

Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux

Revue trimestrielle

ISSN 0035-1865

Inscrite à la commission paritaire des publications
sous le n° 50047

publiée

par le département d'élevage

et de médecine vétérinaire

du Centre de coopération internationale

en recherche agronomique pour le développement

Cirad-emvt

Directeur de la Publication : Emmanuel Camus

Rédacteur en chef : Didier Richard

Edition : Marie-Cécile Maraval-Mollard

COMITE DE LECTURE

J. Asso, E. Authié, D. Bastianelli, P. Bonnet,

J.-P. Boutonnet, J. Cabaret, Ph. Chardonnet, Y. Cognié,

C. Demarquilly, A. Diallo, Ph. Dorchie, G. Duvallet,

B. Faye, H. Guerin, A. Gueye, J.-F. Guillot, J. Itard,

J. Le Dividich, P.-C. Lefèvre, C. Le Goff, Ph. Lhoste,

G. Libeau, F. Ménessier, C. Meyer, P.-P. Pastoret,

M. Picard, J.-P. Poivey, D. Richard, G.R. Scott,

G. Tacher, F. Thiaucourt, B. Toutain, P.-L. Toutain,

G. Uilenberg

Rédaction et Publicité

Cirad-emvt

Campus international de Baillarguet, TA 30/B

34398 Montpellier Cedex 5, France

Téléphone : (0) 4 67 59 38 17 - Télécopie : (0) 4 67 59 37 97

marie-cecile.maraval-mollard@cirad.fr

Abonnements

Lavoisier

Brigitte Delestaing

14, rue de Provigny

94236 Cachan Cedex, France

(voir page 332 pour les tarifs)

abo@Lavoisier.fr

<http://www.Lavoisier.fr>

© Cirad, Montpellier, 2004

Imprimé par Jouve (France)

n° d'ordre : 340805D

Dépôt légal : janvier 2004

Sommaire

PATHOLOGIE INFECTIEUSE

253-257 **Modèle conceptuel pour prédire la diffusion intra-troupeau de la péripneumonie contagieuse bovine.** Lesnoff M., Thiaucourt F., Bonnet P., Bicout D., Balenghien T., Abdicho S., Laval G., Lancelot R. (*en français*)

259-264 **Sensibilité aux antibiotiques de souches de *Campylobacter* isolées de carcasses de poulets au Sénégal.** Cardinale E., Dromigny J.-A., Tall F., Ndiaye M., Konte M., Perrier Gros-Claude J.-D. (*en anglais*)

265-268 **Rapport préliminaire sur les teneurs en neuraminidase et en acide sialique libre et de surface érythrocytaire dans les sérums de volailles indemnes et infectées par le virus de la maladie de Newcastle.** Oladele S.B., Abdu P., Nok A.J., Esievo K.A.N., Useh N.M. (*en anglais*)

RESSOURCES ALIMENTAIRES

269-274 **Approche intégrée pour la production de semences fourragères et la complémentation de vaches laitières dans la région semi-aride du Cameroun.** Asongwed-Awa A., Njoya A. (*en anglais*)

275-283 **Durée de jachère et valeur pastorale de la végétation herbacée en zone soudanienne au Sénégal.** Akpo L.E., Masse D., Grouzis M. (*en français*)

RESSOURCES ANIMALES

285-297 **Approche de la diversité des systèmes d'élevage laitiers à la Réunion.** Alary V., Messad S., Taché C., Tillard E. (*en français*)

299-304 **Les femmes dans la filière lait périurbaine au Sénégal. Cas de la région de Kolda.** Ba Diao M., Senghor C.D., Diao B. (*en français*)

305-312 **Progrès génétiques pour la croissance dans une expérience de sélection portant sur deux races bovines bouchères, pure et synthétique, dans un environnement tropical.** Ebangi A.L., Erasmus G.J., Tawah C.L., Mbah D.A. (*en anglais*)

313-320 **Elevage et performances de reproduction et de croissance de l'athérure africain. Résultats sur l'étude de sa reproduction en captivité.** Edderaï D., Houben P. (*en français*)

INDEX

321-330 **Index 2002 des auteurs, des mots-clés et géographique**

Contents

INFECTIOUS DISEASES

253-257 **Conceptual Model to Predict the Intraherd Spread of Contagious Bovine Pleuropneumonia.** Lesnoff M., Thiaucourt F., Bonnet P., Bicout D., Balenghien T., Abdicho S., Laval G., Lancelot R. (*in French*)

259-264 **Antimicrobial Susceptibility of *Campylobacter* Strains Isolated from Chicken Carcasses in Senegal.** Cardinale E., Dromigny J.-A., Tall F., Ndiaye M., Konte M., Perrier Gros-Claude J.-D. (*in English*)

265-268 **Preliminary Report on Neuraminidase, Erythrocyte Surface and Free Serum Sialic Acid Concentrations in the Serum of Healthy and Newcastle Disease Virus-Infected Chickens.** Oladele S.B., Abdu P., Nok A.J., Esievo K.A.N., Useh N.M. (*in English*)

FEED RESOURCES

269-274 **Integrated Approach to Forage Seed Production and Supplementation of Dairy Cows in the Semiarid Region of Cameroon.** Asongwed-Awa A., Njoya A. (*in English*)

275-283 **Length of Fallow Period and Pastoral Value of Herbaceous Plants in the Sudanese Zone of Senegal.** Akpo L.E., Masse D., Grouzis M. (*in French*)

ANIMAL RESOURCES

285-297 **Approach to the Diversity of Dairy Farm Systems in Reunion.** Alary V., Messad S., Taché C., Tillard E. (*in French*)

299-304 **Women in the Suburban Subsector of Milk Production and Processing in Senegal. Case of Kolda Area.** Ba Diao M., Senghor C.D., Diao B. (*in French*)

305-312 **Genetic Trends for Growth in a Selection Experiment Involving Purebred and Two-Breed Synthetic Beef Breed in a Tropical Environment.** Ebangi A.L., Erasmus G.J., Tawah C.L., Mbah D.A. (*in English*)

313-320 **Rearing, and Reproduction and Growth Performances of the African Brush-Tailed Porcupine. Study Results on Its Reproduction in Captivity.** Edderai D., Houben P. (*in French*)

INDEX

321-330 **Author, Key Word, and Geographical 2002 Index**

Sumario

PATOLOGIA INFECCIOSA

253-257 Modelo conceptual para la predicción de la difusión intra-hato de la pleuroneumonía contagiosa bovina. Lesnoff M., Thiauourt F., Bonnet P., Bicout D., Balenghien T., Abdicho S., Laval G., Lancelot R. (*en francés*)

259-264 Susceptibilidades anti-microbianas de cepas de *Campylobacter* aisladas de carcasas de pollos en Senegal. Cardinale E., Dromigny J.-A., Tall F., Ndiaye M., Konte M., Perrier Gros-Claude J.-D. (*en inglés*)

265-268 Reporte preliminar sobre neuraminidasas, superficie eritrocitaria y concentraciones de ácido siálico libre de suero en sueros de pollos saludables e infectados con el virus de la enfermedad de Newcastle. Oladele S.B., Abdu P., Nok A.J., Esievo K.A.N., Useh N.M. (*en inglés*)

RECURSOS ALIMENTICIOS

269-274 Enfoque integrado del suplemento y de la producción de semillas de forraje en vacas de leche en una región semi árida de Camerún. Asongwed-Awa A., Njoya A. (*en inglés*)

275-283 Duración del barbecho y valor pastoril de la vegetación herbácea en la zona sudanesa. Akpo L.E., Masse D., Grouzis M. (*en francés*)

RECURSOS ANIMALES

285-297 Enfoque sobre la diversidad de los sistemas de cría lechera en la Reunión. Alary V., Messad S., Taché C., Tillard E. (*en francés*)

299-304 Las mujeres en la filial lechera peri-urbana en Senegal. El caso de la región de Kolda. Ba Diao M., Senghor C.D., Diao B. (*en francés*)

305-312 Tendencias genéticas para el crecimiento en un experimento de selección, involucrando una raza de carne pura y una raza de carne sintética a partir de dos razas en un medio tropical. Ebangi A.L., Erasmus G.J., Tawah C.L., Mbah D.A. (*en inglés*)

313-320 Cría y rendimiento de la reproducción y del crecimiento del *Atherurus africanus*, roedor africano. Resultado sobre el estudio de su reproducción en cautiverio. Eddeirai D., Houben P. (*en francés*)

INDICE

321-330 Índice 2002 de autores, de temas y geográfico

European Multicolloquium of Parasitology

EMOP IX

Multidisciplinary for Parasites, Vectors and Parasitic Diseases

Valencia, Spain – 19-23 July 2004

It is a great pleasure for the Asociación de Parasitólogos Españoles (APE) and for the Organising Committee to invite you, on behalf of the European Federation of Parasitologists (EFP), to the 9th European Multicolloquium of Parasitology (EMOP IX) to be held in Valencia, Spain, from the 19th to the 23rd of July, 2004.

Proposals for Colloquia, Symposia, Workshops and Satellite Events

An EMOP is especially conceived for the organisation of parallel monographic meetings. The many topics proposed include: Paleoparasitology, Malaria Vaccines, Leishmaniasis, Chagas Disease Vectors, News on Toxoplasmosis Pathogenicity, Coccidian Life Cycles, K.E. Mott Symposium on Schistosomiasis and Distomatoses, DNA Markers for Molluscan Vectors of Trematode Diseases, Human Fascioliasis, Brachylaimiasis, Metacestodes, Filariases, News in Larva Migrans Type Diseases, Molecular Systematics and Phylogeny of Nematodes, Immunopathology in Concomitant Infections, Computer Modelling for Parasite Population Ecology, DNA Arrays for Parasites and Vectors, Parasite Vaccine Evaluation, Molecular Topology for Antiparasitic Drug Development, Remote Sensing and GIS for Vector-borne Parasitic Diseases, Parasites on Islands and Other Isolated Ecosystems, Congenital Transmission of Parasitic

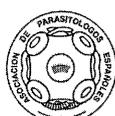
Diseases, Parasites in Cultured Fish Species, Opportunistic Fungi, Editing Parasitology On-line Journals, Parasitology Distance Learning, WHO Steering Committee Meetings.

International Parasitology Courses

Teaching Courses will be organised during the Congress in collaboration with the International University Menéndez Pelayo (UIMP).

EFP Young Scientist Awards

The EFP will make a number of Young Scientist Awards to stimulate the participation of young parasitologists and thus to help increase the development of Parasitology in Europe. Awards will be in two areas: "Research in Basic Parasitology" and "Research in Applied Parasitology". Up to 3 prizes may be awarded in each field: First (1000 €), Second (600 €), and Third (400 €) Prizes, all including diploma and refunding of EMOP registration fees. Candidates must be under 35 years of age and a citizen of one of the European countries attached to the EFP; the paper must be solely authored by the candidate and presented in orally during the Congress. A letter will be required, certifying that the investigation was undertaken at a European centre. Detailed instructions will be given in the next EMOP IX Announcement and in the EMOP IX Web Page.



Secretariat

EMOP IX

Departamento de Parasitología

Facultad de Farmacia

Universidad de Valencia

Av. Vicent Andrés Estellés s/n

46100 Burjassot - Valencia, Spain

Fax: +(34)-96-354-47-69

Email: emop.9@uv.es

<http://www.uv.es/emop9>

Registration and Inscription Fees

Registration preferably by personal email letter, may be sent to the Secretariat. Instructions for on-line registration, including inscription fees, are available on the EMOP IX Website. Inscription fees will be in euros and kept to a minimum, with the aim of organising a congress as inexpensive as possible to stimulate the participation of young parasitologists.

Scholarships for Young Parasitologists

Following the tradition, the EFP will offer a number of scholarships for young scientists to attend EMOP IX.

Travel, Stay and Pre-/Post-Congress Tours

For all questions concerning travel and accommodation in Valencia, please contact:

VIAJES EL CORTE INGLES S.A. - División de Congresos

Pasaje Ventura Feliú No. 15, 46007 Valencia, Spain

Tel.: +(34)-96-310-71-89; Fax: +(34)-96-341-10-46

Email: congresos.valencia@viajeseci.e

Modèle conceptuel pour prédire la diffusion intra-troupeau de la péripneumonie contagieuse bovine

M. Lesnoff^{1,2*} F. Thiaucourt¹ P. Bonnet^{1,2}
D. Bicout³ T. Balenghien³ S. Abdicho⁴
G. Laval¹ R. Lancelot⁵

Mots-clés

Péripneumonie contagieuse bovine – Modèle – Simulation – Epidémiologie – Contrôle des maladies – Afrique.

Résumé

La péripneumonie contagieuse bovine (Ppcb) est une maladie respiratoire contagieuse des bovins due à un mycoplasme : *Mycoplasma mycoides* sous-espèce *mycoides* biotype *small colony*. Elle représente une contrainte élevée pour le développement de l'élevage de bovins en Afrique (mortalités, baisse de production, coût du contrôle). Un modèle conceptuel de la diffusion de la Ppcb au sein d'un troupeau infecté (vacciné ou non) est présenté en formalisant les connaissances épidémiologiques actuelles sur la maladie. Ce modèle conceptuel, transposé sous forme mathématique, peut être utilisé pour tester des stratégies de contrôle de la maladie au niveau du troupeau. Il devra être confronté aux différentes situations épidémiologiques de la Ppcb en Afrique ainsi qu'aux futurs résultats expérimentaux pour être pleinement validé et éventuellement amélioré. En outre, il reste nécessaire de mener des enquêtes dans les foyers de Ppcb, de procéder à des essais cliniques et de favoriser la publication des résultats détaillés de ces actions pour pouvoir estimer de manière plus fiable les paramètres épidémiologiques contrôlant le comportement du modèle.

■ INTRODUCTION

La péripneumonie contagieuse bovine (Ppcb) est une maladie respiratoire contagieuse des bovins due à un mycoplasme : *Mycoplasma mycoides* sous-espèce *mycoides* biotype *small colony* (*MmmSC*) (19, 21). La contagion a lieu lors de contacts directs et répétés entre les animaux infectieux et sensibles (21). La Ppcb est une contrainte majeure au développement de l'élevage bovin en Afrique (9, 18, 22). Les pertes dans les troupeaux infectés proviennent de la mortalité et de la baisse de production des animaux en

phase clinique (amaigrissement, diminution de la production laitière, impossibilité d'utiliser les animaux pour la traction).

Les modèles mathématiques de diffusion des maladies dans une population permettent de tester l'effet de stratégies de contrôle (2) à moindre coût qu'avec des expérimentations. Malgré l'importance de la Ppcb en Afrique, peu de modèles mathématiques ont été proposés pour formaliser les connaissances épidémiologiques actuelles sur la Ppcb (13, 30). L'objectif de la présente communication a été de décrire un modèle conceptuel de la diffusion de la Ppcb au sein d'un troupeau infecté et sa représentation sous forme de modèle mathématique.

■ MODELE CONCEPTUEL DE LA DIFFUSION DE LA PPCB

Les auteurs ont choisi de représenter la diffusion de la Ppcb dans un troupeau à l'aide d'un modèle à compartiments : le résumé graphique de ce modèle (figure 1) facilite la communication entre mathématiciens, épidémiologistes et microbiologistes. Les veaux non sevrés ont été exclus du troupeau car ils sont peu sensibles à la Ppcb (21). Le troupeau a été subdivisé en six compartiments représentant les différentes catégories d'animaux (figure 1) : *S* représente

1. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France

2. Adresse actuelle : International Livestock Research Institute, PO Box 5689, Addis Ababa, Ethiopia

3. Unité biomathématiques et épidémiologie, Institut national de recherche agronomique, Ecole nationale vétérinaire de Lyon, 1 avenue Bourgélat, BP 83, 69280 Marcy l'Etoile, France

4. National Animal Health Research Center, PO Box 4, Sebeta, Ethiopia

5. Ambassade de France, service de Coopération et d'action culturelle, BP 834, Antananarivo 101, Madagascar

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +251 1 46 32 15 ; fax : +251 1 46 12 52 ; e-mail : m.lesnoff@cgiar.org

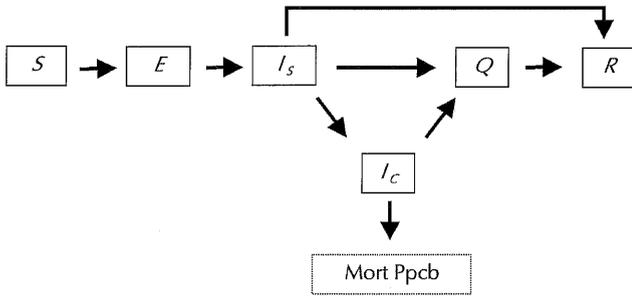


Figure 1 : représentation schématique des transitions entre les compartiments épidémiologiques dans le modèle de diffusion intra-troupeau de la péripneumonie contagieuse bovine. *S* : animaux sains et sensibles ; *E* : animaux en période de latence ; *I_s* : animaux en phase subclinique ; *I_c* : animaux en phase clinique ; *Q* : animaux porteurs chroniques ; *R* : animaux guéris et immunisés et animaux naturellement résistants.

les animaux sains et sensibles ; *E*, les animaux infectés mais non encore infectieux ; *I_s*, les animaux en phase subclinique (potentiellement infectieux) ; *I_c*, les animaux en phase clinique (infectieux) ; *Q*, les animaux porteurs chroniques (potentiellement infectieux) ; et *R*, les animaux guéris et immunisés, les animaux naturellement résistants et les animaux protégés par une éventuelle vaccination.

