKER R.L., 2003. A description of growth, carcass and reproductive traits of Sabi sheep in Zimbabwe. *Small Ruminant Res.*, **48**: 119-126.

23. NAGALAKSHMI D., SASTRY V.R.B., KESAVA RAO V., 2002. Influence of feeding processed cottonseed meal on meat and wool production of lambs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, **15**: 26-33.

24. NAVES M., ALEXANDRE G., LEIMBACHER F., MANDONNET N., MENENDEZ BUXADERA A., 2001. Le point sur les programmes de gestion des ressources génétiques chez les espèces de ruminants dans la Caraïbe. *Prod. Anim.*, **14** : 182-192.

25. NEGUSIE E., ROTTMAN O.J., PIRCHNER F., REGE J.E.O., 2004. Growth and carcass composition of tropical fat-tailed Menz and Horro sheep breeds. *Anim. Sci.*, **78**: 245-252.

26. OFIVAL, 2005. Classifications des ovins. Guide technique et réglementaire ; pesée, classement, marquage. Montreuil sous Bois, France, Office de l'élevage. <http://www.ofival.fr/guide-pcm-ext/page-web/p-31a34.htm> (09/01/05).

27. RAMOS DE SIQUEIRA E., DEODATO SIMOES C., FERNANDES S., 2001. Sex and slaughter weight effects on meat production of lambs. Carcass morphometric evaluation, cut weights, tissues and offals percentages. *Rev. Bras. Zootec.*, **30**: 1299-1307.

28. RUIZ DE HUIDOBRO F., CANAQUE V., 1994. Produccion de carne de corderos de raza Manchega. V. Crecimiento relativo del quinto cuarto y de los tejidos y piezas de la canal. *Invest. Agr. Prod. Sanid. Anim.*, **9**: 95-108.

29. SANTOS-SILVA J., MENDES I.A., BESSA R.J.B., 2002. The effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. 1. Growth, carcass composition and meat quality. *Livest. Prod. Sci.*, **76**: 17-25.

30. SANTOS-SILVA J., VAZ PORTUGAL A., 1991. Contribution to the study of body development in Merino prococe lambs, subject to two diets. *Livest. Res. rural Dev.*, **3**: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd3/2/portugal.htm>

31. VERTUEUX C., MANDONNET N., LEIMBACHER F., ANTOINE S., DOMARIN D., 2006. Potentiel de production du mouton Martinik : une contribution possible à l'intensification de l'agriculture caribéenne. In : Proc. 7^e journée technique de l'Amadepa, Martinique, 26 avril 2006. Le Lamentin, Martinique, Amadepa, p. 118-123.

32. WILDEUS S., Ed., 1991. Hair sheep research symposium. St Croix, USA, University of the Virgin Islands, 362 p.

33. ZURITA JUAREZ M.C., VERA Y VEGA A., APARICIO RUIZ F., 1980. Contribucion al studio y a la tipificacion de las canales de corderos de raza Manchega. *Arch. Zootec.*, **114**: 139-190.

Reçu le 13.12.2007, accepté le 16.09.2008

Summary

Alexandre G., Bocage B., Coppry O., Weisbecker J.L., Mahieu M., Archimède H. Parameters of Carcass Cuts and Measurements of Martinik Lambs Managed under Intensive Conditions

The Martinik sheep is selected for its good adaptive and reproductive traits. The production sector reproaches it with low carcass conformation, although its carcasses have been little described. Two intensive fattening experiments were conducted, whereby lambs were slaughtered for linear measurements and cuts. The variables were analyzed and allometric equations were determined. The database (n = 43) was adjusted for feeding levels and slaughter weight groups (SW: 28, 32 and 36 kg). Mean cold carcass (CC) weights varied (P < 0.05) from 11.7 to 15.6 kg. Carcass yields were on average 59% (P > 0.05). The weights of all carcass cuts significantly (P < 0.01) increased with CC increase. Shoulders and legs represented 18 and 34% of CC, respectively. Various measurements taken on the carcass and pelvis width significantly increased (P < 0.05) with CC increase (near 9% difference between extreme weights). Indices of carcass and leg compactness (0.32 and 0.45, respectively) did not vary with SW, whereas weight indices did. Allometric coefficients of the shoulder (0.915) and leg (0.891) were in line with those of the literature. This preliminary description of Martinik sheep carcasses could be made available to the sector actors in order to pursue the work and help to better select breeds and management systems.

Keywords: Martinik sheep – Carcass – Body measurement – Body conformation – Growth – French West Indies.

Resumen

Alexandre G., Bocage B., Coppry O., Weisbecker J.L., Mahieu M., Archimède H. Parámetros de corte y medidas de las carcasas de corderos Martinik criados bajo condiciones intensivas

El ovino Martinik se selecciona por sus capacidades de adaptación y su productividad. Las filiales le reprochan una conformación de carcasa baja, a pesar de que estas carcasas han sido poco descritas. Se realizaron sacrificios durante dos prácticas de engorde intensivo (estudiadas) y se registraron los cortes y las medidas lineares. Se analizaron estas variables y se llevó a cabo la determinación de las ecuaciones de alometría. La base de datos (n=43 corderos) se codificó para los niveles de alimentación y la clase de peso al sacrificio (PS: 28, 32 y 36 kg). Los pesos medios de la carcasa fresca (CF) variaron (P < 0,05) de 11,7 a 15,6 kg. Los rendimientos de la carcasa fueron en promedio de 59% (P > 0,05). Los pesos de los diferentes cortes aumentaron significativamente (P < 0,01) con la gama de CF. Las proporciones de la espalda y de la pierna representaron 18 y 34% respectivamente de la CF. Las diferentes longitudes medidas sobre la carcasa y la longitud de la pelvis aumentaron (P < 0,05) con la CF (cerca de 9% de diferencia entre los pesos extremos). Los índices de compacte de la carcasa (0,32) y de la pierna (0,45) no variaron según la PS, mientras que los índices ponderales fueron diferentes. Los coeficientes de alometría de la espalda (0,915) y de la pierna (0,891) fueron de la misma importancia que los de la literatura. Estas primeras descripciones de las carcasas del ovino Martinik podrían proponerse a la filial con el fin de continuar el trabajo y dar mejor base a la escogencia de razas y sistemas.

Palabras clave: Ovino Martinik – Canal animal – Medición del cuerpo – Conformación animal – Crecimiento – Antillas francesas.

Analyses multivariées de l'effet du régime alimentaire sur la mobilisation des réserves lipidiques chez le dromadaire

A. Kamili¹ S. Messad² M. Bengoumi³
Y. Chilliard⁴ B. Faye^{2*}

Mots-clés

Camelus dromedarius – Méthode statistique – Régime alimentaire – Tissu adipeux – Etat nutritionnel – Maroc.

Résumé

L'étude de la répartition du nombre d'adipocytes par classe de tailles a montré que toutes les tailles étaient représentées chez toutes les chamelles étudiées mais avec des proportions variables. La variabilité de ces proportions a aidé à caractériser un animal gras d'un animal maigre avec le résultat pratique suivant : le profil adipocytaire des animaux gras était caractérisé par la prédominance des cellules des classes de tailles 87,5 µm, 100 µm, 112,5 µm et 125 µm qui présentaient une forte corrélation. On peut dès lors envisager qu'un suivi de la dynamique des réserves corporelles chez le dromadaire pourrait être effectué indifféremment à partir de l'une de ces classes. Une typologie des animaux sur la base de leurs profils adipocytaires a montré la forte hétérogénéité des individus à l'intérieur d'un même groupe. Cette hétérogénéité est devenue moins marquée vers la fin de la période d'essai où les individus d'un groupe avaient subi le même traitement nutritionnel et où, en effet, les profils adipocytaires gras et maigres ont été mieux distingués. Les divergences de classement des animaux dans les typologies obtenues au début et à la fin de l'expérimentation ont montré qu'il existait une forte interaction entre le profil adipocytaire des animaux et le régime alimentaire, confirmant leurs liens dynamiques.

■ INTRODUCTION

La capacité des camélidés à s'adapter à de fortes variations des disponibilités alimentaires dans les conditions arides est proverbiale. Cette propriété s'appuie sur des mécanismes d'épargne très performants. La connaissance des mécanismes régulant la lipogenèse et la lipomobilisation serait utile pour mieux maîtriser la conduite alimentaire des troupeaux dans la perspective d'intensification de l'élevage camelin, espèce capable de survivre et de produire pendant des périodes de sécheresse prolongée. Chez les ruminants

domestiques, la taille des adipocytes est fortement corrélée avec l'état d'engraissement et est utilisée en tant qu'indicateur de suivi de l'évolution des réserves lipidiques en fonction des apports alimentaires.

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'un projet visant à élucider les mécanismes de régulation et d'adaptation du dromadaire à la sous-nutrition énergétique (1). L'objectif a été d'étudier la dynamique des profils adipocytaires dans différents contextes alimentaires chez un animal connu pour son adaptation aux conditions de pénurie et de disette.

■ MATERIEL ET METHODES

Animaux et approche expérimentale

L'expérimentation a été réalisée au centre d'insémination artificielle d'Ain Jemâa à Casablanca au Maroc durant cinq mois sur 14 chamelles vides, hors lactation, de 10 à 15 ans d'âge et de race

1. Division de la Santé animale, direction de l'Elevage, Agdal Rabat, Maroc.

2. Cirad, UPR Systèmes d'élevage, Montpellier, F-34398 France.

3. Département de Biochimie, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat Instituts, Maroc.

4. Inra, UR Herbivores, Saint-Genes-Champagnelle, F-63122 France.

* Auteur pour la correspondance

Cirad, UPR Systèmes d'élevage, TA C-18 / A, Montpellier, F-34398 France.

Tél. : +33 (0)4 67 59 37 03 ; e-mail : bernard.faye@cirad

Maghrebi. Après une période d'adaptation de quatre semaines où était distribuée une ration couvrant les besoins énergétiques, les chamelles ont été sous-alimentées (62 p. 100 des besoins) et suralimentées (128 p. 100 des besoins) suivant un schéma croisé avec deux périodes de huit semaines chacune. Ainsi ont été constitués trois lots : suralimenté/sous-alimenté (lot OV), sous-alimenté/suralimenté (lot UN), et témoin (C) alimenté normalement tout au long de l'essai. Le poids corporel et les paramètres baryométriques ont été mesurés à un rythme hebdomadaire. Des biopsies de la bosse ont été réalisées mensuellement afin de déterminer la taille des adipocytes.