Diffusion de la Ppcb dans un troupeau non vacciné

Notons *N* la taille du troupeau et *p_{res}* la proportion d'animaux résistants naturels dans le cheptel. Un troupeau naïf d'infection Ppcb est décrit par le vecteur {*S*, *E*, *I_s*, *I_c*, *Q*, *R*} = {(1 - *p_{res}*) * *N*, 0, 0, 0, 0, *p_{res}* * *N*}. Après l'infection du troupeau (par exemple par l'entrée d'un animal infectieux), les animaux transitent entre les six compartiments de la manière suivante (figure 1) :

- transition de *S* vers *E* ; chez les animaux sensibles (*S*), la multiplication du germe après son inhalation entraîne l'apparition de lésions pulmonaires aiguës. Le compartiment *E* représente la période de latence allant de l'inhalation au début de l'excrétion du germe (l'animal devient alors infectieux) ;
- transition de *E* vers *I_s* ; l'excrétion pourrait débuter avant l'apparition des symptômes, voire avant l'établissement des lésions pulmonaires si le germe se multiplie dans l'appareil respiratoire supérieur (3, 18, 22). Cette phase représente le compartiment subclinique *I_s*. La Ppcb évolue ensuite différemment selon la sensibilité des animaux ;
- transition de *I_s* vers *I_c* ; chez les animaux très sensibles, les lésions de pneumonie s'étendent rapidement dans le poumon atteint, ainsi qu'à la plèvre adjacente. Ceci engendre une toux importante (phase clinique) avec expectoration de gouttelettes hautement infectantes. La mort survient après quelques jours pour les cas les plus sévères (21) ;
- transition de *I_s* vers *Q* ; chez les animaux moins sensibles, les lésions sont progressivement circonscrites par une gangue fibreuse. Une fois encapsulées, les lésions sont appelées séquestres ou lésions chroniques (4, 18, 21). Le compartiment *Q* représente les porteurs de séquestres contenant des germes vivants ;
- transition de *I_s* vers *R* ; chez les animaux peu sensibles, les lésions peuvent rétrocéder en formant du tissu fibreux stérile (sans former de séquestre) ou guérir sans montrer de lésion macroscopique résiduelle ;
- transition de *I_c* vers *Q* ; s'ils ne meurent pas, les cas cliniques (*I_c*) guérissent progressivement et transitent dans le compartiment *Q* ;

- transition de *Q* vers *R* ; la majorité des séquestres se résorbe en tissu fibreux stérile au bout de quelques mois (4), mais plusieurs exemples d'isolement de *MmmSC* un ou deux ans après l'infection ont été rapportés (24, 28) ;
- enfin, les animaux survivant à l'infection deviennent résistants à la maladie (28) ; un animal guéri ne sort du compartiment *R* que s'il meurt ou est exploité par l'éleveur (abattage, vente ou prêt). Certains animaux sont naturellement et complètement résistants à la Ppcb ; ils sont placés directement dans le compartiment *R* (sans aucune transition).

Les six compartiments sont soumis à la mortalité naturelle, due à une autre cause que la Ppcb, et à l'exploitation de l'éleveur (abattage, vente ou prêt). La mortalité due à la Ppcb ne concerne que les malades cliniques (compartiment *I_c*).

Les animaux morts ou sortis du troupeau (naturellement ou par vente ou prêt) peuvent être renouvelés au cours du temps et répartis dans les différents compartiments. Par exemple, dans l'hypothèse où il n'y a pas de réintroduction de la Ppcb, les animaux renouvelés sont répartis entre les compartiments *S* et *R* respectivement selon les proportions 1 - *p_{res}* et *p_{res}*. Le taux de renouvellement des animaux peut être inférieur, égal (équilibre démographique) ou supérieur à leur taux de sortie.

Diffusion de la Ppcb dans un troupeau vacciné

Le taux et la durée de protection engendrés par les vaccins actuellement disponibles contre la Ppcb (T1Sr et T1/44) dépendent des stratégies vaccinales mises en œuvre. Par exemple, la stratégie recommandée par l'Office international des épizooties (trois vaccinations successives en première année, puis une vaccination par an les années suivantes) assure un taux de protection durable et voisin de 100 p. 100 (20). En revanche, la vaccination unique d'un troupeau naïf engendre un taux de protection d'environ 40-60 p. 100 durant six mois à un an (23). Ces stratégies peuvent être prise en compte dans le modèle conceptuel.

Notons *p_{vacc}* le taux de protection engendré par une stratégie de vaccination donnée (*p_{vacc}* est supposé supérieur à *p_{res}* et *p_{vacc}* = 1 si la protection est totale). Un troupeau naïf d'infection Ppcb est décrit par le vecteur {*S*, *E*, *I_s*, *I_c*, *Q*, *R*} = {(1 - *p_{vacc}*) * *N*, 0, 0, 0, 0, *p_{vacc}* * *N*}. Après l'infection, les animaux transitent de manière identique à celle présentée pour un troupeau non vacciné (mais à une intensité moindre car moins d'animaux sensibles sont présents). Dans l'hypothèse où la maladie n'est pas réintroduite dans le troupeau, les animaux renouvelés sont répartis entre les compartiments *S* et *R* respectivement selon les proportions 1 - *p_{vacc}* et *p_{vacc}* si les animaux renouvelés sont supposés vaccinés, ou 1 - *p_{res}* et *p_{res}* dans le cas contraire.

Si les animaux vaccinés perdent leur immunité au cours du temps, par exemple dans le cas d'une vaccination unique et lorsque l'horizon de simulation est supérieur à la durée de protection vaccinale, une transition du compartiment *R* vers le compartiment *S* est ajoutée au modèle décrit en figure 1.

■ SIMULATIONS A PARTIR DU MODELE CONCEPTUEL

Le modèle conceptuel proposé peut être représenté par un modèle mathématique simulant la dynamique du nombre d'animaux dans les différents compartiments. Ce modèle est constitué d'une équation matricielle si la dynamique est en temps discret (7) ou d'un système d'équations différentielles si la dynamique est en temps continu (1). Le modèle peut être déterministe si le troupeau est suffisamment grand (figure 2). Il doit être stochastique pour les petits

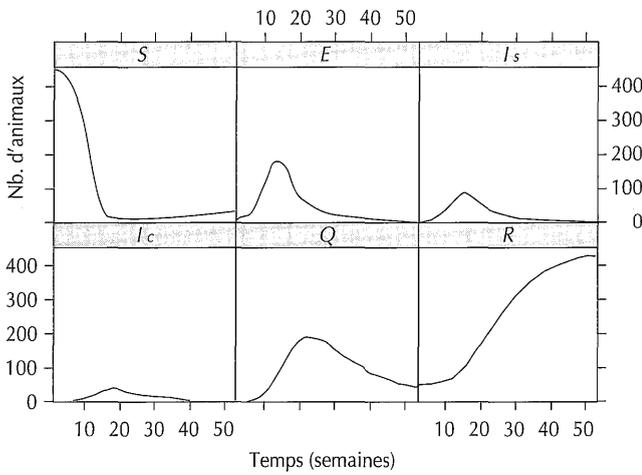


Figure 2 : exemple d'une simulation déterministe de la diffusion intra-troupeau de la péripneumonie contagieuse bovine dans un troupeau non vacciné de 500 animaux après l'introduction d'un cas clinique. S : animaux sains et sensibles ; E : animaux en période de latence ; I_s : animaux en phase subclinique ; I_c : animaux en phase clinique ; Q : animaux porteurs chroniques ; R : animaux guéris et immunisés et animaux naturellement résistants. Les durées moyennes dans les compartiments E, I_s, I_c et Q ont été respectivement de 4, 2, 4 et 13 semaines. Le coefficient de transmission des cas cliniques, en considérant la « pseudo-loi d'action de masse » (De Jong, 1995, *Prev. vet. Med.*), a été : $\beta_{I_c} = 0,03$ semaine⁻¹. Les cas subcliniques et les porteurs chroniques ont été supposés 1 000 fois moins infectants que les cas cliniques ($\beta_{I_c} / \beta_{I_s} = \beta_{I_c} / \beta_Q = 1/1000$). Parmi les animaux infectés I_s, les proportions d'animaux transitant dans les compartiments I_c, Q et R ont été respectivement de 40, 50 et 10 p. 100. La mortalité des cas cliniques (léthalité) a été de 45 p. 100. La proportion d'animaux résistants naturels a été de 10 p. 100. Les taux de mortalité naturelle et d'exploitation ont été respectivement de 5 et 15 p. 100 par an. Le troupeau a été supposé en équilibre démographique. Les animaux renouvelés ont été répartis entre les compartiments S et R selon la proportion de résistance naturelle.

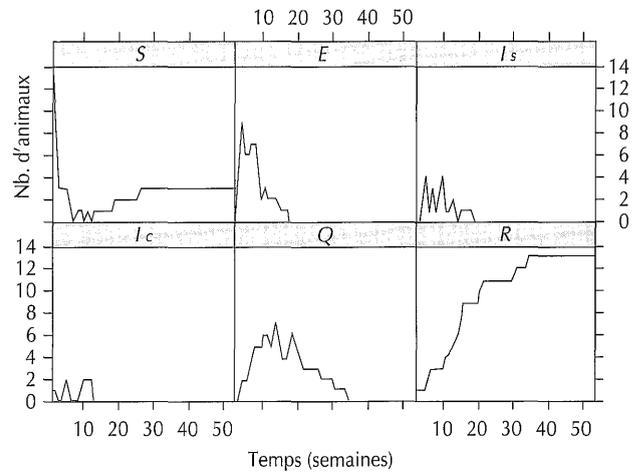


Figure 3 : exemple d'une simulation stochastique de la diffusion intra-troupeau de la péripneumonie contagieuse bovine dans un troupeau non vacciné de 15 animaux après l'introduction d'un cas clinique. S : animaux sains et sensibles ; E : animaux en période de latence ; I_s : animaux en phase subclinique ; I_c : animaux en phase clinique ; Q : animaux porteurs chroniques ; R : animaux guéris et immunisés, et animaux naturellement résistants. Les paramètres du modèle ont été identiques à ceux décrits dans la figure 2, sauf le coefficient de transmission des cas cliniques qui a été augmenté pour conserver la même valeur relative par rapport à la taille du troupeau : $\beta_{I_c} = 0,03 * (500 / 15) = 1$.

troupeaux (figure 3) car les fluctuations aléatoires peuvent engendrer l'extinction de la maladie (2), non prise en compte dans le modèle déterministe. Dans un modèle stochastique, les transitions entre les compartiments et les événements démographiques sont le résultat de lois de probabilités binomiales ou multinomiales. Ainsi, deux simulations réalisées avec les mêmes paramètres n'engendrent pas la même diffusion. Pour un jeu de paramètres donné, il est donc nécessaire de réaliser un grand nombre de simulations, puis de synthétiser la distribution des résultats à l'aide de statistiques descriptives (moyenne et quantiles).

Les paramètres du modèle sont indiqués dans le tableau I ; des estimations peuvent être trouvées dans la littérature pour des situations de terrain (4, 12, 17, 18, 21, 22) et des conditions expérimentales (10, 11, 24-26, 29). Cependant, un des problèmes concrets pour modéliser la diffusion de la Ppcb dans un troupeau reste l'incertitude souvent élevée de ces estimations. En effet, la Ppcb prend souvent des formes insidieuses, avec beaucoup de formes subcliniques. Même en cas de forme aiguë ou subaiguë, les symptômes sont peu spécifiques. Enfin, les tests actuels de laboratoire ne sont pas suffisamment sensibles pour détecter l'ensemble des animaux infectés, notamment les porteurs chroniques de *MmmSC*.

Par ailleurs, de nombreux autres facteurs, comme la virulence des souches, les systèmes d'élevage et les pratiques des éleveurs, ou

Tableau I

Paramètres du modèle de diffusion de la péripneumonie contagieuse bovine au sein d'un troupeau infecté

Catégorie d'animaux	Paramètres
Période de latence (E)	Durée moyenne *
Subclinique (I _s)	Durée moyenne Coefficient de transmission ** β_{I_s} Proportion des transitions vers I _c , Q et R
Clinique (I _c)	Durée moyenne Coefficient de transmission β_{I_c}
Chronique (Q)	Durée moyenne Coefficient de transmission β_Q
Guéris, résistants naturels et animaux protégés par une éventuelle vaccination (R)	Proportion de résistance naturelle Taux et durée de protection après vaccination
Ensemble des compartiments	Taux de mort naturelle Taux d'exploitation (abattage, vente, etc.) Taux de renouvellement du troupeau

* Dans les modèles les plus élaborés, la durée moyenne peut être remplacée par la distribution de probabilité de la durée dans le compartiment

** Le coefficient de transmission détermine le pouvoir infectieux des animaux (Anderson et May, 1991, Oxford University Press). Par exemple, dans un modèle en temps discret et en considérant la « pseudo-loi d'action de masse » (De Jong, 1995, *Prev. vet. Med.*), la probabilité d'infection (= transition entre S et E) par unité de temps est $p^{SE}(t) = 1 - \exp[-\beta_{I_s} * I_s(t) - \beta_{I_c} * I_c(t) - \beta_Q * Q(t)]$, où I_s(t), I_c(t) et Q(t) représentent respectivement les effectifs d'animaux présents au temps t dans les compartiments I_s, I_c et Q

encore les conditions environnementales et climatiques, peuvent conduire à des comportements différents de la maladie en termes d'expression clinique et de vitesse de diffusion de la Ppcb.

Enfin, peu de foyers de la Ppcb sont documentés par des enquêtes épidémiologiques précises (27). Des études longitudinales, analogues à celles réalisées sur le terrain en Ethiopie (12) ou provenant d'essais cliniques (essais vaccinaux par exemple), sont indispensables pour mieux estimer la valeur des paramètres du modèle Ppcb.

Il est également important d'améliorer les connaissances sur le pouvoir infectieux des formes subcliniques et des porteurs chroniques pour mieux évaluer leur rôle dans la diffusion de la Ppcb à long terme. Des simulations à partir d'un modèle mathématique (13) ont montré que la probabilité d'infection d'un troupeau après l'introduction d'un porteur chronique était très sensible aux hypothèses concernant la durée et le pouvoir infectieux de la phase chronique. Les porteurs chroniques pourraient en effet présenter des périodes infectieuses ponctuelles lors de la réactivation de lésions ou de ruptures de séquestres (8, 21). Ils sont ainsi susceptibles d'engendrer des résurgences épidémiques et de favoriser l'endémicité de la Ppcb dans les cheptels (5, 8, 9, 15, 16, 21), mais cette hypothèse reste controversée. Par exemple, en conditions expérimentales, Windsor et Masiga (28) n'ont pas observé

de diffusion de la Ppcb après avoir mis en contact des porteurs chroniques avec des animaux sains.

■ CONCLUSION

En l'absence de modèle animal plus aisé et moins coûteux que les bovins, les modèles mathématiques représentent une bonne alternative pour étudier la diffusion de la Ppcb dans un troupeau sous différents scénarios. Il est toutefois nécessaire de mener des enquêtes dans les foyers de Ppcb, de procéder à des essais cliniques et de favoriser la publication des résultats détaillés de ces actions pour estimer de manière plus fiable les paramètres épidémiologiques contrôlant le comportement du modèle.