Le fichier initial comprenait des données relatives au nombre d'adipocytes par classe de taille (tableau I) pour chacune des 14 chamelles étudiées à cinq dates différentes de la période d'étude (tableau II). A partir de ce fichier, cinq tableaux ont été créés dont chacun correspondait à une date donnée et dans lesquels chaque individu a été décrit par 10 variables (10 classes de tailles d'adipocytes). S'intéressant à l'étude de la répartition des adipocytes par classe de taille plutôt qu'à leur nombre, le nombre d'adipocytes par classe de taille a été rapporté au nombre total. La première classe (C1) a été éliminée de l'étude, le nombre de cellules et leur variabilité étant très faibles dans cette classe de taille.

Approche statistique

L'analyse factorielle permet une description des structures des tableaux de données à l'aide de présentations graphiques synthétiques. Ainsi, les graphiques de l'analyse factorielle permettent de visualiser des regroupements, des oppositions et les tendances, difficiles à examiner avec des grands tableaux de nombres.

La présente analyse a concerné un cube de données (i, j, k) : pour chaque chamelle i (i = 14), les auteurs disposaient de la répartition des adipocytes dans les j classes de tailles (j = 9) à k dates différentes (k = 5). A chaque date, les animaux ont été soumis à des régimes alimentaires différents (OV : suralimenté/sous-alimenté ; UN : sous-alimenté/suralimenté ; C : témoin) (figure 1).

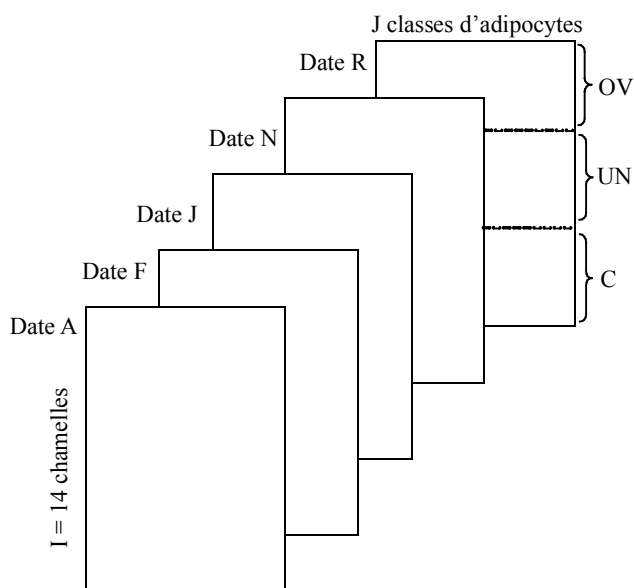


Figure 1 : représentation schématique du jeu de données ; k = 5 tableaux-dates décrivant les I = 14 chamelles soumises à trois régimes alimentaires (OV : suralimenté/sous-alimenté ; UN : sous-alimenté/suralimenté ; C : témoin) à partir de J = 9 classes de tailles d'adipocytes.

Tableau I

Diamètre correspondant à chaque classe de taille des adipocytes

Classe	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Diam. (µm)	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125

Tableau II

Les cinq dates de l'étude

Date	Evénement
A (- 7 j)	Période d'adaptation avant le début du régime alimentaire
F (+ 28 j)	Milieu de la première étape
J (+ 56 j)	Inversion du régime alimentaire, début de la deuxième étape
N (+ 84 j)	Milieu de la deuxième étape
R (+ 112 j)	Fin de la période d'étude

La stratégie d'analyse a consisté en quatre étapes :

- les analyses des tableaux temporels de façon séparée afin de réaliser une typologie des classes d'adipocytes à chacune des dates [cinq analyses en composantes principales normées (ACP) séparées] et comparaison des facteurs identifiés ;
- la classification des individus à chacune des dates par classification ascendante hiérarchique en utilisant le critère d'agrégation de Ward (9) permettant d'identifier des types de profils d'adipocytes pour chaque date ;
- l'analyse simultanée des tableaux temporels par l'analyse factorielle multiple (AFM) (8, 9) permettant d'identifier les facteurs communs aux différentes dates et de représenter sur un même plan factoriel les individus-dates (ou trajectoires des profils adipocytaire) et les corrélations entre facteurs de chacun des tableaux indicé dans le temps ;
- la représentation des groupes sur le plan factoriel en fonction du régime alimentaire aux différentes dates.

Les méthodes utilisées ont été mises en œuvre à l'aide du logiciel d'analyse graphique et statistique R (19), et de la bibliothèque de fonctions ADE4 (2, 7) dédiée aux méthodes d'analyses factorielles.

■ RESULTATS

Typologie des classes d'adipocytes par date

Cinq ACP normées ont été réalisées sur les données transformées. L'étude des diagrammes des valeurs propres a montré que la répartition de la variance sur les axes factoriels était relativement identique pour les cinq dates étudiées. L'examen des plans factoriels des analyses par date a montré également une structure de corrélations entre les classes de tailles d'adipocytes par dates relativement proches.

Au cours des cinq dates, le premier facteur, représentant environ 50 p. 100 de la variance totale du nuage de points (tableau III), a opposé les classes de grandes tailles (C7, C8 et C9) aux classes de tailles moyennes (C3, C4 et C5). Le second facteur, exprimant une

Tableau III

Décomposition de l'inertie (en % du total) projetée sur les trois premiers facteurs à chaque date (A : - 7 j ; F : + 28 j ; J : + 56 j ; N : + 84 j ; R : + 112 j)

	Date A	Date F	Date J	Date N	Date R
F1	50,73	46,96	50,66	56,60	54,70
F2	27,09	22,32	21,19	21,51	26,29
F3	7,87	11,33	14,89	10,05	10,27

quantité d'inertie moins importante mais non négligeable, a opposé les deux classes C2 et C6. La teneur en C6 a donc été indépendante des autres classes de tailles des adipocytes, mais négativement corrélée avec la teneur en adipocytes appartenant à la classe C2.

Classification des individus par date

L'étude des diagrammes des indices de niveaux et des arbres hiérarchiques des classifications ascendantes hiérarchiques réalisées à chaque date a montré que la population des chamelles étudiées pouvait être répartie en trois classes. La représentation de ces trois classes d'individus sur les cinq plans factoriels (un plan par date) montre une grande hétérogénéité intragroupe et intergroupe des chamelles étudiées ; elle est devenue moins importante au cours des trois dernières dates, indiquant que la variabilité intragroupe diminuait en faveur de la variabilité intergroupe (figure 2).

Chacun des groupes de chamelles était caractérisé par un profil adipocytaire donné (figure 3). La typologie des classes de tailles *via* les répartitions moyennes a permis de mieux visualiser la dynamique des profils adipocytaires de chacun des groupes retenus par

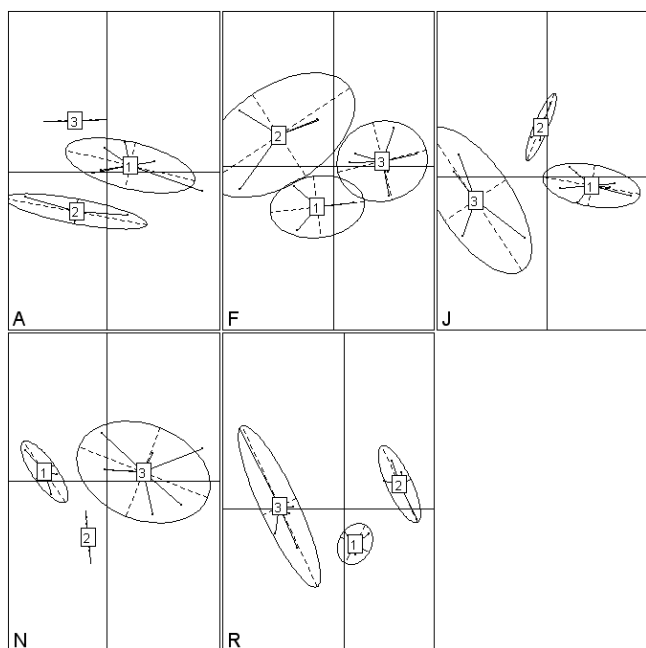


Figure 2 : représentation des classes de la partition (groupe de chamelles) retenues après la classification ascendante hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 de l'analyse en composantes principales normées réalisée à chaque date (A : - 7 j ; F : + 28 j ; J : + 56 j ; N : + 84 j ; R : + 112 j).

la classification ascendante hiérarchique montrant des profils plutôt « maigres » (par exemple A3), « moyens » (par exemple R1) ou « gras » (par exemple R2).

Analyse simultanée des tableaux indicés par date

Lorsque les mêmes individus étaient décrits par plusieurs groupes de variables, l'AFM permettait d'étudier un certain nombre de questions concernant :

- les classes de tailles d'adipocytes clés agissant sur la variabilité du profil adipocytaire des animaux aux différentes dates étudiées ;
- la construction d'une typologie des chamelles qui tenait compte de la caractérisation de leurs profils adipocytaires à chacune des dates ;

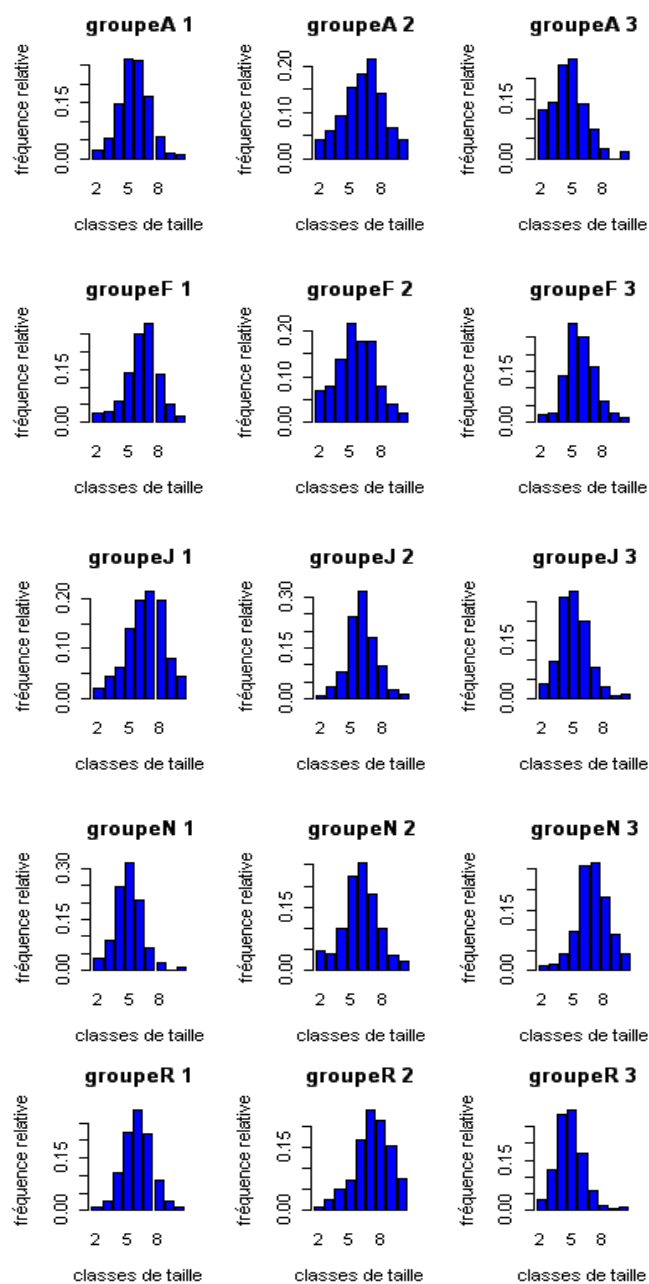


Figure 3 : représentation des profils adipocytaires moyens par date (A : - 7 j ; F : + 28 j ; J : + 56 j ; N : + 84 j ; R : + 112 j) pour les trois classes obtenues après classification ascendante hiérarchique. Les classes de tailles des adipocytes sont en abscisse et la fréquence moyenne du nombre d'adipocytes en ordonnée.