Le modèle conceptuel qui est proposé est un premier outil pour tester des stratégies de contrôle de la maladie au niveau du troupeau (14). Il devra être confronté aux différentes situations épidémiologiques de la Ppcb en Afrique ainsi qu'aux futurs résultats expérimentaux pour être pleinement validé et éventuellement amélioré. De manière plus générale, d'autres modèles devront être développés pour simuler la diffusion de la Ppcb entre les troupeaux et tester des stratégies de contrôle plus globales, comme la restriction des mouvements d'animaux ou la variabilité spatiale et temporelle de la couverture vaccinale.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON R.M., MAY R.M., 1979. Population biology of infectious diseases. Part I. *Nature*, **280**: 361-367.
- ANDERSON R.M., MAY R.M., 1991. Infectious diseases of humans. Dynamics and control. Oxford, UK, Oxford University Press.
- BELLI P., POUMARAT F., PERRIN M., LONGCHAMBON D., MARTEL J.L., 1989. Reproduction expérimentale et évolution de la péripneumonie contagieuse bovine dans un groupe de bovins et de caprins : aspects anatomocliniques. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **42** : 349-356.
- BYGRAVE A.C., MOULTON J.E., SHIFRINE M., 1968. Clinical, serological and pathological findings in an outbreak of contagious bovine pleuropneumonia. *Bull. epizoot. Dis. Afr.*, **16**: 21-46.
- CURASSON G., 1942. Péripneumonie bovine. In : *Traité de pathologie exotique vétérinaire et comparée - 2*. Paris, France, Vigot-Frères.
- DE JONG M.C.M., 1995. Mathematical modelling in veterinary epidemiology: why model building is important? *Prev. vet. Med.*, **25**: 183-193.
- DE JONG M.C.M., DIEKMANN O., 1992. A method to calculate - for computer-simulated infections - the threshold value R0 that predicts whether or not the infection will spread. *Prev. vet. Med.*, **12**: 269-285.
- DEDIEU L., BREARD A., LE GOFF C., LEFEBVRE P.-C., 1996. Diagnostic de la péripneumonie contagieuse bovine : problèmes et nouveaux développements. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **15** : 1331-1353.
- EGWU G.O., NICHOLAS R.A.J., AMEH J.A., BASHIDURIN J.B., 1996. Contagious bovine pleuropneumonia: an update. *Vet. Bull.*, **66**: 877-888.
- HUDSON J.R., 1968. Contagious bovine pleuropneumonia. Experiments on the susceptibility and protection by vaccination of different types of cattle. *Aust. vet. J.*, **44**: 83-89.
- HUDSON J.R., TURNER A.W., 1963. Contagious bovine pleuropneumonia: a comparison of the efficacy of two types of vaccine. *Aust. vet. J.*, **39**: 373-385.
- LESNOFF M., LAVAL G., ABDICHO S., WORKALEMAHU A., KIFLE D., PEYRAUD A., BONNET P., LANCELOT R., THIAUCOURT F., 2003. Within-herd spread and clinical observations of contagious bovine pleuropneumonia in Ethiopian Highlands (Boji district, West Wellega): methodology and epidemiological results. In: 10th International symposium for veterinary epidemiology and economics, Vina del Mar, Chile, 17-21 November 2003, 3 p.
- LESNOFF M., LAVAL G., BONNET P., CHALVET-MONFREY K., LANCELOT R., THIAUCOURT F., 2004. A mathematical model of the effects of chronic carriers on the within-herd spread of contagious bovine pleuropneumonia in an African mixed crop-livestock system. *Prev. vet. Med.* (in press)
- LESNOFF M., LAVAL G., BONNET P., WORKALEMAHU A., 2003. Economic analysis of control strategies for contagious bovine pleuropneumonia (CBPP) outbreaks at herd level: a stochastic epidemiological model for smallholders in Ethiopian highlands. In: 10th International symposium for veterinary epidemiology and economics, Vina del Mar, Chile, 17-21 November 2003, 3 p.
- MAHONEY D.F., 1954. Epidemiological considerations in relation to the control of contagious bovine pleuropneumonia in north east Queensland. *Aust. vet. J.*, **30**: 318-320.
- MARTEL J.L., BELLI P., PERRIN M., DANNACHER G., POUMARAT F., 1985. La péripneumonie contagieuse bovine. *Rec. Méd. vét.*, **161** : 1105-1113.
- MASIGA W.N., DOMENECH J., 1995. Overview and epidemiology of contagious bovine pleuropneumonia in Africa. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **14**: 611-630.
- MASIGA W.N., DOMENECH J., WINDSOR R.S., 1996. Manifestation and epidemiology of contagious bovine pleuropneumonia in Africa. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **15**: 1283-1308.

19. NICHOLAS R.A.J., BASHIDURIN J.B., 1995. *Mycoplasma mycoides* subsp. *mycoides* (small colony variant): the agent of contagious bovine pleuropneumonia and a member of the "Mycoplasma mycoides cluster". *J. Comp. Biol.*, **113**: 1-27.
20. PROVOST A., 1996. Stratégies de prophylaxie et d'éradication de la péripneumonie contagieuse bovine avec ou sans vaccination. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **15** : 1355-1371.
21. PROVOST A., PERREAU P., BREARD A., GOFF C.L., MARTEL J.L., COTTEW G.S., 1987. Contagious bovine pleuropneumonia. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **6**: 625-679.
22. TER LAAK E.A., 1992. Contagious bovine pleuropneumonia. A review [Erratum published in *Vet. Q.*, 1992, **14**: 157]. *Vet. Q.*, **14**: 104-110.
23. THIAUCOURT F., YAYA A., WESONGA H.O., HUEBSCHLE O.J.B., TUSLANE J.J., PROVOST A., 2000. Contagious bovine pleuropneumonia: a reassessment of the efficacy of vaccines used in Africa. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **916**: 71-80.
24. TURNER A.W., 1954. Epidemiological characteristics of contagious bovine pleuropneumonia. *Aust. vet. J.*, **30**: 312-317.
25. TURNER A.W., CAMPBELL A.D., 1937. A note on the application of complement-fixation test to the control of bovine pleuropneumonia. *Aust. vet. J.*, **13**: 183-186.
26. WESONGA H.O., THIAUCOURT F., 2000. Experimental studies on the efficacy of T1sr and T1/44 vaccine strains of *Mycoplasma mycoides* subspecies *mycoides* (small colony) against a field isolate causing contagious bovine pleuropneumonia in Kenya, effect of a revaccination. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **53**: 313-318.
27. WINDSOR R.S., 2000. Changing patterns of contagious bovine pleuropneumonia. In: 2nd meeting FAO/OIE/OAU/IAEA consultative group on contagious bovine pleuropneumonia, Reviving progressive control of CBPP in Africa, Rome, Italy, 24-26 October 2000, p. 35-37.
28. WINDSOR R.S., MASIGA W.N., 1977. Investigation into the role of carrier animals in the spread of contagious bovine pleuropneumonia. *Res. vet. Sci.*, **23**: 224-229.
29. YAYA A., GOLSIA R., HAMADOU B., AMARO A., THIAUCOURT F., 1999. Essai comparatif d'efficacité des deux souches vaccinales T1/44 et T1sr contre la péripneumonie contagieuse bovine. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **52** : 171-179.
30. ZESSIN K.H., CARPENTER T., 1985. Benefit-cost analysis of an epidemiologic approach to provision of veterinary service in the Sudan. *Prev. vet. Med.*, **3**: 323-337.

Reçu le 20.07.2003, accepté le 12.12.2003

Summary

Lesnoff M., Thiaucourt F., Bonnet P., Bicout D., Balenghien T., Abdicho S., Laval G., Lancelot R. Conceptual Model to Predict the Intra-herd Spread of Contagious Bovine Pleuropneumonia

Contagious bovine pleuropneumonia (CBPP) is a contagious respiratory disease of cattle caused by *Mycoplasma mycoides* subsp. *mycoides* small colony. CBPP heavily constrains cattle farm development in Africa and results in mortality, decrease in animal production, and control costs. A conceptual model of CBPP spread within an infected herd (vaccinated or not) is proposed. It was developed based on today's epidemiological knowledge of the disease. This conceptual model was translated into a mathematical model, which can be used to test various CBPP control strategies at the herd level. It will have to be tried out in various CBPP epidemiological contexts of Africa and to be tested against future experimental results in order to be validated and eventually improved. Finally, it will be essential to conduct surveys during CBPP outbreaks, carry out clinical trials, and promote publications of the detailed results of these actions to assess in a more reliable manner the epidemiological parameters that control the model behavior.

Key words: Contagious bovine pleuropneumonia – Model – Simulation – Epidemiology – Disease control – Africa.

Resumen

Lesnoff M., Thiaucourt F., Bonnet P., Bicout D., Balenghien T., Abdicho S., Laval G., Lancelot R. Modelo conceptual para la predicción de la difusión intra-hato de la pleuroneumonía contagiosa bovina

La pleuroneumonía contagiosa bovina (Ppcb) es una enfermedad respiratoria contagiosa de los bovinos, causada por un micoplasma: *Mycoplasma mycoides* sub especie *mycoides* biotipo *small colony*. Representa un obstáculo importante para el desarrollo de la cría bovina en África (mortalidad, disminución de la producción, costos de control). Se presenta un modelo conceptual de la difusión de la Ppcb dentro de un hato infectado (vacunado o no) y se formalizan los conocimientos epidemiológicos actuales sobre la enfermedad. Este modelo conceptual, transpuesto sobre un marco matemático, puede ser utilizado para examinar las estrategias de control de la enfermedad dentro del hato. Deberá compararse en las diferentes situaciones epidemiológicas de la Ppcb en África, así como a los resultados experimentales futuros, esto con el fin de ser totalmente válido y eventualmente mejorado. Por otro lado, es necesario llevar a cabo encuestas en los focos de Ppcb y ensayos clínicos, así como favorecer la publicación de los resultados detallados de estas acciones, para poder estimar de manera fiable los parámetros epidemiológicos que controlan el comportamiento del modelo.

Palabras clave: Pleuroneumonía contagiosa bovina – Modelo – Simulación – Epidemiología – Control de enfermedades – África.

Analyse du risque des maladies à prions chez les animaux

C.I. Lasmézas, D.B. Adams (éd.)
Revue scientifique et technique
Volume 22 (1), avril 2003

Ce numéro spécial de la *Revue scientifique et technique* de l'Office international des épizooties renoue avec le thème des encéphalopathies subaiguës spongiformes transmissibles (Esst) des animaux. Le premier numéro sur le sujet remonte à juin 1992, en même temps que l'épizootie d'encéphalopathie spongiforme bovine (Esb) atteignait son taux d'incidence le plus élevé mais avant que son extension à d'autres pays ne prenne une dimension significative et que le nouveau variant de la maladie de Creutzfeldt-Jakob ne fasse sa tragique apparition chez l'homme.

Onze ans plus tard, il apparaît clairement que l'Esb était une véritable bombe à retardement et qu'elle exigeait à ce titre une gestion particulièrement prudente. L'Esb a eu des conséquences dommageables à la fois en tant que maladie des bovins et en tant que zoonose, très probablement d'origine alimentaire. De surcroît, elle a provoqué partout de l'inquiétude, de l'effroi, voire de la panique. La confiance des consommateurs dans les aliments a été ébranlée, tandis que de graves menaces pesaient sur la liberté des échanges commerciaux de ruminants et de produits d'origine animale.

L'analyse du risque est devenue un instrument essentiel pour la gestion optimale des conséquences les plus importantes de l'Esb. Elle constitue, avec les normes du Code zoosanitaire international de l'OIE qui en découlent, un modèle permettant de prendre en compte tous les aspects de la maladie animale, tant au niveau national qu'international. L'analyse du risque sous-tend l'ensemble de ce volume, dont les différents chapitres s'articulent autour de trois

composantes : l'évaluation du risque, la gestion du risque et la communication relative au risque. L'évaluation du risque associé à l'Esb trouve notamment son illustration dans l'exemple du Canada. Cette partie est suivie de plusieurs chapitres consacrés à la gestion du risque d'Esb en Europe, en Amérique du Nord, en Amérique du Sud et en Asie. Un chapitre sur la communication relative au risque vient compléter cette partie.

Cet ouvrage fait par ailleurs le point sur les maladies à prion et dresse le bilan des connaissances actuelles sur l'Esb, la tremblante et la maladie du dépérissement chronique. Des thèmes particuliers sont abordés dans d'autres chapitres, par exemple l'incursion éventuelle de l'Esb dans les populations ovines, les possibilités de transmission des Esst aux espèces monogastriques et aux poissons, les épreuves de détection de tissus animaux dans les aliments pour animaux, les méthodes d'équarrissage susceptibles d'inactiver les prions, le diagnostic différentiel de l'Esb chez les bovins d'Europe occidentale, ainsi qu'un aperçu des systèmes de nutrition des ruminants en Europe et sous les tropiques.

On souhaiterait être dix ans plus tard, et savoir quel sera alors le statut des Esst animales. Qu'elles aient été éliminées ou maîtrisées, ou non, ce numéro de la *Revue scientifique et technique* de l'OIE restera un ouvrage de référence unique en son genre. Fondé sur l'analyse du risque associé à ces maladies, il permettra en effet d'orienter les mesures de gestion des Esst. En outre, il constitue un recueil accessible et concis sur l'état de nos connaissances pour les années à venir.

© 2003
Isbn 92-9044-573-4
Issn 0253-1933
346 p. Format: 21 x 29,7 cm
Prix : 45 € (frais d'expédition par
voie aérienne inclus pour tous pays)

Office international des épizooties
12, rue de Prony
75017 Paris
Tél. : +33 (0)1 44 15 18 88
Fax : +33 (0)1 42 67 09 87
pub.sales@oie.int - <http://www.oie.int/fr>

Antimicrobial Susceptibility of *Campylobacter* Strains Isolated from Chicken Carcasses in Senegal

E. Cardinale¹ J.-A. Dromigny² F. Tall³ M. Ndiaye³
M. Konte³ J.-D. Perrier Gros-Claude²

Key words

Chicken – *Campylobacter* – Antibiotic resistance – Senegal.

Summary

Campylobacter resistance to antimicrobial agents appears as an emerging public health problem in industrialized countries, but, on the other hand, only few data on the subject are available in developing countries. To assess antibiotic susceptibility of *Campylobacter* strains in Senegal, skin samples were collected from 250 chicken carcasses from January 2001 to October 2002. Among 204 *Campylobacter* strains isolated, two species were identified: *C. jejuni* (59%) and *C. coli* (41%). In vitro susceptibility to five antimicrobial drugs (amoxicillin, amoxicillin-clavulanic acid, erythromycin, nalidixic acid and ciprofloxacin) was determined by the E-test method. Minimum inhibitory concentrations (MICs) showed 34% of *Campylobacter* isolates were ciprofloxacin resistant with a high level of resistance (MIC \geq 32 mg/l) in 25% of both species. Cross-resistance between nalidixic acid and ciprofloxacin was found in 96% of quinolone-resistant strains. The level of amoxicillin resistance was statistically higher for *C. coli* than for *C. jejuni* (20.2 versus 10.8%), but all the strains were susceptible to amoxicillin combined with clavulanic acid. Both species showed low resistance to erythromycin. Multiresistant phenotype to three of the drugs tested was found in 9.8% of the strains: 15.5% of *C. coli* strains and 5.8% of *C. jejuni* strains. No strain was resistant to four or more of the drugs studied. Further studies appear necessary to evaluate antibiotic resistance of *Campylobacter* isolated in human and animal samples in order to control the emergence of new multidrug-resistant strains in Senegal.

INTRODUCTION

Thermophilic *Campylobacter* species, especially *C. jejuni* and *C. coli*, are among the main agents of gastrointestinal infections in developed countries (2, 12, 29). *Campylobacter* also poses an emerging public health problem in developing countries (13, 19, 20, 32). Most cases of *Campylobacter* gastrointestinal infections do not require antimicrobial treatment, being brief, clinically mild, and self-limiting. However, complications such as severe cases of

enteritis or septicemia may occur and require treatment. Macrolides and fluoroquinolones (FQs) are the most useful antimicrobial drugs for *Campylobacter* infections, but resistance has been reported to be increasing (12, 19, 26, 29).

Contaminated food is the usual source of human infection and poultry products are considered to be the main cause of food-related infection in humans (4). The link between the use of antimicrobial agents as growth promoter or in veterinary medicine and the emergence of resistance among *Campylobacter* from different animal source has been previously reported (2). The spread of antimicrobial-resistant strains in the food chain has raised concerns that treatment of human infections will be compromised.

In Senegal, a modern poultry production sector is expanding around Dakar, its capital, in order to rapidly supply the fast-growing urban

1. CIRAD-EMVT / ISRA-LNERV, BP 2057, Dakar, Senegal
Tel: (221) 832 36 58; Fax: (221) 821 18 79; E-mail: eric.cardinale@cirad.fr

2. Institut Pasteur, Dakar, Senegal

3. ISRA-LNERV, BP 2057, Dakar, Senegal

human population with animal protein. Poultry farmers use antibiotics to fight diseases. Because growing scientific evidence shows that the use of antimicrobial agents in veterinary medicine results in development of resistant pathogenic bacteria (1), the authors' objective was to assess the frequency of antimicrobial resistance of *Campylobacter* strains isolated from "modern" poultry meat.

■ MATERIALS AND METHODS

Specimen collection and isolation

From January 2001 to October 2002, 250 chicken carcasses were collected from slaughterhouses and retail shops in Dakar. The carcasses were immediately brought back to the laboratory in cool boxes (+4°C). Samples of neck skin (10 g) were taken from each carcass and added to 90 ml of Preston broth with Preston antibiotic supplement¹ (Oxoid laboratory, England) and incubated at 42°C during 24 h under microaerophilic conditions (Campygen, Oxoid laboratory, England). Each sample was then streaked onto Virion plates (Mueller Hinton agar, Merck, Germany; Bacto agar, Difco laboratory, USA; with 5% of defibrinated horse blood, AES laboratory, France) and onto Karmali plates (Oxoid laboratory, England). Plates were incubated at 42°C under microaerophilic conditions for 48 h.