– l'adaptation au régime alimentaire ou la contribution des groupes de variables (classes de tailles d'adipocytes) par date dans la typologie des profils adipocytaires.

L'étude de la représentation des variables sur le plan factoriel 1-2 de l'AFM (figure 4) a montré que les variables les plus corrélées avec le premier facteur étaient, d'une part, les classes de tailles C7, C8 et C9 et, d'autre part, C4 et C5, et ce, presque pour toutes les dates. Les variables les plus corrélées avec le second axe étaient les classes de tailles C2 et C3 qui s'opposaient à la classe de taille C6 de manière identique pour toutes les dates. Ces résultats recoupaient donc ceux des ACP séparées (pour chaque date) : il existait une assez grande stabilité dans la répartition des adipocytes dans les classes de tailles au cours de l'expérimentation.

En effet, l'étude de la relation entre les classes de tailles des adipocytes indicés dans le temps sur le plan factoriel de l'AFM a montré que la première composante était un facteur commun aux classes d'adipocytes pour les dates de - 7 jours (période d'adaptation), 56 j (date d'inversion du régime alimentaire) et 112 j (fin de la période d'étude). La date 28 j (moitié de la première étape) était bien corrélée avec la deuxième composante du plan AFM, alors que la date 84 j (milieu de la deuxième période d'étude) était mal représentée sur ce plan factoriel (figure 5). Les trois premières dates correspondaient aux dates de début, d'inversion et de fin du régime alimentaire, renforçant l'hypothèse d'intervention du régime alimentaire dans l'explication de la dynamique des profils d'adipocytes.

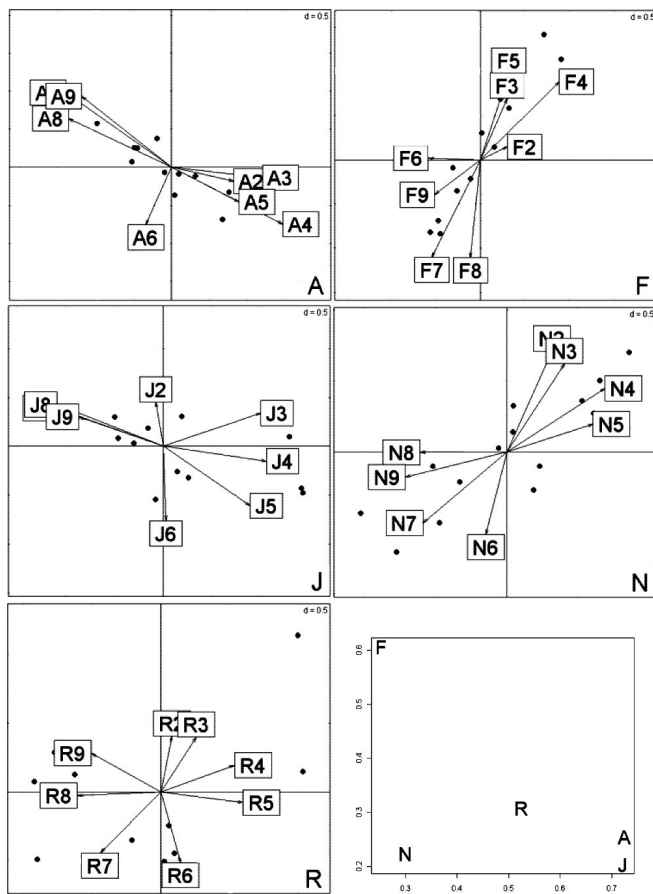


Figure 4 : représentation des variables classes de tailles d'adipocyte par date (A : - 7 j ; F : + 28 j ; J : + 56 j ; N : + 84 j ; R : + 112 j) sur le plan 1-2 de l'analyse factorielle multiple. Représentation de la contribution des tableaux-dates à l'analyse factorielle multiple sur le plan factoriel 1-2 (en bas à droite).

Etude du facteur régime alimentaire

L'étude de la répartition des groupes d'individus selon leur régime alimentaire, sur les plans factoriels des ACP séparées pour les deux premières dates, a montré que les centres de gravité (OV, UN et C) étaient proches les uns des autres, ce qui pouvait signifier que ce facteur ne constituait pas un critère de distinction entre les trois lots de chamelles. Cependant, à partir de la troisième date, les centres de gravité des trois régimes se sont distingués. Ainsi, le groupe C a eu tendance à se démarquer vers les profils gras. Le groupe UN s'est positionné du côté des profils maigres, à l'exception de la période 84 j. Enfin, le groupe OV a présenté un profil gras en fin de période de suralimentation (56 j), pour revenir à un profil moyen au cours des deux périodes suivantes de sous-alimentation.

Un test de signification de Monte-Carlo, basé sur les permutations aléatoires des animaux dans les différents régimes (22), a permis d'évaluer l'effet du régime alimentaire sur le profil adipocytaire des groupes de chamelles étudiées. Le test a montré l'absence d'effet significatif (date - 7 j : 0,70 ; + 28 j : 0,61 ; + 56 j : 0,27 ; + 84 j : 0,13 ; + 112 j : 0,26). Toutefois, le risque d'erreur de première espèce (valeur p) a décru sensiblement à partir de la date + 56 j, laissant supposer que le régime alimentaire aurait pu avoir un effet plus important si sa durée d'application avait été plus longue.

L'effet du régime alimentaire était probablement présent mais ne s'est pas exprimé du fait de la durée courte du traitement nutritionnel, d'une part, et de l'hétérogénéité intragroupe d'autre part. En effet, l'analyse des trajectoires-profils individuels (figure 6) a montré qu'il y avait une forte interaction entre le profil adipocytaire initial (premier point de la trajectoire à la date - 7 j) de l'individu et le régime alimentaire auquel il était soumis. En effet, les projections des individus ayant été soumis au même régime (par exemple, première ligne de la figure 6) n'étaient pas superposables et dépendaient du profil adipocytaire au début de l'expérimentation. La variabilité des trajectoires-profils adipocytaires n'était donc pas homogène à l'intérieur d'un même régime.

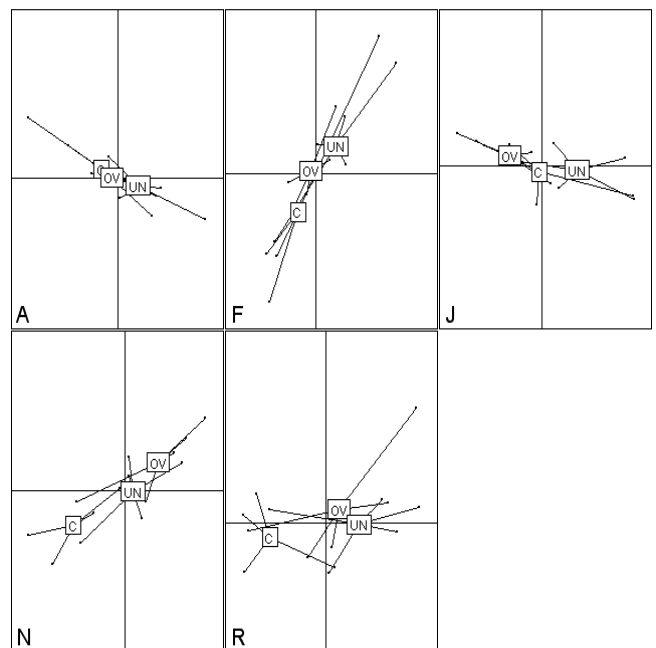


Figure 5 : représentation des chamelles en fonction du régime alimentaire (OV : suralimenté/sous-alimenté ; UN : sous-alimenté/suralimenté ; C : témoin) sur le plan 1-2 des analyses factorielles séparées par date (A : - 7 j ; F : + 28 j ; J : + 56 j ; N : + 84 j ; R : + 112 j).

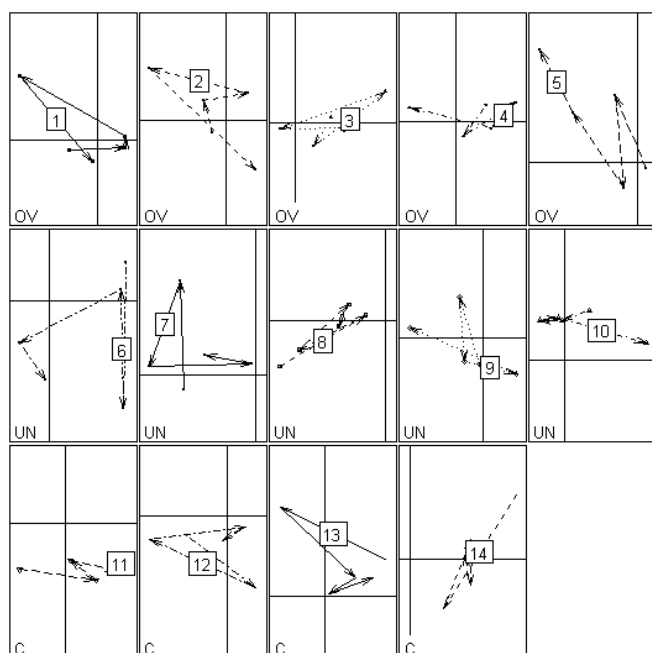


Figure 6 : représentation des trajectoires de profils adipocytaires des 14 chamelles regroupées par régime alimentaire (OV : suralimenté/sous-alimenté ; UN : sous-alimenté/suralimenté ; C : témoin) sur le plan factoriel 1-2 de l'analyse factorielle multiple. Chaque point représente le profil adipocytaire de la chamelle à une date donnée (- 7 j, + 28 j, + 56 j, + 84 j, + 112 j). Le sens des flèches indique la chronologie des dates.

■ DISCUSSION

L'habilité des ruminants à mobiliser et à reconstituer leurs réserves graisseuses est largement utilisée dans la gestion des élevages. Pendant les périodes de jeûne, les ruminants usent de leurs réserves afin de maintenir leur productivité. Leur survie implique que le tissu adipeux mobilisé est efficacement régénéré (lipogénèse) quand l'alimentation est disponible (3, 10). Ainsi, les cycles de dépôt et de mobilisation des lipides sont essentiels pour la reproduction, la lactation et les adaptations au milieu.

La croissance du tissu adipeux chez le ruminant est essentiellement due au remplissage de la vacuole lipidique des adipocytes (15). Elle est, de ce fait, liée à la taille des adipocytes (15). Sebastien et coll. (23) postulent que la taille des adipocytes est plus difficile à observer dans le tissu sous-cutané que dans le tissu adipeux interne. Ceci peut être attribué à la faible capacité de ce tissu pour le stockage des lipides comme chez les ovins. La distribution des différentes tailles d'adipocytes donne une information pratique sur le potentiel d'engraissement des animaux (6). Les mécanismes de développement du tissu adipeux ont été largement étudiés chez les ovins, les rongeurs, les porcins et les bovins (20).

Le tissu adipeux se dépose dans différents endroits spécifiques qui sont similaires chez tous les mammifères. Cependant, la proportion varie entre les espèces et est influencée par l'âge. Des données suggèrent que le gras abdominal change largement en corrélation avec le poids de la carcasse. Chez le dromadaire, les réserves adipeuses sont principalement stockées au niveau de la bosse et autour des reins. Comme chez les autres ruminants, le tissu adipeux du dromadaire est constitué de cellules capables de stocker les lipides dans leurs cytoplasmes (adipocytes). Ainsi, la taille de ces adipocytes dépend de la quantité du gras intracellulaire stocké (11). La répartition de la graisse sur les parties anatomiques semble plutôt

être due à des différences dans le nombre des adipocytes qu'à des variations de tailles des cellules (4). Cependant, le changement des réserves lipidiques chez le dromadaire n'est pas bien connu, et les données et les analyses sur les mesures de la taille des adipocytes sont peu disponibles (13).

L'absence de relation entre la taille des adipocytes de la bosse et celle du gras périrénal paraît confirmer la différence dans les capacités de stockage (11). La croissance du tissu adipeux étant liée à la taille des adipocytes (15), ce résultat a été exploité pour étudier l'effet du régime alimentaire sur l'état d'engraissement du dromadaire. Chez les 14 chamelles étudiées, la corrélation entre les cellules de grandes tailles (87,5 µm, 100 µm, 112,5 µm et 125 µm) a été plus forte que celle entre les cellules de petites et de moyennes tailles. Par conséquent, la caractérisation d'un profil adipocytaire gras peut être basée sur le suivi de l'une de ces classes de tailles des cellules adipeuses.

Au cours des trois premières dates de l'expérimentation, la distinction entre les trois lots de chamelles n'a pas été nette. Cependant, à partir de la troisième date qui correspondait à la fin de la première période et au début de la deuxième (inversion du régime alimentaire), les trois groupes de chamelles, OV, UN et C, ont commencé à se distinguer les uns des autres du point de vue de leur profil adipocytaire. Ces résultats témoignent en faveur de la présence de changements adipocytaires en fonction du régime alimentaire reçu. En outre, le régime alimentaire nécessite une certaine durée pour manifester son effet sur la mobilisation et la reconstitution des réserves corporelles chez les chamelles.

Il y a eu une grande hétérogénéité intragroupe des chamelles étudiées (état d'engraissement différent des chamelles appartenant au même groupe, au début de l'expérimentation) qui a été moins marquée au cours des trois dernières dates, où la distinction entre les groupes d'individus est devenue plus nette. Une comparaison inter-date des profils moyens a montré que la typologie des individus suivait une dynamique dépendante entre autres du régime alimentaire. Cette typologie est devenue de plus en plus nette au cours des dernières dates où les profils adipocytaires gras et maigres ont été mieux distingués. L'étude des histoires des individus appartenant au même groupe (retenu par la classification ascendante hiérarchique) a montré qu'ils étaient de lots différents, mais ils ont eu à la fin de la période de l'essai des profils relativement identiques. Ces résultats renforcent l'hypothèse qu'il y a une forte interaction entre le profil adipocytaire initial et le régime alimentaire reçu par la suite. En effet, le régime alimentaire a certainement eu un effet sur la mobilisation des réserves corporelles chez le dromadaire, même s'il a été relativement masqué par l'hétérogénéité intragroupe et la courte durée du traitement nutritionnel. Ces données sont en concordance avec les résultats de Chilliard et coll. (6) qui affirment que l'adaptation des ruminants à la sous-nutrition résulte de nombreux changements digestifs, métaboliques et endocriniens dont l'importance relative dépend largement de la durée et la sévérité de la restriction alimentaire. Par conséquent, la durée de survie des animaux dépend du niveau des réserves corporelles avant la sous-nutrition ainsi que des limites cinétiques et physiologiques de la mobilisation adipeuse et protéique.

Ces résultats montrent également que la dynamique (mobilisation et reconstitution) des réserves lipidiques chez le dromadaire est lente par rapport aux autres espèces. Cette lenteur dans la mobilisation et la reconstitution suggère, d'une part, une autre forme d'adaptation des dromadaires aux conditions de sous-nutrition (1) ou peut également être un indicateur de l'implication d'autres formes de réserves lipidiques, comme le gras périrénal et le mésentère (12, 16), ou encore d'autres dépôts adipeux au niveau des côtes, du sternum et du flanc (18). D'autre part, elle peut être expliquée

par le siège du tissu adipeux. En effet, le taux de croissance du tissu adipeux varie largement selon la localisation et le stade de la période de croissance (21).

Le lot d'animaux témoins a montré une tendance à avoir une prédominance des adipocytes de classes de tailles beaucoup plus grandes que moyennes, et les lots UN et OV se sont approchés tous les deux du profil moyen au cours des deux dernières dates. En effet, le lot témoin, comparé aux deux autres, n'a pas subi le stress de changement du régime alimentaire. Par conséquent, il a pu profiter de l'énergie apportée par le régime alimentaire suivi pour satisfaire ses besoins d'entretien et d'emmagasiner le reste sous forme de réserves lipidiques au niveau de la bosse. Cependant, les chammelles des lots OV et UN, ayant subi ce stress nutritionnel, ont eu tendance à mobiliser ou reconstituer lentement leurs réserves adipeuses. La restriction alimentaire cause une hypotrophie des tissus adipeux. Les animaux sous-nourris ont des cellules adipeuses plus petites que ceux qui sont bien nourris et ont le même poids [Geay et Robelin, non publié, 1985, cité par Robelin (21)]. Il semble que la restriction alimentaire induit une réduction temporaire d'adiposité qui n'est pas complètement restaurée pendant la période de recouvrement (21).

Ces données laissent supposer que, d'une part, les besoins énergétiques du dromadaire peuvent être inférieurs à ce qui est recommandé (14, 25). D'autre part, la tendance du lot témoin à avoir des adipocytes de grandes tailles a montré que la reconstitution des réserves lipidiques chez les camélins se faisait par remplissage de la vacuole lipidique des adipocytes comme chez les autres ruminants. Robelin (20) montre que la croissance postnatale du tissu adipeux chez les ruminants consiste essentiellement en une hypertrophie avec une hyperplasie significative durant la période d'engraissement.

Chez les bovins, la taille des cellules adipeuses augmente constamment et significativement, puis se stabilise en fonction des changements du poids corporel. Ainsi la cellularité peut expliquer clairement la hiérarchie impliquée dans la croissance relative du tissu adipeux chez les ruminants (20).

Plusieurs études ont montré que la taille des adipocytes a été utilisée comme marqueur de l'âge, de l'adiposité et de l'accumulation des lipides pour indiquer les changements métaboliques qui accompagnent ou suivent l'accumulation des lipides modifiés. Il a été également montré que la taille des adipocytes a un effet causatif sur les activités métaboliques. Ainsi, ils peuvent dramatiquement influencer le métabolisme cellulaire. Une relation étroite

entre la composition des acides gras et la taille des adipocytes chez des bouvillons en phase d'engraissement a pu être observée (17). Cette étude a également mis en évidence la présence d'une relation étroite entre la lipogenèse et la taille des adipocytes isolés chez des bouvillons Holstein en période d'engraissement (17).

Récemment, de nouvelles fonctions d'adipocytes ont été trouvées. Les adipocytes produisent et secrètent une variété d'hormones et d'autres facteurs liés à la lipogenèse : IGF-I, adiposine et leptine (24). L'habilité à sécréter ces hormones ou facteurs peut être variable en fonction de la croissance des adipocytes. Elle peut être l'une des causes du changement de la lipogenèse des adipocytes de différentes tailles chez des bouvillons pendant différentes périodes d'engraissement. D'autres études s'avèrent nécessaires afin d'éclaircir le mécanisme d'action de la taille des adipocytes (17) et le rôle des hormones telles que la leptine chez le dromadaire (5).

■ CONCLUSION

L'utilisation des méthodes classiques d'analyses factorielles et de classification a permis de mettre en évidence l'effet de l'état nutritionnel sur la dynamique des réserves corporelles chez le dromadaire. L'hétérogénéité intragroupe, le nombre faible des individus et la durée courte du traitement nutritionnel ont été les principaux obstacles qui ont empêché de mieux visualiser l'effet du régime alimentaire sur la dynamique des réserves adipeuses chez les chammelles étudiées. En revanche, l'ensemble des analyses effectuées a permis de mettre en évidence la présence de deux groupes de tailles dont l'un est caractéristique du profil des individus gras et se réduit à une seule classe de taille (87,5 µm, 100 µm, 112,5 µm ou 125 µm), et l'autre décrit les individus maigres (37,5 µm, 50 µm et 62,5 µm).