Identification of isolates

Isolates were identified using a commercial identification method (API Campy[®], bioMérieux, France). Identification of every isolate was confirmed by a multiplex PCR, using specific primers of *Campylobacter* genus (MD16S1, MD16S2), *C. jejuni* species (MDMapA1, MDMapA2) and *C. coli* species (COL3, MDCOL2) (10). Briefly, *Campylobacter* colonies from blood agar plate were suspended in 0.2 ml TE buffer. Cells were lysed by heating at 95°C for 10 min and cellular debris were removed by centrifugation at 5000 g for 10 min. The supernatant was used as source of template for DNA amplification. Each multiplex PCR tube contained 200 µM deoxynucleoside triphosphate, 2.5 µl of 10X reaction buffer, 20 mM MgCl₂, 0.11 µM *Campylobacter* genus primers, 0.42 µM *C. jejuni* primers and 0.42 µM *C. coli* primers. Template DNA (3 µl) was added and the volume adjusted with sterile water to obtain 30 µl. DNA amplification was carried out in a Perkin-Elmer 9600[®] thermocycler using an initial denaturation step at 95°C for 10 min,

followed by 35 cycles. Cycling conditions were as follows: denaturation, 95°C for 30 s; annealing, 59°C for 90 s; extension, 72°C for 1 min. After the last cycle, a final extension step at 72°C for 10 min was added. Ten microliters of PCR product were analyzed by gel electrophoresis (1.5% gel agarose). Gels were stained with ethidium bromide at 0.5 µl/ml and visualized by UV transillumination. A 100-bp DNA ladder (Amersham Biosciences, France) was used as size marker. Negative controls were added in each run. Positive PCR controls consisted of *C. jejuni* subsp. *jejuni* ATCC 49943 and *C. coli* ATCC 49941.

Susceptibility testing

Several colonies of each strain were suspended in 5 ml of Mueller-Hinton broth to achieve turbidity equal to 0.5 MacFarland standard. The suspensions were inoculated with sterile swabs onto Mueller-Hinton agar with 5% sheep blood. After application of E-test[®] strips (AB Biodisk, Sweden) plates were incubated at 37°C for 48 h under microaerophilic atmosphere. Minimum inhibitory concentrations (MICs) were read according to the recommendations of the manufacturer by two different readers. Breakpoints were those recommended by the Antimicrobial Committee of the French Society for Microbiology (33). Breakpoints for resistance susceptibility were higher than 16 mg/l for amoxicillin, than 16/2 mg/l for amoxicillin-clavulanic acid, than 4 mg/l for erythromycin, than 16 mg/l for nalidixic acid, and than 2 mg/l for ciprofloxacin.

Statistical analysis

Data were entered and analyzed with SPSS, version 10 (SPSS, Chicago, USA). The χ^2 test and Fisher's exact two-tailed test were used for statistical analysis of the significant difference of resistance rates. An α of 0.05 was used for statistical significance.

■ RESULTS

Campylobacter was isolated from 81.6% of the samples. *C. jejuni* was the most prevalent species (59% *C. jejuni* versus 41% *C. coli*).

Susceptibility testing

The results of antimicrobial susceptibility testing for *C. coli* and *C. jejuni* are shown in Table I. The resistance rate to amoxicillin in *C. coli* and *C. jejuni* was 20.2 and 10.8%, respectively. Among

¹ Polymyxine B (2500 UI); Rifampicine (5 mg), Trimethoprim (5 mg), Cycloheximide (50 mg)

Table I
Antimicrobial susceptibility of *Campylobacter coli* and *C. jejuni* strains isolated from chicken carcasses in Senegal

Antibiotic	<i>Campylobacter coli</i> (N = 84)				<i>Campylobacter jejuni</i> (N = 120)			
	MIC ₅₀ *	MIC ₉₀	Range	Resistant (%)	MIC ₅₀	MIC ₉₀	Range	Resistant (%)
Amoxicillin	8	256	0.5–256	20.2	4	32	0.125–256	10.8
Amoxicillin + clavulanic acid	2	8	0.5–8		1	2	0.094–8	
Erythromycin	0.5	1	0.064–>256	4.7	0.5	2	0.094–>256	3.3
Nalidixic acid	2	>256	0.5–>256	34.5	2	>256	0.75–>256	31.6
Ciprofloxacin	0.094	>32	0.032–>32	34.5	0.125	>32	0.045–>32	30.8

* Minimum inhibitory concentrations (mg/l)

C. coli, MICs of all resistant strains were higher than 256 mg/l. Among *C. jejuni*, MICs of 46% of amoxicillin-resistant strains were higher than 256 mg/l. In addition, amoxicillin MIC₉₀ was statistically higher for *C. coli* than for *C. jejuni*. No strains resistant to amoxicillin-clavulanic acid were observed. For amoxicillin high level resistant strains (MIC > 256 mg/l), amoxicillin-clavulanic acid MIC was between 2/1 and 8/4 mg/l in both species. The overall resistance rate to erythromycin was 4.7% for *C. coli* and 3.3% for *C. jejuni* without any significant difference between the two species.

Resistance rates to nalidixic acid in *C. coli* and *C. jejuni* were 34.5 and 31.6%, respectively. Among these resistant strains, 55.2% of *C. coli* and 68.5% of *C. jejuni* exhibited MICs higher than 256 mg/l. For both species, MIC₉₀ was higher than 256 mg/l. Compared to nalidixic acid, quite similar resistance rates to ciprofloxacin were observed with 34.5 and 30.8% for *C. coli* and *C. jejuni*, respectively. Ciprofloxacin MIC was higher than 32 mg/l for 25% isolates in both species. Among *Campylobacter*-resistant strains, 75.8% of *C. coli* and 78.3% of *C. jejuni* had ciprofloxacin MICs higher than 32 mg/l. Furthermore, 90% of the isolates were inhibited with MICs higher than 32 mg/l for *C. coli* and *C. jejuni*. For both species, MIC₉₀ was higher than 32 mg/l.

Coreistant and multiresistant isolates

Drug resistance to one or more drugs was detected in over 38% of the strains (Table II). Among them, *C. coli* and *C. jejuni*, 41.7 and 36.7% of the strains, respectively, exhibited resistance to the tested antibiotics. Among *C. coli* and *C. jejuni*, 33.4 and 30%, respectively, were resistant to both quinolones (nalidixic acid and ciprofloxacin). A cross-resistance between nalidixic acid and ciprofloxacin was found for all isolates (96%) except for one strain of *C. jejuni* and one strain of *C. coli*, which showed a nalidixic acid-resistant ciprofloxacin-susceptible phenotype. Table III shows a comparison between nalidixic acid MICs and ciprofloxacin MICs for cross-resistant isolates: 46.5% of *C. coli* strains and 63.8% of *C. jejuni* strains exhibited a high level of resistance to both quinolones with MICs higher than 256 mg/l for nalidixic acid and 32 mg/l for ciprofloxacin. Multiresistance, defined as resistance to three or more of the drugs tested, was found in 9.8% of *Campylobacter* strains: 15.5% were *C. coli* strains and 5.8% were *C. jejuni* strains. No strain was resistant to four or five drugs. The only multidrug-resistant phenotype was amoxicillin, nalidixic acid and ciprofloxacin in both species.

Table II

Distribution of *Campylobacter* strains depending on their resistance to antibiotics

Phenotype	Num.	Number of resistant strains (%)	
		<i>C. coli</i> (n = 84)	<i>C. jejuni</i> (n = 120)
	0	49 (58.3)	76 (63.3)
AMX	1	2 (2.4)	3 (2.5)
CIP	1	1 (1.2)	0
ERY	1	1 (1.2)	0
AMX ERY	2	2 (2.4)	3 (2.5)
ERY NAL	2	1 (1.2)	1 (0.8)
NAL CIP	2	15 (17.9)	30 (25.0)
AMX NAL CIP	3	13 (15.5)	7 (5.8)

AMX = amoxicillin; CIP = ciprofloxacin; ERY = erythromycin; NAL = nalidixic acid

Table III

Comparison between nalidixic acid MICs and ciprofloxacin MICs for cross-resistant *Campylobacter coli* and *C. jejuni* isolates

Nalidixic acid MICs*	Ciprofloxacin MICs	Number of isolates (%)	
		<i>C. coli</i> (N = 28)	<i>C. jejuni</i> (N = 36)
>16–≤256	>2–≤32	7 (25)	6 (16.7)
	>32	8 (28.5)	6 (16.7)
>256	>2–≤32	0 (0)	1 (2.8)
	>32	13 (46.5)	23 (63.8)

* Minimum inhibitory concentrations (mg/l)

DISCUSSION

In Senegal, beside traditional poultry production, modern poultry production is expanding around Dakar. Senegalese poultry farmers try to minimize the impact of diseases on their production with huge amounts of antibiotics, like in Europe or the United States. Considering the growing prevalence of resistant strains in industrialized countries, antimicrobial drugs must be used very carefully in Senegal.

In the present survey, 81.6% of chicken carcasses were contaminated with *Campylobacter*. In developed countries, several studies have also reported high levels of *Campylobacter* isolation from chicken carcasses and retailed chickens: 46% in Germany (4), 46% in Japan (23) and from 73% to 100% in the USA (40). Although little information is available from developing countries, the present results are consistent with those from Kenya and China where thermophilic *Campylobacter* has been isolated from 77 and 76% of chicken samples, respectively (24, 31). As reported by several studies, *Campylobacter* isolated from animals may contaminate humans either by direct ingestion of undercooked food or by cross-contamination of raw poultry to other foods caused by non hygienic handling such as unwashed hands or dirty utensils (18, 22). As already reported (28), *C. jejuni* was more frequently isolated than *C. coli* (59 versus 41%). This phenomenon is easily explained by the fact that *C. coli* is mainly associated with pigs (3).

Because no great discrepancies have been observed between double dilution agar and E test according to Baker et al. (5) and Funke et al. (14), the authors used the E test for susceptibility testing. This method is reliable, technically simple, and needs no special equipment (13). In some countries FQ resistance rates were similar between strains isolated from poultry meat and from man (17, 19, 29), highlighting the need to carefully monitor resistance in human and animal samples.

In the present survey, high resistance rates to quinolones were observed in both species isolated from chicken samples. This high resistance rate was similar to those observed in several European countries (26) or in Japan (9). As reported by Saenz et al. in Spain (29), a cross-resistance was observed between nalidixic acid and ciprofloxacin. But unlike Thwaites and Frost in the United Kingdom (37), *Campylobacter* strains with a high level of resistance to both quinolones were predominant. Nevertheless, rates of resistance to ciprofloxacin observed in the present study appeared lower than those described in Belgium (39), Spain (29)

or Lebanon (35), where they ranged from 61 to 100%. By contrast, no *Campylobacter* strains were found ciprofloxacin resistant in Chile (13).

Since 1991, when Endtz et al. (11) identified the first quinolone-resistant *Campylobacter* strains in *C. jejuni* and *C. coli* in the Netherlands, *Campylobacter* resistance to FQ has been on the increase throughout the world (12, 29). The percentage of ciprofloxacin-resistant strains in man increased in Spain from 0-3% in 1989 to 30-50% in 1991 after licensing the use of enrofloxacin in 1990 in animal husbandry (30). During this period, the same evolution was observed in The Netherlands (11), Finland (27) and Canada (15). Likewise in England, before the introduction of FQ in veterinary medicine, a study showed that domestically-bred poultry were less contaminated by ciprofloxacin-resistant strains than those imported from countries where the use of FQ was legal (16). Thus, this major development of FQ-resistant strains in humans and animals seems related to the introduction of FQ in veterinary medicine (11, 29).

The speed at which the level of resistance to nonfluorinated (nalidixic acid) and fluorinated (ciprofloxacin) quinolones (34 versus 31%) has been reached may be related to the mechanisms by which quinolone resistance involves a single chromosomal mutation on the targets of quinolone action (DNA gyrase, DNA topoisomerase IV) (12, 25). In Senegal, FQs (norfloxacin, enrofloxacin) were introduced in veterinary medicine in 1996 in poultry production to treat respiratory and intestinal diseases as salmonellosis or colibacillosis. Since 2000, they became first line molecules because of treatment failures with other antibiotic drugs. According to observations from other reports and despite the absence of previous studies on antibiotic resistance in Senegal, the high prevalence of FQ resistance could thus be related to the introduction of FQs in the country especially for poultry production (21). As in developed countries, FQ resistance may soon become a public health problem.

High levels of amoxicillin resistance were found, particularly in *C. coli* strains. *Campylobacter* resistance to penicillin A has been reported in previous studies with resistance rates never exceeding 39% (3, 9, 13, 29). However, in Senegal, amoxicillin was rarely used for treatment of pasteurellosis or salmonellosis in poultry production. Resistance is usually associated with beta-lactamase production but other mechanisms of resistance could be involved, such as modified penicillin-binding proteins or impermeability (29, 34). As reported in other studies, most of the isolates of the present survey showed high susceptibility to amoxicillin-clavulanic acid (35). Clavulanic acid inhibits some beta-lactamases and has been claimed to have intrinsic antibacterial activity against *Campylobacter* (36).

Among the stains isolated, 4.7% of *C. coli* and 3.3% of *C. jejuni* strains were resistant to erythromycin. This appeared much lower than results from Nigeria, where resistance rate reached 40.4% among animal strains (32). In the present study, erythromycin-resistance rates were similar in both species, contrary to results from surveys conducted in Spain (17 and 83% of resistance in *C. jejuni* and *C. coli*, respectively; 29) or in Vietnam (17 and 50% of resistance in *C. jejuni* and *C. coli*, respectively; 19). This difference may be explained by the introduction in these countries of tylosin, especially used as growth promoter in the pig industry (39). In Senegal, macrolides were not used as growth promoters in poultry production; they were only used for treatment of some respiratory diseases such as chronic respiratory diseases. Resistance to erythromycin is chromosomally mediated and is due to the alteration of the ribosome (12), but natural resistance as efflux pump has been observed too (8).

To the five most relevant antimicrobial drugs selected for campylobacteriosis treatment, seven resistance patterns were observed, but only 9.8% of total strains were resistant to three drugs. None were resistant to four or more drugs. The present results were much lower than those reported from Belgium (39) or Spain (29). However, consistently with these studies, *C. coli* exhibited more multidrug-resistant strains than *C. jejuni* in the present survey.

This study is the first to highlight the decrease of antibiotic susceptibility of *Campylobacter* isolated from chicken in Senegal. Many reasons explain this situation; among others, there is the lack of information among poultry farmers and veterinary surgeons on the use of antibiotics and on drug resistance, the inordinate use of antibiotics due to the high prevalence of infectious diseases among flocks, and the difficulty to perform large antimicrobiological studies.

However, as everywhere else in the world, the increase of *Campylobacter*-resistant strains seems to be related to the amounts of antibiotics used in animals (38). Thus, to prevent transfer of resistant bacteria or resistance genes from animals to humans via the food chain (6) in Senegal, measures to be implemented are the same as the ones in developed countries: reduction of the use of antibiotics (antibiotics should not be available over the counter in order to avoid self medication), restricting their use to encourage narrow-spectrum specific antibiotic therapy instead of broad spectrum antimicrobials (7), and replacement of antibiotics with improvements in hygiene and flock management.

Consequently, it would be useful to set up an epidemiological surveillance network to monitor antimicrobial resistance in bacteria of animal origin. The authors also recommend conducting further antimicrobial-resistance studies among *Campylobacter* isolated from human and animal samples in order to control the emergence of a new public health problem in Senegal.

Acknowledgments

The authors are grateful for the help COTAVI provided in the field. This work was sponsored by the French Embassy in Dakar (Senegal).

REFERENCES

1. AARESTRUP F.M., BAGER F., JENSEN N.E., MADSEN M., MEYLING A., WEGENER H.C., 1998. Resistance to antimicrobial agents used for animal therapy in pathogenic-, zoonotic- and indicator bacteria isolated from different food animals in Denmark: a baseline study for the Danish Integrated Antimicrobial Resistance Monitoring Programme (DANMAP). *APMIS*, **106**: 745-770.
2. AARESTRUP F.M., ENGBERG J., 2001. Antimicrobial resistance of thermophilic *Campylobacter*. *Vet. Res.*, **32**: 311-321.
3. AARESTRUP F.M., NIELSEN E.M., MADSEN M., ENGBERG J., 1997. Antimicrobial susceptibility patterns of thermophilic *Campylobacter* spp. from humans, pigs, cattle, and broilers in Denmark. *Antimicrob. Agents Chemother.*, **41**: 2244-2250.
4. ATANASSOVA V., RING C., 1999. Prevalence of *Campylobacter* spp. in poultry and poultry meat in Germany. *Int. J. Food Microbiol.*, **51**: 187-190.
5. BAKER C.N., STOCKER S.A., CULVER D.H., THORNSBERRY C., 1991. Comparison of the E Test to agar dilution, broth microdilution, and agar diffusion susceptibility testing techniques by using a special challenge set of bacteria. *J. Clin. Microbiol.*, **29**: 533-538.
6. BARTON M.D., 2000. Antibiotic use in animal feed and its impact on human health. *Nutr. Res. Rev.*, **13**: 1-22.
7. BARTON M.D., HART W.S., 2001. Public health risks: antibiotic resistance. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, **14**: 414-422.

8. CHARVALOS E., TSELENTIS Y., HAMZEHPOUR M.M., KOHLER T., PECHERE J.C., 1995. Evidence for an efflux pump in multidrug-resistant *Campylobacter jejuni*. *Antimicrob. Agents Chemother.*, **39**: 2019-2022.
9. CHUMA T., IKEDA T., MAEDA T., NIWA H., OKAMOTO K., 2001. Antimicrobial susceptibilities of *Campylobacter* strains isolated from broilers in the southern part of Japan from 1995 to 1999. *J. vet. Med. Sci.*, **63**: 1027-1029.
10. DENIS M., REFREGIER PETTON J., LAISNEY M.J., ERMEL G., SALVAT G., 2001. *Campylobacter* contamination in French chicken production from farm to consumers. Use of a PCR assay for detection and identification of *Campylobacter jejuni* and *C. coli*. *J. Appl. Microbiol.*, **91**: 255-267.
11. ENDTZ H.P., MOUTON R.P., VAN DER REYDEN T., RUIJS G.J., BIEVER M., VAN KLINGEREN B., 1990. Fluoroquinolone resistance in *Campylobacter* spp. isolated from human stools and poultry products. *Lancet*, **335**: 787.
12. ENGBERG J., AARESTRUP F.M., TAYLOR D.E., GERNER SMIDT P., NACHAMKIN I., 2001. Quinolone and macrolide resistance in *Campylobacter jejuni* and *C. coli*: resistance mechanisms and trends in human isolates. *Emergent Infect. Dis.*, **7**: 24-34.
13. FERNANDEZ H., MANSILLA M., GONZALEZ V., 2000. Antimicrobial susceptibility of *Campylobacter jejuni* subsp. *jejuni* assessed by E-test and double dilution agar method in Southern Chile. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, **95**: 247-249.
14. FUNKE G., LUTHY-HOTTENSTEIN J., ALTWEGG M., 1993. The E Test for antimicrobial susceptibility testing of clinical *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli*. *Med. Microbiol. Lett.*, **2**: 168-175.
15. GAUDREAU C., GILBERT H., 1998. Antimicrobial resistance of clinical strains of *Campylobacter jejuni* subsp. *jejuni* isolated from 1985 to 1997 in Quebec, Canada. *Antimicrob. Agents Chemother.*, **42**: 2106-2108.
16. GAUNT P.N., PIDDOCK L.J., 1996. Ciprofloxacin resistant *Campylobacter* spp. in humans: an epidemiological and laboratory study. *J. Antimicrob. Chemother.*, **37**: 747-757.
17. HOGE C.W., GAMBEL J.M., SRIJAN A., PITARANGSI C., ECHEVERRIA P., 1998. Trends in antibiotic resistance among diarrheal pathogens isolated in Thailand over 15 years. *Clin. Infect. Dis.*, **26**: 341-345.
18. HUMPHREY T.J., MARTIN K.W., SLADER J., DURHAM K., 2001. *Campylobacter* spp. in the kitchen: spread and persistence. *Symp. ser. (Society For Applied Microbiology)*, **30**: 1155-1205.
19. LI C.C., CHIU C.H., WU J.L., HUANG Y.C., LIN T.Y., 1998. Antimicrobial susceptibilities of *Campylobacter jejuni* and *coli* by using E-test in Taiwan. *Scand. J. Infect. Dis.*, **30**: 39-42.
20. LUO N.P., BABOO K.S., MWENYA D., DIAB A., PERERA C.U., CUMMINGS C., DUPONT H.L., MURPHY J.R., ZUMLA A., 1996. Isolation of *Campylobacter* species from Zambian patients with acute diarrhoea. *East Afr. Med. J.*, **73**: 395-396.
21. MCDERMOTT P.F., BODEIS S.M., ENGLISH L.L., WHITE D.G., WALKER R.D., ZHAO S., SIMJEE S., WAGNER D.D., 2002. Ciprofloxacin resistance in *Campylobacter jejuni* evolves rapidly in chickens treated with fluoroquinolones. *J. Infect. Dis.*, **185**: 837-840.
22. NIELSEN E.M., NIELSEN N.L., 1999. Serotypes and typability of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* isolated from poultry products. *Int. J. Food Microbiol.*, **46**: 199-205.
23. ONO K., YAMAMOTO K., 1999. Contamination of meat with *Campylobacter jejuni* in Saitama, Japan. *Int. J. Food Microbiol.*, **47**: 211-219.
24. OSANO O., ARIMI S.M., 1999. Retail poultry and beef as sources of *Campylobacter jejuni*. *East Afr. Med. J.*, **76**: 141-143.
25. PIDDOCK L.J.V., 1995. Quinolone resistance and *Campylobacter* spp. *J. Antimicrob. Chemother.*, **36**: 891-898.
26. PIDDOCK L.J.V., 2002. Fluoroquinolone resistance in *Salmonella* serovars isolated from humans and food animals. *FEMS Microbiol. Rev.*, **26**: 3-16.
27. RAUTELIN H., RENKONEN O.V., KOSUNEN T.U., 1991. Emergence of fluoroquinolone resistance in *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* in subjects from Finland. *Antimicrob. Agents Chemother.*, **35**: 2065-2069.
28. REFREGIER-PETTON J., ROSE N., DENIS M., SALVAT G., 2001. Risk factors for *Campylobacter* spp. contamination in French broiler-chicken flocks at the end of the rearing period. *Prev. vet. Med.*, **50**: 89-100.
29. SAENZ Y., ZARAZAGA M., LANTERO M., GASTANARES M.J., BAQUERO F., TORRES C., 2000. Antibiotic resistance in *Campylobacter* strains isolated from animals, foods, and humans in Spain in 1997-1998. *Antimicrob. Agents Chemother.*, **44**: 267-271.
30. SANCHEZ R., FERNANDEZ BACA V., DIAZ M.D., MUNOZ P., RODRIGUEZ CREIXEMS M., BOUZA E., 1994. Evolution of susceptibilities of *Campylobacter* spp. to quinolones and macrolides. *Antimicrob. Agents Chemother.*, **38**: 1879-1882.
31. SHIH D.Y., 2000. Isolation and identification of enteropathogenic *Campylobacter* spp. from chicken samples in Taipei. *J. Food Prot.*, **63**: 304-308.
32. SMITH S.I., SANS A.T.I., COKER A.O., 1999. Antibiotic susceptibility patterns and beta-lactamase production of animal and human isolates of *Campylobacter* in Lagos, Nigeria. *Z. Naturforsch. [C]*, **54**: 583-586.
33. SOUSSY C.J., CARRET G., CAVALLO J.D., CHARDON H., CHIDIAC C., CHOUTET P., COURVALIN P., DABERNAT H., DRUGEON H., DUBREUIL L., GOLDSTEIN F., JARLIER V., LECLERCQ R., NICOLAS-CHANOINE M.H., PHILIPPON A., QUENTIN C., ROUVEIX B., SIROT J., 2000. Antibigram Committee of the French Microbiology Society, Report 2000-2001, **48**: 832-871.
34. TAJADA P., GOMEZ GRACES J.L., ALOS J.I., BALAS D., COGOLLOS R., 1996. Antimicrobial susceptibilities of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* to 12 beta-lactam agents and combinations with beta-lactamase inhibitors. *Antimicrob. Agents Chemother.*, **40**: 1924-1925.
35. TALHOUK R.S., EL DANA R.A., ARAJ G.F., BARBOUR E., HASHWA F., 1998. Prevalence, antimicrobial susceptibility and molecular characterization of *Campylobacter* isolates recovered from humans and poultry in Lebanon. *J. Med. Liban.*, **46**: 310-316.
36. TENOVER F.C., BAKER C.N., FENNEL C.L., 1992. Antimicrobial resistance in *Campylobacter* species. In: Nachamkin I., Blaser M.J., Tompkins L.S., Eds, Washington DC, USA, ASM Press, p. 66-73.
37. THWAITES R.T., FROST J.A., 1999. Drug resistance in *Campylobacter jejuni*, *C. coli*, and *C. lari* isolated from humans in north west England and Wales, 1997. *J. clin. Pathol.*, **52**: 812-814.
38. VAN DEN BOGAARD A.E., STOBBERINGH E.E., 2000. Epidemiology of resistance to antibiotics. Links between animals and humans. *Int. J. Antimicrob. Agents*, **14**: 327-335.
39. VAN LOOVEREN M., DAUBE G., DE ZUTTER L., DUMONT J.M., LAMMENS C., WIJDOOGHE M., VANDAMME P., JOURET M., CORNELIS M., GOOSSENS H., 2001. Antimicrobial susceptibilities of *Campylobacter* strains isolated from food animals in Belgium. *J. Antimicrob. Chemother.*, **48**: 235-240.
40. WHITE P.L., BAKER A.R., JAMES W.O., 1997. Strategies to control *Salmonella* and *Campylobacter* in raw poultry products. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **16**: 525-541.

Reçu le 15.07.2003, accepté le 29.10.2003

Résumé

Cardinale E., Dromigny J.-A., Tall F., Ndiaye M., Konte M., Perrier Gros-Claude J.-D. Sensibilité aux antibiotiques de souches de *Campylobacter* isolées de carcasses de poulets au Sénégal

La résistance de *Campylobacter* aux antibiotiques constitue aujourd'hui un problème émergent de santé publique dans les pays industrialisés, mais, en revanche, peu d'informations sont disponibles sur le sujet dans les pays en développement. Pour évaluer la sensibilité des souches de *Campylobacter* au Sénégal, des prélèvements de peau ont été réalisés sur 250 carcasses de poulet entre janvier 2001 et octobre 2002. Parmi les 204 souches de *Campylobacter* isolées, deux espèces ont été identifiées : *C. jejuni* (59 p. 100) et *C. coli* (41 p. 100). La sensibilité in vitro à cinq antibiotiques (amoxicilline, amoxicilline et acide clavulanique, erythromycine, acide nalidixique et ciprofloxacine) a été déterminée par la méthode du E-test. L'étude des concentrations minimales inhibitrices (CMI) a montré que 34 p. 100 des isolats étaient résistants à la ciprofloxacine avec un haut niveau de résistance (CMI \geq 32 mg/l) dans 25 p. 100 des deux espèces. Une résistance croisée entre l'acide nalidixique et la ciprofloxacine a été constatée dans 96 p. 100 des souches résistantes aux quinolones. Le niveau de résistance à l'amoxicilline a été statistiquement plus important pour *C. coli* que pour *C. jejuni* (20,2 p. 100 contre 10,8 p. 100) mais toutes les souches ont été sensibles à l'association amoxicilline-acide clavulanique. Les deux espèces ont présenté une faible résistance à l'érythromycine. Un phénotype de multirésistance à trois des antibiotiques testés a été identifié dans 9,8 p. 100 des souches : 15,5 p. 100 pour *C. coli* et 5,8 p. 100 pour *C. jejuni*. Aucune souche ne s'est avérée résistante à quatre antibiotiques ou plus. Des études complémentaires apparaissent nécessaires pour évaluer la résistance aux antibiotiques des *Campylobacter* isolés chez l'homme et chez l'animal afin de contrôler l'émergence de nouvelles souches multirésistantes au Sénégal.

Mots-clés : Poulet – *Campylobacter* – Résistance aux antibiotiques – Sénégal.

Resumen

Cardinale E., Dromigny J.-A., Tall F., Ndiaye M., Konte M., Perrier Gros-Claude J.-D. Susceptibilidades anti-microbianas de cepas de *Campylobacter* aisladas de carcacas de pollos en Senegal

La resistencia de *Campylobacter* a los antibióticos constituye hoy en día un problema emergente de salud pública en los países industrializados, sin embargo, existe poca información disponible en los países en vías de desarrollo. Para evaluar la sensibilidad de las cepas de *Campylobacter* en Senegal, se obtuvieron muestras de piel en 250 carcacas de pollo, entre enero 2001 y octubre 2002. Entre las 204 cepas de *Campylobacter* aisladas, se identificaron dos especies: *C. jejuni* (59%) y *C. coli* (41%). Se determinó la sensibilidad in vitro a 5 antibióticos (amoxicilina, amoxicilina y ácido clavulánico, eritromicina, ácido nalidíxico y ciprofloxacina), mediante el método de E-test. El estudio de las CMI mostró que 34% de los aislamientos fueron resistentes a la ciprofloxacina con un alto nivel de resistencia (CMI \geq 32 mg/l), en 25% de las dos especies. Mediante el "E-test", se observó una resistencia cruzada entre el ácido nalidíxico y la ciprofloxacina en 96% de las cepas resistentes a las quinolonas. El grado de resistencia a la amoxicilina fue significativamente más importante para *C. coli* que para *C. jejuni* (20,2% contra 10,8%), pero todas las cepas fueron sensibles a la asociación amoxicilina-ácido clavulánico. Las dos especies presentaron una baja resistencia a la eritromicina. Se identificó un fenotipo multi-resistente a tres de los antibióticos en 9,8% de las cepas: 15,5% para *C. coli* y 5,8% para *C. jejuni*. Ninguna cepa se mostró resistente a más de cuatro antibióticos. Parece necesaria la realización de estudios complementarios, con el fin de evaluar la resistencia a los antibióticos de los *Campylobacter* aislados en el hombre y en el animal, para controlar el surgimiento de nuevas cepas resistentes en Senegal.

Palabras clave: Pollo – *Campylobacter* – Resistencia a las antibióticos – Senegal.

Preliminary Report on Neuraminidase, Erythrocyte Surface and Free Serum Sialic Acid Concentrations in the Serum of Healthy and Newcastle Disease Virus-Infected Chickens

S.B. Oladele^{1*} P. Abdu² A.J. Nok³
K.A.N. Esievo¹ N.M. Useh¹

Key words

Chicken – Newcastle disease virus – Nigeria.

Summary

A survey was carried out in ten backyard poultry farms in Zaria metropolis to determine levels of neuraminidase, erythrocyte surface and free serum sialic acid concentrations in the serum of chickens. One hundred Shika brown layers, of which 50 were infected by the Newcastle disease virus (NDV) and 50 were apparently healthy, were used. Neuraminidase activity, erythrocyte surface and free serum sialic acid concentrations were determined for each chicken, using the thiobarbituric acid assay method. The packed cell volume (PCV) and antibody titers to Newcastle disease were also determined for each chicken by the microhematocrit and hemagglutination inhibition tests, respectively. The mean values of 8.079 ± 2.93 $\mu\text{mol}/\text{min}$ and 0.129 ± 0.04 mg/ml obtained for neuraminidase activity and free serum sialic acid concentration, respectively, in NDV-infected chickens were significantly higher ($P < 0.001$) than the corresponding mean values of 0.849 ± 0.61 $\mu\text{mol}/\text{min}$ and 0.041 ± 0.03 mg/ml obtained in apparently healthy chickens. On the other hand, the mean values of 0.009 ± 0.01 mg/ml and $21.96 \pm 6.89\%$ recorded for erythrocyte surface sialic acid concentration and PCV, respectively, in NDV-infected chickens were significantly lower ($P < 0.001$) than the corresponding mean values of 0.650 ± 0.04 mg/ml and $29.50 \pm 5.53\%$ recorded in their apparently healthy counterparts. In conclusion, the low mean values of PCV and erythrocyte surface sialic acid concentration obtained in NDV-infected chickens could result from the circulating NDV that produced neuraminidase *in vivo*, which, in turn, cleaved off the erythrocyte surface sialic acid, thus rendering the erythrocytes more prone to destruction by the reticuloendothelial system. Further studies are needed to isolate and characterize neuraminidases of NDV field strains in this local environment.

INTRODUCTION

The Newcastle disease (ND) constitutes one of the major disease problems of poultry in most parts of the world (4, 16). In Nigeria, ND has assumed greater importance, following the increase in the number of isolated ND virus (NDV) wild strains (11). Frequent

outbreaks of ND in both exotic and indigenous chickens resulted in serious economic losses in the poultry industry (1).

These frequent ND outbreaks have been associated with pathogenicity of NDV strains (2). This observation prompted the authors to determine the levels of serum neuraminidase, an enzyme known to play an important role in the pathogenicity of many diseases (8, 14). It has been established that viral neuraminidase assists viral spread by cleaving local sialyl residues, during budding of infectious particles that would have been trapped by hemagglutinin-host-sialyl interactions, thus playing an important role in the spread of viral infections (17). Neuraminidases are also known to cleave sialic acids that are believed to be present in appreciable quantities on the surface structures of erythrocytes in the chicken (15) and in other animal species (18, 19). These sialic acids are known to mask and protect the surface structure of erythrocytes (18).

1. Department of Pathology and Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria

2. Department of Surgery and Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria

3. Department of Biochemistry, Faculty of Science, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria

* Author for correspondence

Tel: (0)69 551 358; E-mail: blessola@abu.edu.ng

It was observed that neuraminidase cleaved surface sialic acid of erythrocytes in vivo in *Trypanosoma vivax* (12). If this mechanism is operative in ND infections in vivo, it might be accompanied by reduction of the life span of such desialylated erythrocytes, and their subsequent removal from circulation by the reticuloendothelial system (10), thus causing anemia in the infected chickens.