Cette approche statistique est en faveur de la présence d'une forte interaction entre le profil adipocytaire initial des dromadaires et le régime alimentaire subi par la suite. De plus, elle renforce l'hypothèse que la mobilisation des réserves lipidiques chez le dromadaire est lente par rapport aux autres espèces et oriente les recherches vers une évaluation des besoins énergétiques réels de cette espèce.

Remerciements

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet Prad n° 01-04, consacré à l'étude de la gestion des réserves corporelles chez le dromadaire.

BIBLIOGRAPHIE

1. BENGOUMI M., TABARANI A., SGHIRI A., FAULCONNIER Y., FAYE B., CHILLIARD Y., 2005. Effects of overfeeding and underfeeding on body weight, lipid content and cellularity in the dromedary camel. *Animal Res.*, **54**: 383-393.
2. CHESSEL D., DUFOUR A.B., THIOULOUSE J., 2004. The ade4 package. I: One-table methods. *R News*, **4**: 5-10.
3. CHILLIARD Y., 1987. Revue bibliographique. Variations quantitatives et métabolisme des lipides dans le tissu adipeux et le foie au cours des cycles gestation-lactation chez la brebis et la vache. *Reprod. Nutr. Develop.*, **26**: 327-398.
4. CHILLIARD Y., 1989. Particularités du métabolisme des lipides et du métabolisme énergétique chez le dromadaire. *Options Méditerran. Sér. Sémin.* (2) : 101-110.

5. CHILLIARD Y., BENGOUMI M., DELAVALD C., FAULCONNIER Y., FAYE B., 2005. Body lipids and adaptation of camel to food and water shortage: new data on adipocyte size and plasma leptin. In: Faye B., Esenov P., Eds, Proc. int. Work. Desertification combat and food safety: the added value of camel producers, Ashkabad, Turkmenistan, 19-22 Apr. 2004. Amsterdam, The Netherlands, IOS Press, p. 135-145. (NATO Sci. Ser. Life and Behavioural Sciences, Vol. 362)
6. CHILLIARD Y., BOCQUIER F., DOREAU M., 1998. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.*, **38**: 131-152.
7. DRAY S., DUFOUR A.B., CHESSEL D., 2007. The ade4 package. II: Two-table and K-table methods. *R News*, **7**: 47-52.
8. ESCOFIER B., PAGES J., 1994. Multiple factor analysis (Afmult Package). *Comput. Stat. Data Anal.*, **18**: 121-140.

9. ESCOPIER B., PAGES J., 1998. Analyses factorielles simples et multiples : objectifs, méthodes et interprétation, 3^e éd. Paris, France, Dunod.
10. FAULCONIER Y., BONNET M., BOCQUIER F., LEROUX C., HOCQUETTE J.F., MARTIN P., CHILLIARD Y., 1999. Régulation du métabolisme lipidique des tissus adipeux et musculaire chez le ruminant. Effets du niveau alimentaire et de la photopériode. *Prod. Anim.*, **12** : 287-300.
11. FAYE B., BENGOUIMI M., MESSAD S., CHILLIARD Y., 2001. Fat storage and adipocyte patterns in camel: a tool for management of reproduction. *Adv. Reprod.*, **5**: 10c.
12. FAYE B., BENGOUIMI M., MESSAD S., CHILLIARD Y., 2002. Estimation des réserves corporelles chez le dromadaire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **55** : 69-78.
13. FAYE B., BENGOUIMI M., VIATEAU E., TOURRET M., CHILLIARD Y., 2001. Adipocyte patterns of adipose tissue in camel hump and kidney. *J. Camel Res. Pract.*, **8**: 29-33.
14. GUEROUALI A., WARDEH M.F., 1998. Assessing nutrients requirements and limits to production of the camel under simulated natural environment. *Camel Newsl.*, **15**: 32-42.
15. HOOD R.L., 1992. Relationship among growth, adipose cell size and lipid metabolism in ruminant adipose tissue. *Fed. Proc.*, **41**: 2555-2561.
16. KAMILI A., 2003. Contribution à l'études des réserves corporelles chez le dromadaire. Thèse Doct. Méd. vét., Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc, 107 p.
17. LONG M.H.E., ROH S.G., SHIBSAKI E., HIDAKA S., MATSUNAGA N., HIDARI H., 1998. The relationship between lipogenic activity and the size of adipocytes from subcutaneous adipose tissue of Holstein steers during the fattening period. *Anim. Sci. Technol.*, **69**: 424-432.
18. OLLIER A., CUYLLE G., PEZANT J.P., CHILLIARD Y., 1995. Reproductibilité de la notation de l'état corporel des vaches Pie noir. *Cah. tech. Inra*, **36** : 17-26.
19. R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>
20. ROBELIN J., 1981. Cellularity of bovine adipose tissues: developmental changes from 15 to 65 percent mature weight. *J. Lipid Res.*, **22**: 452-457.
21. ROBELIN J., 1986. Growth of adipose tissues in cattle, partitioning between depots, chemical composition and cellularity. *Livest. Prod. Sci.*, **14**: 349-364.
22. ROMESBURG H.C., 1985. Exploring, confirming and randomization tests. *Comput. Geosci.*, **11**: 19-37.
23. SEBASTIEN I., CHILLIARD Y., PURROY A., JAIME C., 1993. Supplémentation en céréales, état corporel et enzymes lipogéniques du tissu adipeux chez la brebis Aragonesa. *Ann. Zootech.*, **42**: 299-313.
24. VERNON R.G., 1992. Control of lipogenesis and lipolysis. In: Boorman K.N., Buttery P.J., Lindsay D.B., Eds, The control of fat and lean deposition. Oxford, UK, Butterworth Heinemann, p. 59-81.
25. WARDEH M.F., 1997. The nutrients requirements of the dromedary camels. The camel applied research and development network. Damascus, Syria, ACSAD/CARDN, 29 p.

Reçu le 07.07.2008, accepté le 20.11.2008

Summary

Kamili A., Messad S., Bengoumi M., Chilliard Y., Faye B. Multivariate Analyses of the Effect of Feed Diet on the Mobilization of Fat Reserves in the One-Humped Camel

The study of the distribution of the number of adipocytes by size classes showed that all sizes were represented in all she-camels studied, but in variable proportions. The variability of the proportions helped to characterize fat from lean animals with the following practical result: the adipocyte profile of fat animals was characterized by the prevailing cells of size classes 87.5, 100, 112.5 and 125 μm , which were highly correlated. It is thus conceivable that monitoring dynamics of body reserves in camels could be carried out based on any one of these classes. A typology of the animals based on their adipocyte profiles showed high heterogeneity of individuals within the same group. This heterogeneity became less apparent toward the end of the trial period, when individuals in a group had been administered the same diet, and when fat and lean adipocyte profiles were better distinguished. The typologies obtained at the beginning and at the end of the experiment showed that the animals were grouped differently and thus that there was a high interaction between animal adipocyte profiles and diet, confirming a high interaction between the two.

Keywords: *Camelus dromedarius* – Statistical method – Diet – Adipose tissue – Nutritional status – Morocco.

Resumen

Kamili A., Messad S., Bengoumi M., Chilliard Y., Faye B. Análisis multivariados del efecto del régimen alimenticio sobre la movilización de las reservas de lípidos en el dromedario

El estudio de la repartición del número de adipositos por clase de tamaños, mostró que todos los tamaños se encontraban representados en todas las camellas estudiadas, pero con proporciones variables. La variabilidad de estas proporciones ayudó a caracterizar un animal gordo de un animal magro con el siguiente resultado práctico: el perfil adipocitario de los animales gordos se caracterizó por la predominancia de células de las clases de tamaños 87,5 μm , 100 μm , 112,5 μm y 125 μm las cuáles presentaron una fuerte correlación. Podemos entonces prever que un seguimiento dinámico de las reservas corporales en el dromedario podría efectuarse indiferentemente a partir de una de estas clases. Una topología de los animales, basada en los perfiles de adipositos, mostró la fuerte heterogeneidad de los individuos dentro de un mismo grupo. Esta heterogeneidad disminuyó marcadamente hacia el fin del periodo de estudio, cuando los individuos de un grupo habían recibido el mismo tratamiento nutricional y cuando, efectivamente, se distinguieron mejor los perfiles adipocitarios gordos y magros. Las divergencias de clasificación de los animales dentro de las topologías obtenidas al inicio y al final del experimento mostraron la existencia de una fuerte interacción entre el perfil adipocitario de los animales y el régimen alimenticio, confirmando sus relaciones dinámicas.

Palabras clave: *Camelus dromedarius* – Método estadístico – Dieta – Tejido adiposo – Estado nutricional – Marruecos.

Performances pondérales de la pintade locale (*Numida meleagris*) en système d'alimentation améliorée dans la zone centrale du Burkina Faso

R. Sanfo^{1*} H. Boly² L. Sawadogo³ O. Brian⁴

Mots-clés

Pintade – *Numida meleagris* – Performance animale – Gain de poids – Burkina Faso.

Résumé

Les performances de croissance pondérale de 200 pintades (97 femelles et 103 mâles) locales (*Numida meleagris*) en système d'alimentation améliorée ont été rapportées. Les femelles ont présenté un poids vif moyen à l'éclosion de $25,8 \pm 3,1$ g et les mâles de $25,5 \pm 2,4$ g. Les poids vifs aux points d'inflexion ont été de $523,0 \pm 171,4$ g chez les femelles et de $497,0 \pm 134,7$ g chez les mâles, et les poids asymptotiques respectivement de $962,0 \pm 147,8$ g et $857,0 \pm 183,7$ g. Les poids aux points d'inflexion et les poids asymptotiques ont différé significativement ($p < 0,05$) selon la variété. Les gains de poids moyens quotidiens aux points d'inflexion ont été de $10,1 \pm 4,7$ g chez les femelles et de $10,2 \pm 5,1$ g chez les mâles. Ils ont été acquis dans les intervalles d'âges respectifs de 12 à 14 semaines et 14 à 16 semaines, âges optimums à l'abattage. La moyenne générale des taux de croissance a été de $29,2 \pm 16,8$ p. 100 chez les deux sexes, avec $30,0 \pm 18,0$ p. 100 chez les femelles et $28,4 \pm 15,9$ p. 100 chez les mâles. Le rendement carcasse a augmenté de $65,7$ p. 100 à 16 semaines à $74,3$ p. 100 à 22 semaines, pour baisser à $70,4$ p. 100 à 56 semaines. L'indice moyen de consommation a présenté la valeur de 4,6 de l'éclosion à 16 semaines d'âge chez les deux sexes.