A number of investigations on ND in Nigeria focus on the epidemiology of the disease (3, 13), without emphasis on factors that could be responsible for the pathogenicity of the disease. From available literature, this is the first report on neuraminidase activity, erythrocyte surface and free serum sialic acid concentrations in the serum of chickens in Nigeria.

This study was therefore conducted to survey levels of neuraminidase, erythrocyte surface and free serum sialic acid concentrations in the serum of apparently healthy and NDV-infected chickens, reared in Zaria, Northern Guinea savannah zone of Nigeria.

■ MATERIALS AND METHODS

Animals and site

The survey was carried out in ten backyard poultry farms in Zaria metropolis (latitude 11° 10' N; longitude 07° 38' E), located in the Northern Guinea savannah zone of Nigeria. One hundred Shika brown layers, aged between three and eight months, and reared under a semi-intensive management system, were used. The Shika brown layer was developed at the National Animal Production and Research Institute, Shika, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria, after many years of active breeding and selection, to produce chickens which will cope with harsh tropical environmental conditions.

Two categories of farms were visited. In the first category, cases of ND had been reported and clinical signs of ND were observed. The chickens were then necropsized and ND lesions were observed in the affected chickens. In the second category, no reports of ND outbreaks had been reported and no clinical signs or postmortem lesions were found, when the chickens were necropsized. The survey was carried out in these farms irrespective of whether the chickens had been previously vaccinated against ND or not.

Methods

Serum samples were taken from each chicken to test for hemagglutination inhibition (HI) antibody titers to ND, according to the method of Allan and Gough (5). The HI test was performed to ensure that chickens that presented ND clinical signs and postmortem lesions

were really having antibodies to ND. Chickens with postmortem lesions that were not caused by ND were not used for the study.

Neuraminidase activity and free serum sialic acid concentrations in the serum samples of each chicken were determined (6). Erythrocyte surface sialic acid concentrations were determined by, first, preparing hemoglobin-free erythrocyte ghosts from blood samples collected from each chicken into test tubes containing acid citrate dextrose (9). The concentrations of erythrocyte surface sialic acid, cleaved from hemoglobin-free erythrocyte ghosts by neuraminidase, were then estimated (6). Blood samples collected from each chicken into a set of test tubes containing ethylene diamine tetra acetic acid were used to determine the packed cell volume (PCV) of each bird, according to the method of Benjamin (7).

All data obtained were subjected to statistical analysis using Student's t-test and correlation analysis. The data were expressed as means plus or minus standard deviations ($P < 0.05$ was considered significant).

■ RESULTS

The mean neuraminidase activity of 8.079 ± 2.93 $\mu\text{mol}/\text{min}$ obtained from NDV-infected chickens was significantly higher ($P < 0.001$) than that of 0.849 ± 0.61 $\mu\text{mol}/\text{min}$ recorded in apparently healthy chickens. Similarly, the mean free serum sialic acid concentration of 0.129 ± 0.04 mg/ml recorded in NDV-infected chickens was significantly higher ($P < 0.001$) than that of 0.041 ± 0.03 mg/ml recorded in apparently healthy chickens. On the other hand, the mean erythrocyte surface sialic acid concentration of 0.009 ± 0.01 mg/ml obtained from NDV-infected chickens was significantly lower ($P < 0.001$) than that of 0.650 ± 0.04 mg/ml recorded in apparently healthy chickens. The mean PCV value of $21.96 \pm 6.89\%$ obtained in NDV-infected chickens was significantly lower ($P < 0.001$) than that of $29.50 \pm 5.53\%$ recorded in apparently healthy chickens (Table I).

Correlation coefficients of neuraminidase activity with erythrocyte surface sialic acid concentration ($r = -0.447$, $P < 0.01$), and neuraminidase activity with PCV ($r = -0.698$, $P < 0.001$) were negative and highly significant in NDV-infected chickens (Table II).

There was a positive and significant relationship between neuraminidase activity and free serum sialic acid concentration ($r = 0.290$, $P < 0.05$), while the relationship between neuraminidase activity and erythrocyte surface sialic acid ($r = -0.461$, $P < 0.01$) was negative but significant in apparently healthy chickens (Table II).

Table I

Mean values of neuraminidase activity, free serum sialic acid, erythrocyte surface sialic acid, packed cell volume and hemagglutination inhibition antibody titers of Newcastle disease virus-infected and apparently healthy chickens (\pm SD)

	Neuraminidase activity ($\mu\text{mol}/\text{min}$)	Free serum sialic acid (mg/ml)	Erythrocyte surface sialic acid (mg/ml)	Packed cell volume (%)	Hemagglutination inhibition antibody titer (\log_2)
Newcastle disease infected chickens (n = 50)	$8.079 (\pm 2.93)^a$	$0.129 (\pm 0.04)^a$	$0.009 (\pm 0.01)^a$	$21.96 (\pm 6.89)^a$	$5.82 (\pm 2.35)^a$
Apparently healthy chickens (n = 50)	$0.849 (\pm 0.61)^b$	$0.041 (\pm 0.03)^b$	$0.650 (\pm 0.04)^b$	$29.50 (\pm 5.53)^b$	$0.940 (\pm 0.22)^b$

^{a, b} Data in the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.001$)

Table II

Correlation coefficients (r) of neuraminidase activity with free serum sialic acid, erythrocyte surface sialic acid, packed cell volume and hemagglutination inhibition antibody titers of Newcastle disease virus (NDV) infected chickens and apparently healthy chickens

	Neuraminidase activity			
	Free serum sialic acid	Erythrocyte surface sialic acid	Packed cell volume	Hemagglutination inhibition antibody titer
NDV-infected chickens	0.094 ^{NS}	-0.447**	-0.698***	0.604***
Apparently healthy chickens	0.290*	-0.461**	-0.560***	0.397*

^{NS} Not significant; * P < 0.05; ** P < 0.01; *** P < 0.001

DISCUSSION

It is believed that neuraminidases cleave the terminal sialic acid from sugar residues and glycoproteins (18, 19). Detection of neuraminidase in the serum, therefore, rests on the assay of free sialic acid split from the substrates (20).

In this study, the mean free serum sialic acid concentration obtained from NDV-infected chickens was significantly higher (P < 0.001) than that of apparently healthy chickens. This is in line with findings obtained by Esievo et al. (12) in cattle, as they observed higher levels of serum sialic acid concentration in cattle infected with *Trypanosoma vivax* than in their apparently healthy counterparts.

The significantly higher (P < 0.001) mean neuraminidase activity obtained from NDV-infected chickens compared to their apparently healthy counterparts is probably due to the presence of NDV in the serum of NDV-infected chickens. The higher levels of neuraminidase activity in NDV-infected chickens suggest that the virus produces neuraminidase in vivo. This is because neuraminidase activity is related to the number of parasites in the serum (12).

Sialic acids, the acylated neuraminic acid, occur in reasonable quantities on the erythrocyte surface structures of chickens (15) and other animal species, (18, 19). It is believed that sialic acids mask and protect the erythrocyte surface (18). The fact that the mean erythrocyte surface sialic acid concentration obtained from NDV-infected chickens was significantly lower (P < 0.001) than that obtained from the apparently healthy chickens suggests that the reduction in erythrocyte surface sialic acid of NDV-infected chickens is probably a mechanism of erythrocyte destruction, and this could be important in erythrocyte senescence (10, 19). This could probably explain the significantly lower (P < 0.001) mean PCV value obtained from NDV-infected chickens than from their apparently healthy counterparts. This is because it is known that neuraminidases cleave off sialic acid from erythrocytes (18, 19), thus rendering them prone to erythrophagocytosis (10, 12).

The negative and highly significant correlations between neuraminidase activity and PCV (r = -0.698, P < 0.001), and neuraminidase activity and erythrocyte surface sialic acid concentration (r = -0.447, P < 0.001) in NDV-infected chickens supported the fact that the presence of NDV might have caused significant reduction in the PCV value observed in NDV-infected chickens. Furthermore, the finding that reduced erythrocyte surface sialic acid concentration occurred concurrently with increased neuraminidase activity in the serum, preceded by reduced PCV values in NDV-infected chickens, was indirect evidence that NDV might produce neuraminidase in vivo.

The exact mechanism of the surface damage of NDV-infected erythrocytes was not investigated in this study, but the erythrocyte damage may have a physicochemical origin. The presence of certain levels of neuraminidase activity, erythrocyte surface and free serum sialic acid concentrations in the serum of apparently healthy chickens could be due to red blood cell hemolysis. This is because during the lifetime of the organism, sialic acid is known to be removed stepwise from surface of erythrocytes by the action of neuraminidases, and by spontaneous chemical hemolysis (18).

From the present results, it could be postulated that, as NDV concentration increased in circulation, it produced neuraminidase, which cleaved erythrocyte surface sialic acid, thus rendering erythrocytes more prone to hemolysis by the reticuloendothelial system.

In conclusion, the low mean values of PCV and erythrocyte surface sialic acid concentration observed in NDV-infected chickens could be due to the activities of circulating NDV that produced neuraminidase in vivo, which in turn cleaved off erythrocyte surface sialic acid, thus rendering the erythrocytes more prone to destruction by the reticuloendothelial system. Further studies are needed to isolate and characterize neuraminidases of NDV field strains in this local environment.

REFERENCES

- ADENE D.F., 1990. Country report on the management and health problems of rural poultry stock in Nigeria. CTA Seminar on Small holder poultry production, Thessaloniki, Greece, 9-13 October 1990.
- ADU F.D., OYEJIDE A., TOMORI O., 1989. Antigenic relationships among the clones of Nigerian field and vaccine strains of Newcastle disease virus Zar. *Veterinarians*, **4**: 11-17.
- ADU F.D., TOMORI O., OYEJIDE A., 1990. Susceptibility of chickens vaccinated with three live Newcastle disease vaccines to challenge by velogenic strains. *Prev. vet. Med.*, **10**: 131-135.
- ALEXANDER D.J., 1988. Historical aspects. In: Alexander D.J. Ed., Newcastle disease. Boston, MA, USA, Kluwer Academic Publishers, p. 1-10.
- ALLAN W.H., GOUGH R.E., 1974. A standard hemagglutination inhibition test for Newcastle disease. I. A comparison of macro and micro methods. *Vet. Rec.*, **95**: 120-123.
- AMINOFF S., 1961. Methods for the estimation of N-acetylneuraminic acid and their application to hydrolysates of sialomucoids. *Biochem. J.*, **81**: 384-392.
- BENJAMIN M.M., 1978. Outline of veterinary clinical pathology. Ames, IA, USA, Iowa State University Press, 361 p.
- CORFIELD T.M., 1992. Bacterial sialidases. Role in pathogenicity and nutrition. *Glycobiology*, **2**: 509-521.
- DODGE J.T., MITCHELL C., HANACHAN D.J., 1963. The preparation and chemical characteristics of haemoglobin free ghosts of human erythrocytes. *Arch. Biochem. Biophys.*, **100**: 119-130.

10. DUROCHER J.R., YAYNE R.C., CONRAD M.E., 1975. Role of sialic acid in erythrocyte survival. *Blood*, **45**: 10-20.
11. ECHEONWU G.O.N., IREOGBU G.U., EMERUWA A.C., 1993. Recovery of velogenic Newcastle disease virus from dead and healthy free-roaming birds in Nigeria. *Avian Pathol.*, **22**: 383-387.
12. ESIEVO K.A.N., SAROR D.I., ILEMOBADE A.A., HALLAWAY M.H., 1982. Variation in erythrocyte surface and free serum sialic acid concentration during experimental *Trypanosoma vivax* infection in cattle. *Res. vet. Sci.*, **32**: 1-5.
13. EZEIFEKA G.O., DOWOH S.K., UMOH J.U., 1992. Involvement of wild and domestic birds in the epidemiology of Newcastle disease and infectious bursal disease in Zaria, Nigeria. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **40**: 125-127.
14. EZEPCHUK Y.V., VERTIEV Y.V., KOSTY-UKOVA N.N., 1973. Neuraminidase of *Corynebacterium diphtheriae* as a factor of pathogenicity with a spreading function. *Byull. Eksp. Biol. Med.*, **75**: 63-65.
15. HERRLER G., REUTER G., ROTT R., KLENT H.D., SCHAUER R., 1987. N-acetyl-9-O-acetylneuraminic acid, the receptor determinant for influenza C virus, is a differentiation marker on chicken erythrocytes. *Biol. Chem. Hoppe-Sey.*, **368**: 451-454.
16. LUMNICZI B., WEHMANN E., HERCZEG J., BALLAGI-PORDANY A., KALERA E.F., WERNER O., MEULEMANS G., JORGENSEN P.H., MANTE A.P., GIEKENS A.L.J., CAPUA I., DAMOSER J., 1998. Newcastle disease outbreaks in recent years in Western Europe were caused by an old (VI) and a novel genotype (VII). *Arch. Virol.*, **143**: 49-64.
17. ROGGENTIN P., SCHAUER R., HOYER L.L., VIMR E., 1993. The sialidase subfamily and its spread by horizontal gene transfer. *Mol. Microbiol.*, **9**: 915-921.
18. SCHAUER R., KELM S., REUTER G., ROGGENTIN P., SHAW L., 1995. Biochemistry and role of sialic acids. In: Rosenberg A. Ed., *Biology of sialic acids*. New York, NY, USA, Plenum Press, p. 7-67.
19. TRAVING C., SCHAUER R., 1998. Structure, function and metabolism of sialic acids. *Cell. Mol. Life Sci.*, **54**: 1330-1349.
20. WEBSTER R.G., CAMPBELL C.H., 1972. An inhibition test for identifying the neuraminidase antigen on influenza viruses. *Avian Dis.*, **16**: 1057-1066.

Reçu le 12.09.2002, accepté le 14.11.2003

Résumé

Oladele S.B., Abdu P., Nok A.J., Esievo K.A.N., Useh N.M. Rapport préliminaire sur les teneurs en neuraminidase et en acide sialique libre et de surface érythrocytaire dans les sérums de volailles indemnes et infectées par le virus de la maladie de Newcastle

Une étude a été réalisée dans dix petits élevages de volailles dans l'agglomération de Zaria pour déterminer les teneurs en neuraminidase et en acide sialique libre et de surface érythrocytaire dans les sérums de volailles. Cent poules brunes Shika ont été utilisées, parmi lesquelles 50 étaient infectées par le virus de la maladie de Newcastle (NDV) et 50 étaient apparemment indemnes. Les teneurs en neuraminidase et en acide sialique libre et de surface érythrocytaire ont été déterminées pour chaque poulet par la méthode de l'acide thiobarbiturique. L'hématocrite et les titres des anticorps anti-maladie de Newcastle ont aussi été déterminés pour chaque poulet, respectivement par la technique de microhématocrite et par la réaction d'inhibition de l'hémagglutination. Les valeurs moyennes de $8,079 \pm 2,93 \mu\text{mol}/\text{min}$ et $0,129 \pm 0,04 \text{ mg}/\text{ml}$, obtenues respectivement pour les teneurs en neuraminidase et en acide sialique libre du sérum chez les volailles infectées par le NDV, ont été significativement plus élevées ($P < 0,001$) que les valeurs moyennes correspondantes de $0,849 \pm 0,61 \mu\text{mol}/\text{min}$ et $0,041 \pm 0,03 \text{ mg}/\text{ml}$, obtenues chez les poulets apparemment indemnes. Inversement, les valeurs moyennes de $0,009 \pm 0,01 \text{ mg}/\text{ml}$ et $21,96 \pm 6,89 \%$, relevées respectivement pour la teneur en acide sialique de la surface érythrocytaire et pour l'hématocrite chez les poulets infectés par le NDV, ont été significativement plus faibles ($P < 0,001$) que les valeurs moyennes correspondantes de $0,650 \pm 0,04 \text{ mg}/\text{ml}$ et $29,50 \pm 5,53 \%$, relevées chez les poulets apparemment indemnes. En conclusion, les faibles valeurs moyennes de l'hématocrite et de la teneur en acide sialique de la surface érythrocytaire chez les poulets infectés par le NDV seraient dues à la circulation de ce virus qui sécrète la neuraminidase in vivo, laquelle à son tour sépare l'acide sialique de la surface érythrocytaire, exposant les hématies à la destruction par le système de défense réticulo-endothélial. D'autres études seront nécessaires pour isoler et caractériser les souches de NDV sur le terrain dans les conditions locales présentes.

Mots-clés : Poulet – Virus de la maladie de Newcastle – Nigeria.