■ INTRODUCTION

L'élevage de la pintade locale (*Numida meleagris*) connaît un intérêt de plus en plus soutenu dans le secteur du développement rural au Burkina Faso (6). Cette espèce représente 20 p. 100 de l'effectif avicole national, estimé à près de 31 000 000 sujets (23), et constitue une source importante et facilement mobilisable de protéines animales et de revenus pour de nombreuses communautés (24). Elle offre

de grandes opportunités de développement à travers ses productions de viande et d'œufs, sa rusticité et sa bonne répartition géographique au plan national (12, 13).

En dépit de cette importance et contrairement aux ruminants, la pintade locale n'a pas fait l'objet d'un intérêt particulier, tant de la part des techniciens du développement rural que de la recherche (28). Son système d'élevage relève plus de la cueillette, avec une alimentation essentiellement sur parcours libres, des abris sommaires en guise d'habitat et une couverture sanitaire presque inexistante (29). Ce désintérêt relatif expliquerait les faibles performances de production reconnues à la pintade locale (28).

L'objectif de cette étude a été de déterminer le potentiel de croissance de la pintade locale dans des conditions d'habitat, d'alimentation et de santé améliorées. Il s'articule autour de trois axes : déterminer les performances de croissance pondérale, estimer l'âge optimal à l'abattage, et déterminer les indices de consommation et les rendements carcasse à âge types.

1. Inera / Kamboinsé, département des Productions animales, Ouagadougou, Burkina Faso.

2. Inera, Ouagadougou, Burkina Faso.

3. Université d'Ouagadougou, Burkina Faso.

4. University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management, Uppsala, Sweden.

* Auteur pour la correspondance

Inera / Kamboinsé, département des Productions animales, 01 BP 476, Ouagadougou 01, Burkina Faso.

Tél. : +226 50 31 92 29 ; e-mail : r_sanfo@yahoo.fr

MATERIEL ET METHODES

Les animaux de cette étude, 97 femelles et 103 mâles, tirés d'une population de 772 pintadeaux, ont été obtenus suite à une incubation artificielle d'œufs de pintades locales. Les œufs ont été récoltés auprès de cinq producteurs du village de Saria, dans la région centrale du Burkina Faso, sur la base de l'effectif du cheptel. Un total de 2 500 œufs ont été incubés et le taux d'éclosion a été de 65,7 p. 100 avec un taux de mortalité de 9,1 p. 100. Les pintadeaux retenus ont été identifiés par des boucles alaires, gardés dans des éleveuses locales de type Attesta, et chauffés à l'aide de lampes à pétrole à une température moyenne de 37 °C jusqu'à l'âge de huit semaines. Ils ont ensuite été transférés dans des habitats pour adultes. A 20 semaines d'âge, un sexage basé sur la forme et la consistance des éminences génitales (23) a été effectué.

Les pesées, réalisées après un jeûne de 12 heures, ont été effectuées toutes les deux semaines à partir de l'éclosion jusqu'à 24 semaines, avec une balance électrique d'une précision de 0,1 mg jusqu'à huit semaines, puis poursuivies avec une balance électronique d'une précision de 5 g. Une observation ponctuelle du poids a été effectuée à 56 semaines d'âge pour calculer les rendements carcasse.

Les sujets de l'étude ont été nourris avec des aliments industriels distribués *ad libitum* selon trois types de régime :

- démarrage de 0 à 4 semaines ; protéines brutes (PB) = 19,8 g / 100 g de matière sèche (MS) ; énergie brute (EB) = 2 970 kcal/g de MS ;
- croissance de 5 à 8 semaines ; PB = 16,5 g / 100 g de MS ; EB = 2 900 kcal/g de MS ;
- finition de 8 à 24 semaines ; PB = 17 g / 100 g de MS ; EB = 2 750 kcal/g de MS.

Les consommations alimentaires ont été mesurées par la pesée quotidienne des quantités distribuées et refusées. L'eau de boisson a été apportée à volonté avec du saccharose dissout à 2,6 p. 100 pour permettre aux pintadeaux d'accentuer la lutte contre le froid (10).

La prophylaxie médicale a consisté en une vaccination contre la maladie de Newcastle, au 21^e jour après l'éclosion et un rappel tous les six mois. Par la suite, les autres vaccinations ont été précédées de déparasitages internes à l'aide de trichomonocide ou vermifuge spécial pintade (VSP). Les différents phénotypes de pintades ont été distingués sur la base de la couleur grise, noire, blanche et lilas du plumage (8, 14).

Le taux de croissance a été calculé selon la formule de Mignon-Grasteau et Beaumont (21) :

$$T = [(W_2 - W_1) / (W_2 + W_1) / 2] \times 100$$

où T est le taux de croissance (%), W_1 le poids initial, W_2 le poids final.

Les paramètres de la courbe de croissance ont été estimés selon la régression non linéaire dont la formule est (17, 21) :

$$P_t = P_0 e^{T(1-e^{-Dt})} / D$$

où P_t est le poids au temps t, P_0 le poids à (t = 0), T le taux spécifique de croissance, D le paramètre de déclin ou taux de maturité.

Le temps au point d'inflexion (T_i) et le poids asymptotique (P_A) ont été estimés par les formules de Knizetova et coll., et Mignon-Grasteau et Beaumont (17, 21). T_i est l'âge où la croissance est maximale. Il correspond à l'âge d'abattage, c'est-à-dire l'âge où le gain de poids moyen quotidien (gmq) est maximal. P_A est le poids quand l'âge tend vers l'infini. La mise en œuvre de ce modèle a respecté l'application de la moyenne des points. Les rendements carcasse ont été calculés sur 50 pintadeaux retenus par un tirage aléatoire de dix sujets (cinq femelles et cinq mâles) par âge type à

16, 18, 20, 22 et 56 semaines. Les abattages ont été effectués après une diète hydrique de 12 heures.

Les données recueillies ont été analysées à l'aide du logiciel StatView. Les comparaisons des moyennes ont été faites par le test t de Student au seuil de signification de 5 p. 100.

RESULTATS

Taux d'éclosion et de mortalité

Le taux de fertilité des œufs achetés aux producteurs a été de 89,8 p. 100, le taux d'éclosion de 65,7 p. 100, le taux de mortalité embryonnaire de 34,3 p. 100, avec un taux de mortalité précoce de 27,0 p. 100 et un taux de mortalité à l'éclosion de 7,3 p. 100. Le taux de mortalité de 9,1 p. 100 a été enregistré chez les pintadeaux soumis à l'expérience. Les mortalités sont survenues généralement la nuit sans aucun signe pathologique apparent.

Poids vifs selon le sexe

L'évolution pondérale selon l'âge est indiquée dans la figure 1. L'évolution de la courbe de croissance a connu une régularité avec le temps.

Poids vifs selon le phénotype

Dans le tableau I sont inscrits les poids vifs à l'éclosion, au point d'inflexion, et les poids asymptotiques selon le phénotype. Aucune différence significative n'a été mise en évidence quant au P_0 selon le phénotype.

Gains moyens quotidiens

L'évolution des gmq selon le sexe est représentée à la figure 2. Chaque courbe évolutive a été marquée par trois phases :

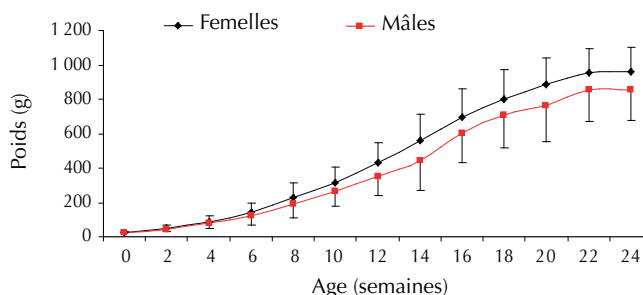


Figure 1 : courbe de l'évolution pondérale selon le sexe.

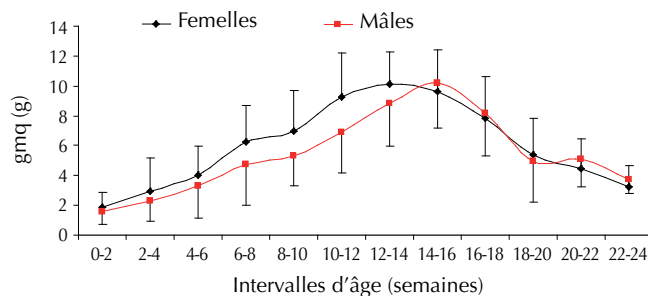


Figure 2 : courbes évolutives des gains de poids moyens quotidiens selon le sexe.

Tableau I

Poids vifs à l'éclosion, au point d'inflexion et asymptotique selon le type phénotypique

Variété	Lilas (n = 10)	Noire (n = 18)	Perlée (n = 142)	Blanche (n = 30)
P ₀ (g)	25,7 ± 1,7 ^a	26,5 ± 2,4 ^a	25,5 ± 2,7 ^a	23,0 ± 3,5 ^a
P ₁ (g)	601,7 ± 163,1 ^a	757,5 ± 107,1 ^b	662,3 ± 165,3 ^c	634,0 ± 170,3 ^d
P _A (g)	902,6 ± 115,4 ^a	1 001,3 ± 215,1 ^b	961,1 ± 215,1 ^c	924,7 ± 127,5 ^d

P₀ : poids à l'éclosion ; P₁ : poids au point d'inflexion ; P_A : poids asymptotique

Les chiffres présentant les mêmes lettres sur une ligne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %

ascendante (de P₀ à P₁), en plateau (à P₁) et descendante (P₁ à P_A). De P₀ à P_A, le gmq moyen a été de 5,9 ± 2,8 g pour l'ensemble des animaux (6,3 ± 2,8 g pour les femelles et 5,4 ± 2,7 g pour les mâles). Le gmq moyen au point d'inflexion a été de 10,2 ± 4,9 g (10,1 ± 4,7 g chez les femelles et 10,2 ± 5,1 g chez les mâles). Les gmq_{P₀-P₁} ont été de 5,8 ± 3,2 g chez les femelles et de 5,4 ± 2,9 g chez les mâles.

Taux de croissance

Les taux de croissance pondérale, ou les paramètres de déclin ou taux de maturité, selon les stades de développement (démarrage, croissance, finition) sont présentés dans le tableau II. Chez les deux sexes, les taux moyens de croissance ont marqué une évolution à la baisse avec l'âge de l'animal. Chez les femelles, cette baisse a été en moyenne de 5,3 p. 100 entre deux intervalles successifs de deux semaines contre 4,5 p. 100 chez les mâles. Le taux de croissance moyen a été de 29,2 ± 16,8 p. 100 chez les deux sexes (30,0 ± 18,0 p. 100 chez les femelles et 28,4 ± 15,9 p. 100 chez les mâles). La différence entre les deux sexes a été significative au seuil de 5 p. 100.