Resumen

Oladele S.B., Abdu P., Nok A.J., Esievo K.A.N., Useh N.M. Reporte preliminar sobre neuraminidasas, superficie eritrocitaria y concentraciones de ácido siálico libre de suero en sueros de pollos saludables e infectados con el virus de la enfermedad de Newcastle

Se llevó a cabo un estudio en diez fincas con pollos de jardín en los suburbios de Zaria, con el fin de determinar los niveles de neuraminidasa, la superficie eritrocitaria y las concentraciones en suero de ácido siálico libre de suero, en ponedoras marrón Shika. Se utilizaron cien ponedoras marrón Shika, de las cuales se infectaron 50 con el virus de la enfermedad de Newcastle (NDV) y 50 permanecieron aparentemente sanas. Se determinó la actividad de la neuraminidasa, la superficie eritrocitaria y las concentraciones en suero de ácido siálico libre de suero en cada pollo mediante el método de titulación de ácido tiobarbitúrico. El volumen eritrocitario y los títulos de anticuerpos de la enfermedad de Newcastle fueron igualmente determinados para cada ave, mediante los tests de microhematocrito e inhibición de la micro aglutinación, respectivamente. Se obtuvieron los valores promedio de $8,079 \pm 2,93 \mu\text{mol}/\text{min}$ y $0,129 \pm 0,04 \text{ mg}/\text{ml}$, respectivamente para la actividad de la neuraminidasa y la concentración en suero de ácido siálico libre de suero en pollos infectados con NDV, los cuales fueron significativamente ($p < 0,001$) más altos que los valores de $0,849 \pm 0,61 \mu\text{mol}/\text{min}$ y $0,041 \pm 0,03 \text{ mg}/\text{ml}$ de los animales aparentemente sanos. Por otro lado, los valores respectivos, registrados para la concentración de ácido siálico en la superficie del eritrocito y para el volumen eritrocitario, de $0,009 \pm 0,01 \text{ mg}/\text{ml}$ y $21,96 \pm 6,89\%$ en los pollos infectados con NDV fueron significativamente inferiores ($p < 0,001$) que los valores promedio correspondientes de $0,650 \pm 0,04 \text{ mg}/\text{ml}$ y $29,50 \pm 5,53\%$, registrados en aquellos aparentemente sanos. En conclusión, los valores bajos de volumen eritrocitario y de la concentración de ácido siálico en la superficie del eritrocito, obtenidos en los pollos infectados con NDV podría resultar de los NDV circulantes que produjo la neuraminidasa in vivo, la cual, a su vez disminuyó el ácido siálico en la superficie del eritrocito, facilitando la destrucción de los eritrocitos por el sistema retículo endotelial. Se necesitan estudios más profundos para aislar y caracterizar las neuraminidasas de las cepas de campo de NDV en este ambiente local.

Palabras clave: Pollo – Virus de la enfermedad de Newcastle – Nigeria.

Integrated Approach to Forage Seed Production and Supplementation of Dairy Cows in the Semiarid Region of Cameroon

A. Asongwed-Awa¹ A. Njoya¹

Key words

Zebu – Dairy cow – Seed – Feed crop – Mixed farming – Semiarid climate – Cameroon.

Summary

Stylosanthes hamata, *Calopogonium mucunoides* and *Macroptilium lathyroides* were intercropped with maize in a randomized block design. Age of maturity, forage dry matter and seed yields were determined at the end of their cycles. In another experiment, *S. hamata* and *C. mucunoides* were planted and divided into cutting, grazing and control subplots. Lactating zebu cows were put in the grazing subplots, while cutting subplots were cut at the end of the grazing period. Intercropping had no significant effect on the age of flowering and seeding. The establishment rate was however slower in intercropped *C. mucunoides* and *S. hamata*. The forage dry matter yield was similar in pure and intercropped *C. mucunoides* and *M. lathyroides*, respectively, but significantly higher in pure *S. hamata* plots ($p < 0.01$). The seed yield was similar in the two treatments of *S. hamata* and *M. lathyroides*, but significantly higher in pure *C. mucunoides* plots ($p < 0.001$). In the establishment year, grazing and cutting reduced seed yield of *S. hamata* ($p < 0.001$) compared to control. However, the difference was largely offset by a 35% milk yield increase in cows grazing *S. hamata*. These results indicate that forage legume seed production is feasible and manageable in an integrated production system.

■ INTRODUCTION

Very little work has been reported in the area of forage seed production in Northern Cameroon. This semiarid region is characterized by two seasons of almost equal duration. The rainy season lasts for months, with average annual rainfall between 850-1000 mm (Figure 1) occurring mainly within 4-5 months (June-September). During the dry season, the vegetation is exposed to extremely high temperatures, sometimes up to 45°C, and very low humidity conditions that render the nutritive quality of natural pastures poor and unfit for animal maintenance and production.

Tropical pastures are known to contain very low levels of crude protein (CP) (2, 6). This is a limiting nutrient for livestock productivity potentials in the region. Three methods have been proposed by researchers to correct the low level of CP or nitrogen (N) in tropical forages. These consist in the application of an N fertilizer to the land, protein supplementation to livestock with agro-industrial by-products such as cottonseed meal, and the introduction of legume species to the forage mixture (13). With the rapidly growing population, this region is moreover faced with serious land degradation through overgrazing, erosion, bush fires and deforestation for fuel wood (12) and, consequently, with reduced grazing lands and poor quality pastures. Livestock farmers then depend largely on food crop residues for feed supplementation. These crop residues are mostly from cereals, low in nutritive quality and often limited in quantity. Among other alternatives, livestock farmers should be encouraged to produce

1. Institute of Agricultural Research for Development, PO Box 1073, Garoua, Cameroon

E-mail: iradgaroua@iccnnet.cm

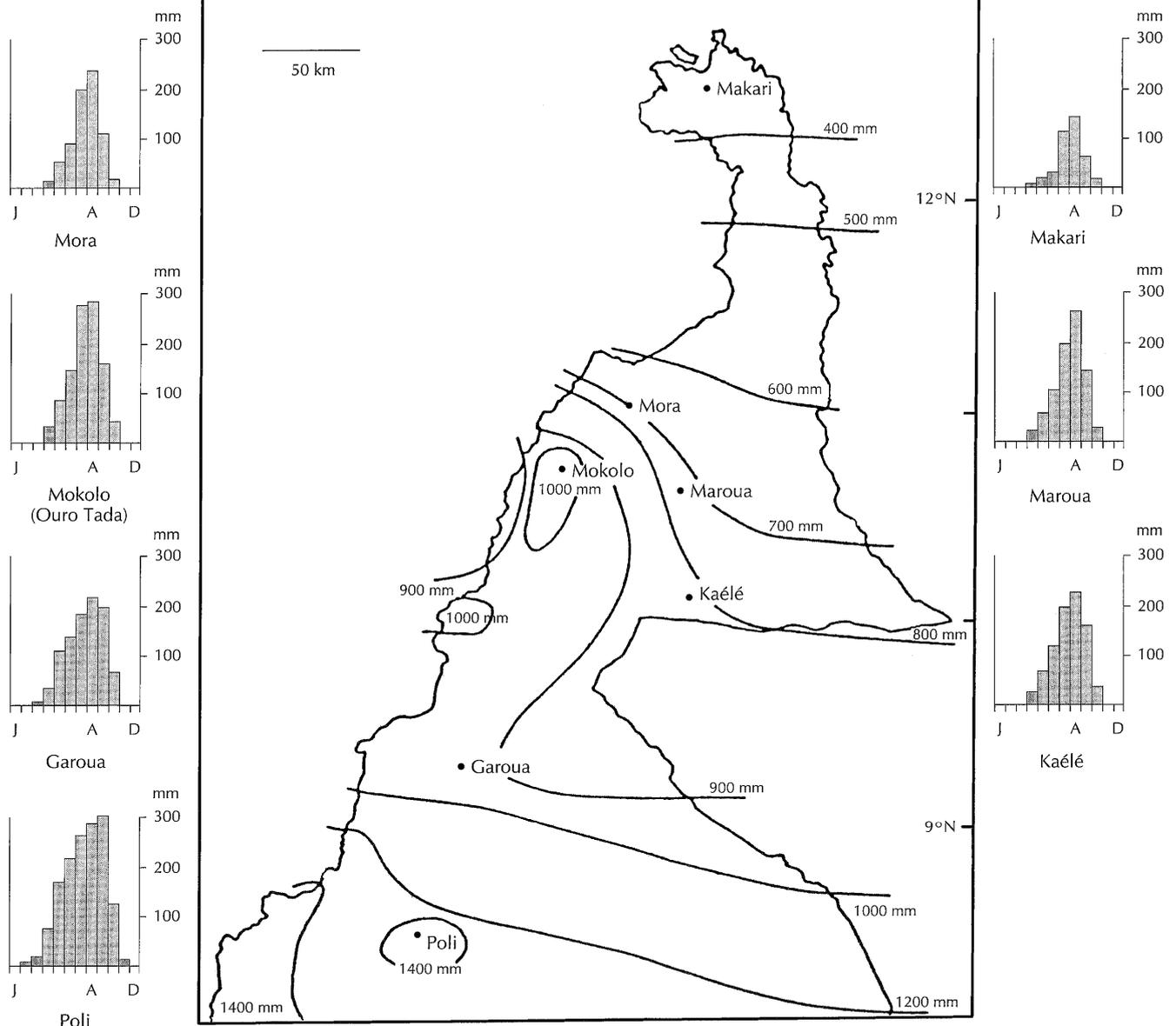


Figure 1: rainfall isohyets in Northern Cameroon. Source: Beauvilain, 1989, North Cameroon, Crises and population 1. Map No 4, mean annual rainfall, from stations' creation to 1988.

forage, which can be particularly useful as fodder banks during periods of shortage of natural pastures. A major constraint to this proposal concerns the lack of forage seed availability due to an inadequate seed supply system and unsuitable exploitation practices which do not ensure seed preservation from one year to the next or effective pasture regeneration. It is therefore necessary to develop low-cost seed production techniques for selected species adapted to this region, such as *Stylosanthes hamata*, *Calopogonium mucunoides* and *Macroptilium lathyroides* (7). These are legume species with high nutrient content and soil improvement capacities. Undersowing these in cereal plots is a low-cost method of establishment in cereal-based farming systems (10, 11). In this type of cropping the input and labor used for cereal crop will also benefit the establishment of the forage crop. This technique is considered to be the most feasible method for introducing legume species into crop mixtures a year before a piece of land is left to fallow. This introduction increases the nutritional value and quantity of the succeeding crop residue, while improving soil fertility faster than a natural fallow (1, 16).

■ MATERIALS AND METHODS

The study was carried out at the Institute of Agricultural Research for Development, Garoua Station (Figure 1) to investigate the performance of forage legumes in a cereal-based farming system of North Cameroon, with an emphasis on the effect of common agronomic practices on seed yield and productivity; the performance of *Stylosanthes hamata*, *Calopogonium mucunoides* and *Macroptilium lathyroides* were assessed in terms of cultivation techniques, management and utilization.

Performance of *S. hamata*, *C. mucunoides* and *M. lathyroides* in cereal plots

In this trial, *Stylosanthes hamata*, *Calopogonium mucunoides* and *Macroptilium lathyroides* were planted in two treatments: intercropped with maize and pure stands in a randomized block design. Each treatment had three replicates in 6 x 8 m plots. The intercropped legumes were sown into maize plots, three weeks after the maize was planted as recommended by Klein (7). During

the establishment year, all plots were weeded twice at four and six weeks after planting. After germination, plant counts were performed weekly until flowering. At the onset of flowering, flower heads were counted every other week until more than 50% flowering was attained on each plot.

Effect of grazing and cutting on forage dry matter and seed yield

In another experiment, *Stylosanthes hamata* and *Calopogonium mucunoides* were planted on 2 ha and split into grazing, cutting and control subplots. For establishment, they were fertilized with 15 kg/ha of triple superphosphate and weeded twice during the growing season, 20 and 60 days after planting. At about 12 weeks after planting, just before budding, lactating zebu (White Fulani) cows were allowed access into grazing plots for a duration of five hours per day for three weeks. Twelve lactating cows were randomly allotted to three groups of four each: groups 1, 2 and 3, which grazed on *S. hamata*, *C. mucunoides* and natural pastures (control), respectively. Cows were penned separately from the calves overnight. At 5:30 a.m., calves were taken individually to their dams to incite milk flow and then withdrawn before milking as it is the practice among traditional cattle rearers. Thereafter, the calves were allowed access to their dams until the end of the day. Cutting treatment plots were cut at 10 cm above the ground 14 weeks after planting and fed to animals indoors. This coincided with the end of the grazing session on the grazing plots. All plots were then allowed to set seeds. At maturity, seed samples were collected from one-square-meter areas on five random locations per plot, cleaned and weighed. In the second year, seedlings from five one-square-meter spots per plot were counted at the onset of rains to note the rate of regeneration. Seed-head count was also noted from five one-square-meter areas until peak maturity. Harvested seeds were threshed, cleaned and weighed.

RESULTS

Performance of *S. hamata*, *C. mucunoides* and *M. lathyroides* in established maize fields

Establishment was slower in the intercropped plots for all legumes (Table I). This trend continued throughout flowering and seeding. The intercropped legumes caught up only after maize harvest and

stalk removal, which eliminated the shade effect. In the early part of the season, intercropped legumes exhibited some physical differences in plant growth parameters typical of sun-adapted plants grown in the shade. These included stem elongation, reduced stem diameters and leaf discoloration. These differences, which were more evident with *Stylosanthes hamata*, did not however persist throughout the season.

There was no significant difference in the flowering date between the two treatments. However, early flowering density was higher in pure stands. Peak flowering was also attained earlier in pure stands. Stand establishment was faster in *Macroptilium lathyroides* under both treatments; flowering, seeding and maturity were 2-4 weeks ahead of the other two species (Table I).

There was a significant difference ($p < 0.01$) in *Stylosanthes hamata* yield between pure and intercropped plots (Table II). *Calopogonium mucunoides* was slowest to establish and it attained maturity very late in the season, although with a very good vegetative cover. Regeneration was good for *S. hamata* and *C. mucunoides*, but not for *M. lathyroides*, which is usually slow at self re-establishment (7).

Table II

Effect of intercropping on seed and forage dry matter yield

Species and treatment	Forage DM (tons/ha)	Seed yield (kg/ha)
<i>S. hamata</i>		
Pure	8.54 ± 0.96*	490 ± 18
Intercrop	4.98 ± 0.5	380 ± 23
<i>C. mucunoides</i>		
Pure	7.21 ± 0.89	277 ± 3**
Intercrop	5.91 ± 0.84	225 ± 5
<i>M. lathyroides</i>		
Pure	5.82 ± 0.73	190 ± 5
Intercrop	4.31 ± 0.55	175 ± 6

* Pure and intercropped yields significantly different ($p < 0.01$)

** Pure and intercropped yields significantly different ($p < 0.001$)

Table I

Performance of *Stylosanthes hamata*, *Calopogonium mucunoides* and *Macroptilium lathyroides* in cereal-based farming systems

Species and treatment	Age at flowering (weeks)	Age at seeding (weeks)	Age at ripening (weeks)	Establishment rate	Degree of regeneration
<i>S. hamata</i>					
Pure	7	10	14	S	E
Intercrop	8	12	14	VS	G
<i>C. mucunoides</i>					
Pure	12	13	16	S	F
Intercrop	12	13	16	VS	F
<i>M. lathyroides</i>					
Pure	6	8	12	G	F
Intercrop	6	9	12	G	F

S = slow; E = excellent; VS = very slow; G = good; F = fair

Effect of grazing and cutting on seed yield and forage DM

In the second experiment, results in the first year showed a significant decrease in seed yield for the grazed and cut plots (Table III). However, this decrease was highly compensated for by the increase in milk yield from the grazing cows (Fig 2). Milk production was significantly higher in cows that grazed *S. hamata* plots than in those that grazed *C. mucunoides* and control plots. Starting at an average daily production of 0.85 l, the *S. hamata* group rose to about 1.3 l at the end of the grazing period, producing a 35% increase, while a low intake of *C. mucunoides* at the beginning of the trial induced a decrease in production which remained below 1.0 l. (Figure 2). This low intake was still manifest even after several days of adaptive feeding. Average milk yield in the cows grazing natural pastures was also lower, averaging 0.95 l per cow per day even though this trial was carried out during the rainy season when natural pastures in this region are presumably at their best in terms of forage availability and quality. Intratreatment variation was highest in the *S. hamata* group and least in the control group (Table IV).

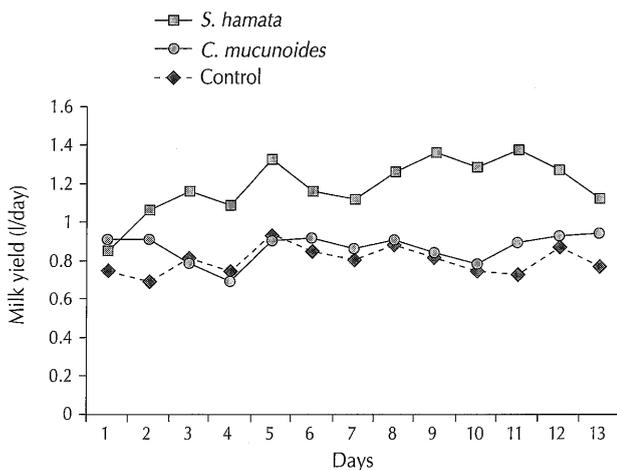


Figure 2: milk yield of zebu cows grazing *Stylosanthes hamata* and *Calopogonium mucunoides*.