Résultats de la modélisation

Les données du poids vif, de P₀ à P_A, sont inscrites dans le tableau III. Aucune différence significative (p > 0,05) n'a été observée pour le poids vif à l'éclosion (P₀) selon le sexe. A deux semaines d'âge, les pintadeaux ont présenté un poids moyen de 47,9 ± 1,9 g, avec 50,1 ± 2,5 g pour les femelles, 45,7 ± 1,3 g pour les mâles. A partir des poids aux points d'inflexion (P₁), les poids vifs ont marqué des différences significatives (p < 0,05) selon le sexe, de même que les poids asymptotiques (P_A). Le poids vif aux points d'inflexion (P₁) a représenté plus de la moitié du poids asymptotique (P_A) chez les deux sexes (54,4 ± 1,2 p. 100 chez les femelles et 58,0 ± 0,7 p. 100 chez les mâles). Les poids aux points d'inflexion (P₁) et les poids asymptotiques (P_A) ont, en revanche, été significativement (p < 0,05) affectés par le sexe.

Il a été observé un décalage entre les points d'inflexion selon le sexe (dans l'intervalle de 12 à 14 semaines chez les femelles et de 14 à 16 chez les mâles). Les poids asymptotiques ont été atteints autour de la 22^e semaine chez les deux sexes.

Indices de consommation

Les données sur l'alimentation et les gains de poids relatifs sont notés dans le tableau IV. L'indice moyen de consommation a augmenté avec l'âge de l'animal. Il a été en moyenne de 4,6 du démarrage (0-4 semaines) à la finition (8-24 semaines).

Tableau II

Taux de croissance, ou paramètre D, selon le stade de développement

Stade de développement	Démarrage	Croissance	Finition	
Intervalle d'âge (semaine)	0-4	5-8	9-16	17-22
Taux de croissance (%)				
Femelle	55,9	45,2	30,4	10,6
Mâle	49,5	42,7	29,0	11,6

Tableau III

Résultats de la modélisation

	P ₀ (g)	P ₁ (g)	P _A (g)
Mâle (n = 103)	25,5 ± 2,4 ^a	497,0 ± 134,7 ^a	857,0 ± 183,7 ^a
Femelle (n = 97)	25,8 ± 3,1 ^a	523,0 ± 171,4 ^b	962,0 ± 147,8 ^b
Moyenne	25,7 ± 2,8	510,0 ± 153,1	909,5 ± 165,8

P₀ : poids à l'éclosion ; P₁ : poids au point d'inflexion ; P_A : poids asymptotique

Les chiffres présentant les mêmes lettres en exposant dans une colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %

Tableau IV

Données globales sur l'alimentation

Intervalle d'âge (semaine)	0-4	0-8	0-16	0-24
Indice de consommation	2,3	4,7	6,9	12,7
Consommation (kg) aliment brut	0,55	2,40	4,6	12,4
Gain de poids (g)	239,1 ^a ± 87,6	510,6 ^b ± 101,7	666,7 ^c ± 117,7	976,4 ^d ± 125,5

Les chiffres présentant les mêmes lettres sur une ligne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %

Rendements carcasse

Les données bouchères (poids vifs, poids carcasse et rendement carcasse) selon les âges types et le sexe sont indiquées dans le tableau V. Les rendements carcasse ont différé significativement ($p < 0,05$) d'un âge type à l'autre à l'exception de ceux à 20 et 56 semaines. Ces rendements ont augmenté de la 16^e (75,7 p. 100) à la 22^e semaine (84,3 p. 100), puis ont baissé à la 56^e semaine (80,4 p. 100).

■ DISCUSSION

Les œufs récoltés dans le village de Saria ont eu une durée maximale de stockage de 10 jours. Le taux d'éclosion obtenu a été supérieur à celui de 45 p. 100 relevé par Ayorinde (4) et reste comparable à celui de 58,4 p. 100 rapporté par Sanfo (27) en conditions ambiantes de température et à dix jours de stockage. Le taux de mortalité a été nettement inférieur à celui de 73 p. 100 noté par Bessin et coll. (6) et traduirait l'efficacité du chauffage et de l'apport de sucre dans l'eau de boisson.

L'ascendance relative du poids vif moyen des femelles sur celui des mâles a été conforme aux conclusions de Blum et coll. (7). Selon ces auteurs, qui ont travaillé sur des pintadeaux de chair, la similitude de croissance pondérale entre les deux sexes n'est observée que jusqu'à l'âge de 12 semaines. La maturation sexuelle débutante, qui se manifeste par un dépôt de graisse et le développement des organes génitaux plus marqué chez la femelle, pourrait expliquer cette croissance plus importante.

Le poids vif moyen du pintadeau d'un jour observé dans la présente étude a été comparable à ceux de 27, 26 et 25,2 g rapportés dans la littérature (8, 14, 26, 30). A deux semaines d'âge, ce poids vif s'est révélé inférieur à celui de la variété du Nord avec 63,8 g (8). Cette observation confirmerait les résultats antérieurs qui font cas de l'existence d'une grosse variété de pintade, appelée pintade de Dori et localisée dans la zone sahélienne (14, 26, 29). Les poids asymptotiques observés chez les deux sexes ont confirmé le caractère « moyen » du poids adulte de la pintade localisée entre les 12^e et 13^e parallèles (2, 5, 16, 22). Ces poids ont, de même, confirmé la similitude des performances de ces pintades avec celles du Centre dont le poids oscille entre 0,9 et 1,1 kg (14, 26, 29).

Les poids vifs à l'éclosion des pintadeaux, selon le phénotype, ont été supérieurs à ceux de la lilas ($23,26 \pm 3,87$ g), de la noire ($22,77 \pm 2,98$ g), de la perlée ($21,92 \pm 3,65$ g) et de la blanche ($20,98 \pm 4,01$ g) observés au Nigeria (5). Cette supériorité pourrait résulter d'une différence génétique entre les phénotypes de ces pintades ou du poids des œufs incubés.

Les différences des performances pondérales observées entre les différents phénotypes étaient en accord avec les résultats rapportés au Niger, Nigeria et Burkina Faso (1, 3, 27). Elles étaient également fondamentales et réconfortantes pour la sélection de la pintade pour la viande (4) à cause de l'existence de cette variabilité pondérale.

L'âge au point d'inflexion a coïncidé rigoureusement avec l'âge optimal à l'abattage (19) (donnée technico-économique). Cette correspondance explique l'importance de cet âge (5) et laisse supposer que celui à l'abattage, dans le cas présent, était situé à environ 14 semaines chez les deux sexes. Cet âge est analogue à celui déterminé pour la pintade locale au Nigeria (5). La baisse des gmq, sans effet compensatoire sur la consommation alimentaire au-delà de cet âge (4, 24), vient appuyer fortement la nécessité de cette exploitation. Les poids vifs moyens à l'âge optimal à l'abattage des deux sexes ont été supérieurs à la moyenne de 476,6 g observée au Nigeria (3) et représentaient un peu plus de la moitié des poids asymptotiques respectifs.

Le décalage entre les âges aux points d'inflexion chez les deux sexes indique que la croissance pondérale de la pintade locale est liée au sexe et implique qu'une sélection appliquée à âge fixe ne donnera pas la même réponse pour les deux sexes (18). Ainsi, l'âge idéal à la sélection serait de 13 semaines chez les femelles et de 15 semaines chez les mâles.

Les taux moyens de croissance et leur évolution à la baisse avec l'âge ont été comparables à ceux observés pour les pintades locales au Nigeria (3). Les âges aux taux moyens de croissance ont coïncidé avec ceux aux points d'inflexion. Ceci indiquerait qu'il est plus économique d'exploiter la pintade locale à cette période.

La baisse du rendement carcasse à 56 semaines a été analogue à celles de 74 p. 100 à 24 semaines et de 71 p. 100 à 52 semaines observées par Ayorinde (4). Elle pourrait expliquer le fait qu'il est

Tableau V

Données bouchères selon le sexe et les âges types

Age type (semaines)	Femelles			Mâles			Moyenne		
	Poids vif (g)	Poids carcasse (g)	Rendement (%)	Poids vif (g)	Poids carcasse (g)	Rendement (%)	Poids vif (g)	Poids carcasse (g)	Rendement (%)
16	653,9 ^a ± 116,1	495,0 ^a ± 108,1	76,5 ^a ± 8,8	640,9 ^a ± 114,9	485,2 ^a ± 107,1	74,9 ^a ± 8,6	647,4 ^a ± 115,5	490,1 ^a ± 107,6	75,7 ^a ± 8,7
18	780,0 ^b ± 159,1	604,1 ^b ± 153,3	78,8 ^a ± 7,6	754,0 ^b ± 157,5	583,9 ^b ± 151,7	76,2 ^a ± 8,2	767,0 ^b ± 158,3	594,4 ^b ± 152,5	77,5 ^a ± 7,9
20	886,9 ^c ± 164,1	707,8 ^c ± 168,8	81,6 ^b ± 9,9	847,1 ^c ± 162,5	676,0 ^c ± 167,2	78,0 ^a ± 7,3	867,0 ^c ± 163,3	691,9 ^c ± 168,0	79,8 ^b ± 8,6
22	948,5 ^d ± 178,3	799,6 ^d ± 196,2	86,3 ^c ± 11,9	905,5 ^d ± 176,5	763,4 ^d ± 194,2	82,3 ^b ± 10,9	927,0 ^d ± 177,4	781,5 ^d ± 195,2	84,3 ^c ± 11,4
56	919,5 ^e ± 176,36	739,2 ^e ± 188,4	82,2 ^b ± 12,7	878,1 ^e ± 174,8	706,0 ^e ± 186,6	78,6 ^a ± 11,7	898,8 ^e ± 175,7	722,6 ^e ± 187,5	80,4 ^b ± 12,2

Les chiffres présentant les mêmes lettres en exposant dans une colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %

plus avantageux d'abattre tôt les oiseaux parce qu'il y a une baisse de rendement avec le temps.

L'augmentation de l'indice de consommation en fonction de l'âge a concordé avec les résultats obtenus lors d'autres études avec 2,6 au démarrage, 4 à la croissance et 6,5 à la finition (3, 9, 25). L'indice moyen de consommation obtenu dans la présente étude, nettement plus élevé que ceux de 2,8, 3,3 et 3,7 (11, 15, 20), renforce l'observation d'Ayeni (2) qui note que la pintade locale est une mauvaise transformatrice d'aliments.

Les rendements carcasse et leur évolution ont été similaires à ceux observés au Nigeria (5). Le choix du rendement carcasse optimal pourrait intégrer les aspects organoleptique, nutritionnel, technologique et financier de la viande de la pintade. Ces différents aspects

contribueront grandement au choix de l'âge optimal réel à l'abattage de la pintade locale selon le sexe et la variété.

■ CONCLUSION

Les résultats de cette étude confirment le caractère moyen du poids vif de la pintade locale du centre du Burkina Faso et sa faible aptitude à la valorisation des aliments. Ce poids vif pourrait toutefois être amélioré au regard de sa grande variabilité entre et dans les variétés étudiées. L'âge moyen optimal à l'abattage a été autour de 15 semaines pour les deux sexes. Ces différents âges restent toutefois à être confirmés par des études ultérieures qui intégreront les paramètres financiers et techniques de la qualité de la viande.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSOUMANE I., GOURO A.S., 1997. L'élevage des pintades au Niger. In: Sonaiya E.B., Ed., Proc. INFPD workshop Issues in family poultry research and development, Mbour, Senegal, 9-13 Dec. Ile-Ife, Nigeria, INFPD, p. 254-259.
- AYENI J.S.O., 1983. Study of grey breasted guinea fowl (*Numida meleagris galeata pallas*) in Nigeria. *World Poultry Sci. J.*, **39**: 143-151.
- AYORINDE K.L., 1987. Changes in anatomical points of the guinea hens in lay. *Nig. J. Anim. Prod.*, **14**: 121-123.
- AYORINDE K.L., 2004. The spice of life. The seventy-first inaugural lecture. Ilorin, Nigeria, University of Ilorin, 60 p.
- AYORINDE K.L., OLUYEMI J.A., AYENI J.S.O., 1988. Growth performance of four indigenous helmeted guinea fowl varieties (*Numida meleagris galeata Pallas*) in Nigeria. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **36**: 356-360.
- BESSIN R., BELEM A.M.G., BOUSSINI H., COMPAORE Z., KABORET Y., DEMBELE M.A., 1998. Enquête sur les causes de mortalité des pintadeaux au Burkina Faso. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **51** : 87-93.
- BLUM J.C., GUILLAUME J., LECLERCQ B., 1975. Studies on the energy and protein requirement of growing guinea fowl. *Br. Poultry Sci.*, **16**: 157-168.
- BONKOUNGOU G.F.X., 2005. Characteristics and performances of guinea fowl production under improved and scavenging condition in the Sahelian region of Burkina Faso. MSc Thesis, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark, 59 p.
- CARLIER S., 2000. Effet de la teneur des provendes en cellulose brute sur les performances pondérales des pintades et la qualité de leur viande en région chaude. Mémoire fin d'études, faculté de Sciences agronomiques, Gembloux, Belgique, 68 p.
- CASTAING J., 1979. Aviculture et petits élevages. Paris, France, J.-B. Baillière, 313 p.
- DEHOUX J.P., BULDGEN A., DACHET P., DIENG A., 1997. Influence de la saison et de la concentration énergétique de l'aliment sur les performances de croissance des pintadeaux (*Numida meleagris*) en région tropicale. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **50** : 303-308.
- DEMBELE P., GNOUMOU D., FREDERIC P., 1996. L'élevage de la pintade au Burkina Faso. Ouagadougou, Burkina Faso, Réseau documentaire élevage, 8 p. (n° 4 spécial octobre)
- DIABATE B., 1987. Etude de l'aviculture villageoise en zone Mali-Sud – cas des villages de Djinigorola et Yaban. Mémoire Ingénieur Sciences appliquées, Institut polytechnique rural de Katibougou, Bamako, Mali, 48 p.
- DIABATE H., 1981. Elevage traditionnel de la pintade en Haute-Volta. Mémoire Ingénieur Développement rural, Institut supérieur polytechnique, Ouagadougou, Burkina Faso, 109 p.
- FARKAS T., 1965. Interesting facts about the crowned guinea fowl (*Numida meleagris*). *Fauna Flora*, **16**: 23-28.

- JOHNSON A.S., GOWE R.S., 1962. Modification of the growth patterns of the domestic turkey by selection at two ages. In: Proc. 12th World's Poultry Cong., Sydney, Australia, p. 57-62.
- KNIZETOVA H., HYANEK J., KNIZE B., ROUICEK J., 1991. Analysis of growth curve of guinea fowl. I. Chickens. *Br. Poultry Sci.*, **22**: 1039-1053.
- KOEHL J.F., 1996. Enquête annuelle sur les coûts de production des volailles de chair. Paris, France, Institut technique de l'aviculture, p. 97-106.
- LE COZ DOUIN J., 1992. L'élevage de la pintade. Maisons-Alfort, France, Le point vétérinaire, 252 p.
- MACIEJOWSKI J., ZEIBA P., 1982. Genetics and animal breeding. Warsawa, Poland, Polish Scientific publishers, 37 p.
- MIGNON-GRASTEAU S., BEAUMONT C., 2000. Les courbes de croissance chez les oiseaux. *Prod. Anim.*, **13** : 337-348.
- MINISTERE DES RESSOURCES ANIMALES, 1996. Quelques notions sur l'élevage de la pintade. Ouagadougou, Burkina Faso, ministère des Ressources animales, 26 p.
- MINISTERE DES RESSOURCES ANIMALES, 2003. Méléagriculture au Burkina Faso : diagnostic et axes d'amélioration. Ouagadougou, Burkina Faso, ministère des Ressources animales, 46 p.
- OGUNTONA T., 1982. Commercialising guinea fowl. West Africa. *J. Anim. Prod.*, March/April: 52-54.
- OGUNTONA T., 1983. Current knowledge of nutrients requirements of the gray breasted helmet guinea fowl. In: Ayeni J.S.O., Olomu J.M., Aire T.A., Eds, The helmet guinea fowl. New Bussa, Nigeria, Kainji Lake Research Institute, p. 121-128.
- OUEDRAOGO H., 1987. Elevage de la pintade au Burkina Faso : utilisation des termites, des asticots, de l'aliment complet dans le démarrage des jeunes. Mémoire fin d'études, Institut polytechnique rural de Katibougou, Bamako, Mali, 84 p.
- SANFO R., 2005. Caractéristiques physiques de l'œuf de la pintade locale au centre du Burkina Faso. Rapport d'activités. Ouagadougou, Burkina Faso, Institut de l'environnement et des recherches agricoles, 33 p.
- SAUNDERS M.J., 1984. Aviculture traditionnelle en Haute-Volta. Synthèse des connaissances actuelles et réflexions autour d'une expérience de développement, tome 1. Ouagadougou, Burkina Faso, Programme de développement des animaux villageois, 145 p.
- SAVADOGO A., 1995. Contribution à l'amélioration de l'élevage de la pintade (*Numida meleagris*) au Burkina Faso. Mémoire fin d'études d'IDR, université d'Ouagadougou, Burkina Faso, 102 p.
- SMETANA P., 1974. Some aspects of guinea fowl production. In: Proc. Australian Poultry Science Convention, Hobart, Tasmania, Australia, p. 307-309.

Reçu le 21.04.2007, accepté le 11.09.2008

Summary

Sanfo R., Boly H., Sawadogo L., Brian O. Local Guinea Fowl (*Numida meleagris*) Weight Performance under Improved Feeding System in the Central Region of Burkina Faso

The growth performance of 200 local guinea fowls (*Numida meleagris*) (97 females and 103 males) were studied in an improved feeding system. The hatching body weights were 25.8 ± 3.1 g in females and 25.5 ± 2.4 g in males. The body weights at inflexion points were 523.0 ± 171.4 g in females and 497.0 ± 134.7 g in males, and the asymptotic weights were 962.0 ± 147.8 g and 857.0 ± 183.7 g, respectively. The weights at inflexion points and the asymptotic weights varied significantly ($p < 0.05$) depending on the variety. The daily weight gains at inflexion points were 10.1 ± 4.7 g in females and 10.2 ± 5.1 g in males, occurring at 12-14 weeks and 14-16 weeks of age, respectively, i.e. the optimum slaughtering age for each sex was within these intervals. The general average growth rate was $29.2 \pm 16.8\%$ for both sexes ($30.0 \pm 18.0\%$ in females and $28.4 \pm 15.9\%$ in males). The carcass yield increased from 65.7% at 16 weeks to 74.3% at 22 weeks, and dropped to 70.4% at 56 weeks. The feed conversion ratio was 4.6 from 0 to 16 weeks in all the birds.

Keywords: Guinea fowl – *Numida meleagris* – Animal performance – Weight gain – Burkina Faso.

Resumen

Sanfo R., Boly H., Sawadogo L., Brian O. Rendimientos ponderales de la gallina de Guinea local (*Numida meleagris*) bajo un sistema de alimentación mejorada en la zona central de Burkina Faso

Se comunican los rendimientos de crecimiento ponderal de 200 gallinas de Guinea (97 hembras y 103 machos) locales (*Numida meleagris*), bajo un sistema de alimentación mejorada. Las hembras presentaron un peso vivo medio en el momento de la eclosión de $25,8 \pm 3,1$ g y los machos de $25,5 \pm 2,4$ g. Los pesos vivos en los puntos de inflexión fueron de $523,0 \pm 171,4$ g en las hembras y de $497,0 \pm 134,7$ g en los machos y los pesos asintomáticos de $962,0 \pm 147,8$ g y $857,0 \pm 183,7$ g, respectivamente. Los pesos en los puntos de inflexión y los pesos asintomáticos difirieron significativamente ($p < 0,05$) según la variedad. Las ganancias de peso medio cotidianas en los puntos de inflexión fueron de $10,1 \pm 4,7$ g en las hembras y de $10,2 \pm 5,1$ g en los machos. Estos se adquirieron a intervalos de edad de 12 a 14 semanas y de 14 a 16 semanas respectivamente, edades óptimas para el sacrificio. El promedio general de las tasas de crecimiento fue de $29,2 \pm 16,8$ % para los dos sexos, con $30,0 \pm 18,0$ % en las hembras y $28,4 \pm 15,9$ % en los machos. El rendimiento de la carcasa aumentó de 65,7 % a 16 semanas a 74,3 % a 22 semanas, para bajar a 70,4 % a 56 semanas. El índice medio de consumo presentó un valor de 4,6 en el momento de la eclosión a 16 semanas de edad para los dos sexos.

Palabras clave: Gallina de guinea – *Numida meleagris* – Desempeño animal – Ganancia de peso – Burkina Faso.