Table III

Effect of grazing and cutting on the performance of *Stylosanthes hamata* and *Calopogonium mucunoides*

Species and treatment	Seed head count	Seed yield (kg/ha)		Forage DM (tons/ha)
	Year 2	Year 1	Year 2	Year 2
<i>S. hamata</i> grazed	60.9 ^a	490 ^a	520	3.67
<i>S. hamata</i> cut	58.5 ^a	403 ^a	480	3.8
<i>S. hamata</i> control	54.3 ^a	847 ^b	460	3.86
<i>C. mucunoides</i> grazed	48.3 ^a	277 ^a	170	3.5
<i>C. mucunoides</i> cut	44.5 ^a	247 ^a	150	4.21
<i>C. mucunoides</i> control	30.3 ^b	560 ^b	230	4.23

^{a, b} Column means with different superscripts for the same species are significantly different (p < 0.001)

Table IV

Variations in average daily milk production in different treatments

Treatment	Mean (l)	Standard deviation
<i>S. hamata</i>	1.21	0.54
<i>C. mucunoides</i>	0.87	0.34
Control	0.85	0.12

DISCUSSION

Traditionally after harvest, livestock is put in to graze crop residues left on the farmland. These residues are mostly cereal stalks left standing after harvest and they are low in nutrient content. Incorporation of forage legumes in a farming system where livestock depends largely on crop residues would provide quality forage and also rebuild the structure and nutrient content of the soil through their nitrogen fixing capacity (1, 3, 11, 15).

Stylosanthes hamata, *Calopogonium mucunoides* and *Macroptilium lathyroides* are among legume species introduced and found adapted to this region, each of them with its own specific attributes. The fast maturing characteristic of *M. lathyroides* makes this species suitable for multiplication and use in areas with very short growing periods as it will escape the onset of the dry season. On the other hand, the very slow rate of establishment of *S. hamata* and *C. mucunoides* in the intercropped plots makes them quite promising for use in cereal-based cropping systems, where their negative effect on crop yield is minimal (3, 9). In addition, these species have been shown to improve the yield of cereals on plots sown with the former in the previous year (3, 17, 18).

Calopogonium mucunoides proved to be better adapted in the cereal mixture, hence a more suitable choice for undersowing. However, the time for undersowing should be chosen in a manner to avoid competition with the cereal crop (7, 17). Klein (7) gave undersowing dates for these forage legumes in this region as 15-30 days after sowing cereal crop around Garoua, 15-30 days before sowing cereal crop in the upper belt/Far North province, and at the same time as cereal crop in the southern fringe of this region (Toubo). These specifications are due to differences in annual precipitations which decrease from south to north (Figure 1).

The drop in milk production by cows grazing *C. mucunoides* in the first few days resulted from its low palatability (7, 14). Palatability is said to be the first determinant of what a moderately hungry animal will eat, when food supplies are abundant, and it depends on the taste, smell, flavor and texture of the given feed (4). *C. mucunoides* is densely covered with brownish hair. This aspect, which is more evident when the plant is at its fresh state, may have greatly contributed to its low palatability at that stage. Recent studies on feeding donkeys with this species in the dry season (unpubl. data) gave more promising results in terms of intake and performance. More studies are therefore needed to determine the best state at which this important species is best accepted by animals given that its CP content of 24.31% ranks very high among selected green plants available for livestock in this region during the dry season (5). The increase in milk production by the *S. hamata* group is in line with the fact that legumes provide higher CP than natural pastures and hence would increase the performance and productivity of livestock (2, 13).

Apart from improving livestock performance, grazing of legume plots leads to an early regeneration of pastures from fallen seeds at the onset of rains especially for species with heavy mulch cover (6, 7). *C. mucunoides* reportedly regenerated two months earlier in a grazed paddock with the onset of rains (8). Grazing or cutting seed plots just before budding permits the use of high quality forage just before seeding and increases the number of times for exploitation as well as provides forage for housed animals such as small ruminants, which are often confined during the farming season. A second grazing after seed harvest favors seed dissemination through fecal droppings.

■ CONCLUSION

These results indicate that forage DM yield and, more importantly, seed yield is not in most cases affected by intercropping, and land use can therefore be maximized. Milk production of lactating cows partially grazing on *S. hamata* is greatly improved. Forage seed production is therefore feasible in an integrated production system where land is a limiting factor. There is also the added advantage of reducing the fallow period through its nitrogen fixing capacity and hence increasing its agricultural potentials. The final choice of what management and exploitation system to use will therefore depend on the chosen forage species.

Acknowledgments

Our special thanks to Messrs Loko Benjamin and Messendé Moïse for their hearty contributions during field work, and to the livestock farmers, Alhaji Soulé and Bakari who kindly allowed us to use their lactating cows for this trial. We also thank our colleagues Dr D.N. Awa and Ms A.C. Ngo Tama for their contributions in the realization of the work and in writing up the manuscript. The authors thankfully acknowledge that this study was financed by Projet Garoua II.

REFERENCES

1. BAYER W., WATERS-BAYER A., 1998. Forage husbandry. The tropical agriculturist series. London, UK / Wageningen, The Netherlands, Macmillan/CTA, 198 p.
2. BUTTERWORTH M.H., 1988. Beef cattle nutrition and tropical pastures. New York, NY, USA, Longman, 500 p.
3. DOGBE W., 1998. Green manure crops for sustainable agriculture in the inland valleys of northern Ghana. In: Buckles D., Eteka A., Osiname O., Galiba M., Galiano G. Eds, Cover crops in West Africa; Contributing to sustainable agriculture. Ottawa, Canada, IDRC, p. 213-215.
4. GROVUM W.L., 1988. Appetite, palatability and control of feed intake. In: Church D.C. Ed., The ruminant animal - Digestion, physiology and nutrition. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice Hall, p. 202-216.
5. IKHIMIOYA I., OLAGUNJU B.O., 1996. Chemical composition of selected green plants available to small ruminants in the dry season in humid Nigeria. *Tropicultura*, **14**: 115-117.
6. JUTZI S., 1985. Herbage seed production in Sub-saharan Africa; its integration in national pasture research and industry development and prospects for regional supporting activities. In: Proc. Workshop Potentials of forage legumes in farming systems, Addis Ababa, Ethiopia, 16-19 Sept. 1985. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, p. 505-522.
7. KLEIN H.D., 1995. Introduction des légumineuses dans la rotation céréale-cotonnier au Nord Cameroun : gestion et utilisations. Maisons-Alfort, France, Cirad-emvt, 179 p.
8. KLEIN H.D., 1991. Agropastoralism. Annual report. Garoua, Cameroon, IRZV, 62 p.
9. MOHAMMED-SALEEM M.A., 1986. Integration of forage legumes into the cropping systems of Nigeria's sub-humid zone. In: Proc. Livestock systems research in Nigeria's sub-humid zone, 2nd ILCA/NAPRI Symposium, Kaduna, Nigeria, 29 Oct. - 2 Nov. 1984. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, p. 304-325.
10. MOHAMMED-SALEEM M.A., OTSYINA R., VON-KAUFMAN R., 1985. Some methods of improving fodder by incorporating forage legumes in cereal cropping systems in the Nigerian sub-humid zone. In: Proc. Workshop Potentials of forage legumes in farming systems, Addis Ababa, Ethiopia, 16-19 Sept. 1985. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, p. 363-378.
11. MUNTHALI J.T.K., MSISKA H.D.C., ZIMBA A.W.C., DZOWELA D.H., 1990. Towards an integrated cereal crop-forage production for improved cattle productivity: the Malawi experience. In: 1st joint workshop Utilisation of research results on forage and agricultural by-product materials as animal feed resources in Africa, Lilongwe, Malawi, 5-9 Dec. 1998, p. 234-248.
12. NJITI C., SHARPE D.M., 1994. A goal-programming approach to the management of competition and conflict among land uses in the tropics: The Cameroon example. *Ambio*, **23**: 112.
13. NJOYA A., 1992. Effects of cottonseed meal supplementation on the performance and pasture utilisation by zebu steers. PhD Dissertation, Iowa State University, Ames, IA, USA, 115 p.
14. ROTAR P.P., KRETSCHMER JR, 1985. Tropical and sub-tropical forages. In: Heath M.E., Barnes R.F., Metclaff D.S. Eds, Forages, 4th Edn. Ames, IA, USA, Iowa State University Press, p. 154-165.
15. SALEZ P., 1988. Compréhension et amélioration des systèmes de cultures associées céréale-légumineuses au Cameroun. Thèse Doct. Ing. Insam. Nogent-sur-Marne, France, Cirad-irat, 190 p.
16. SANGINGA N., OKOGUN J.A., AKOBUNDU I.O., KANG B.T., 1996. Phosphorus requirement and nodulation of herbaceous and shrub legumes in low P soils of the Guinean savanna. *Appl. Soil Ecol.*, **3**: 247-255.
17. TARAWALI G., DEMBELE E., N'GUESSAN B., YOURI A., 1998. Small holder use of *Stylosanthes* for sustainable food production in Sub humid West Africa. In: Cover crops in West Africa; Contributing to sustainable agriculture. Ottawa, Canada, IDRC, p. 107-170.
18. YOURI A., 1998. Système de culture avec légumineuses au Cameroun. In: Cover crops in West Africa; Contributing to sustainable agriculture. Ottawa, Canada, IDRC, p. 225-227.

Accepté le 14.11.2003

Résumé

Asongwed-Awa A., Njoya A. Approche intégrée pour la production de semences fourragères et la complémentation de vaches laitières dans la région semi-aride du Cameroun

Stylosanthes hamata, *Calopogonium mucunoides* et *Macroptilium lathyroides* ont été semés en association avec du maïs dans un dispositif en blocs randomisés. L'âge à la maturité, le rendement en matière sèche du fourrage et le rendement semencier ont été déterminés à la fin de leurs cycles. Dans un autre essai, *S. hamata* et *C. mucunoides* ont été semés et divisés en sous-parcelles destinées à la coupe, à la pâture ou conservés comme témoin. Les vaches en lactation ont été introduites dans les parcelles destinées à la pâture, alors que les parcelles destinées à la coupe ont été coupées à la fin de la période de pâture. L'association de cultures n'a pas eu d'effet significatif sur l'âge à la floraison ni sur la production de semences. La mise en place a cependant été plus lente pour *C. mucunoides* et *S. hamata* en association. Le rendement en matière sèche de *C. mucunoides* et de *M. lathyroides*, respectivement en culture pure et en culture associée, a été similaire, mais il a été significativement plus élevé dans les parcelles pures de *S. hamata* ($p < 0, 01$). Le rendement semencier a été similaire dans les deux traitements de *S. hamata* et *M. lathyroides*, mais il a été significativement plus élevé dans les parcelles pures de *C. mucunoides* ($p < 0, 001$). Au cours de l'année de mise en place, la pâture et la coupe ont réduit le rendement en semences de *S. hamata* ($p < 0, 001$) par rapport au témoin. Cependant, cette différence a été largement compensée par une augmentation de 35 p. 100 de la production laitière des vaches pâturent *S. hamata*. Ces résultats montrent que la production de semences de légumineuses fourragères est possible et gérable dans un système de production intégré.

Mots-clés : Zébu – Vache laitière – Semence – Plante fourragère – Polyculture élevage – Climat semi-aride – Cameroun.

Resumen

Asongwed-Awa A., Njoya A. Enfoque integrado del suplemento y de la producción de semillas de forraje en vacas de leche en una región semi árida de Camerún

Se cruzó maíz con *Stylosanthes hamata*, *Calopogonium mucunoides* y *Macroptilium lathyroides*, en un diseño en bloque al azar. Se determinó la edad de maduración, la materia seca en el forraje y el rendimiento de semillas al final de los ciclos. En otro experimento, se plantaron *S. hamata* y *C. mucunoides* y se dividieron en sub lotes control, de poda y de pastoreo. En los lotes de pastoreo, se instalaron vacas cebú en lactación, mientras que los lotes de poda se cortaron al final del periodo de pastoreo. Los cruces entre cultivos no presentaron un efecto significativo sobre la edad de florecimiento y de producción de semillas. La tasa de establecimiento fue, sin embargo, más baja en los cruces *C. mucunoides* y *S. hamata*. El rendimiento de materia seca del forraje fue significativamente más alto en lotes de *S. hamata* puros ($p < 0, 01$). El rendimiento de semillas fue similar en los dos procedimientos con *S. hamata* y *M. lathyroides*, pero significativamente más alto en los lotes puros de *C. mucunoides* ($p < 0, 001$). En el año de establecimiento, el pastoreo y la poda redujeron el rendimiento de semillas de poda y de *S. hamata* ($p < 0, 001$) en comparación al control. Sin embargo, la diferencia fue considerablemente opacada por un aumento de la producción de leche de 35% en las vacas pastoreando *S. hamata*. Los resultados indican que la producción de semillas de forraje es factible y controlable en un sistema integrado de producción.

Palabras clave: Cebú – Vaca lechera – Semilla – Planta forrajera – Explotación agrícola combinada – Clima semiárido – Camerún.

Durée de jachère et valeur pastorale de la végétation herbacée en zone soudanienne au Sénégal

L.E. Akpo ¹ D. Masse ² M. Grouzis ³

Mots-clés

Bétail – Parcours – Terre de pâturage – Plante fourragère – Jachère – Qualité – Sénégal.

Résumé

La valeur pastorale des parcelles de jachères soudanienne a été établie dans le terroir de Saré Yéro Bana, en Haute Casamance, en étudiant le spectre fourragère et l'indice global de qualité des terres de parcours. Une plus grande diversité d'espèces fourragères est apparue dans les parcours de jachères récentes. Dans les parcelles âgées, en revanche, les espèces de faible valeur pastorale ont été relativement plus abondantes. L'indice global de qualité des parcours a augmenté sensiblement au cours des premières années de l'abandon cultural, a culminé la troisième année en raison de l'abondance des graminées et du faible couvert ligneux, puis a diminué entre 5 et 17 ans. Cette baisse de la qualité fourragère des parcours de jachères a été encore plus accentuée lorsque la valeur pastorale nette a été évaluée. La prise en compte de la pondération de fourrage « qualifié » a amélioré la charge en bétail des jeunes jachères, car la part de fourrage inutilisée a pu être réduite de 50 p. 100. L'indice de qualité peut donc constituer un indicateur essentiel de la qualité fourragère des parcours, en l'absence de toute analyse chimique et/ou bromatologique.

■ INTRODUCTION

L'accroissement de la population et la nécessité de satisfaire des besoins alimentaires et domestiques qui deviennent de jour en jour plus importants conduisent à l'extension des surfaces cultivées. Les zones, même marginales, auparavant réservées au cheptel, sont désormais incluses dans le cycle culture-jachère. La jachère est l'état de la terre d'une parcelle entre la récolte d'une culture et le moment de l'introduction de la culture suivante. Elle joue divers rôles comme celui d'aider à la restauration de la fertilité des sols

(13, 14), le contrôle des adventices des cultures, la diminution des risques d'érosion, l'amélioration de l'infiltration. Elle sert aussi de réserve foncière et peut constituer une source de bois de chauffe, de service, d'œuvre, de plantes médicinales, de petits fruits et d'usages divers. La jachère peut constituer aussi une réserve de pâturage pour les animaux (bovins, ovins et caprins) locaux ou transhumants (19). La végétation de jachère, en tant que parcours, comprend en effet entre 25 à 50 p. 100 d'espèces fourragères (2, 16, 18, 20, 26). Connaître et mieux utiliser ce type de pâturage peut contribuer à diversifier les sources d'alimentation du bétail et, ainsi à réduire le temps d'utilisation des terres habituelles de parcours qui sont souvent dévastées par les feux de brousse et/ou les incendies de forêt, ou qui deviennent rapidement de qualité médiocre.

La qualité fourragère des jachères d'une zone soudanienne du sud du Sénégal a été analysée à partir de l'étude détaillée de la végétation en fonction du nombre d'années de repos cultural. L'étude a permis d'évaluer la quantité de fourrage disponible et de déduire le nombre d'animaux que l'on peut alimenter sur ce type de pâture.

1. Ucad/Fst/département de Biologie végétale, faculté des Sciences et techniques, BP 5005, Dakar, Sénégal

Tél. : (221) 643 65 18 ; fax : (221) 824 21 03 ; e-mail : akpo@dakar.ird.sn

2. Laboratoire Ecologie végétale, centre IRD, BP 1386, Dakar, Sénégal
E-mail : masse@ird.bf

3. Mission IRD, route d'Ambohipo, BP 434, Antananarivo 101, Madagascar
E-mail : grouzis@ird.mg

■ MATERIEL ET METHODES

Zone de l'étude

L'étude a été menée en Haute Casamance, dans la partie méridionale du Sénégal (figure 1), soit entre 12° 50' et 13° 05' de lat. N et entre 14° 38' et 14° 58' de long. O. La région est caractérisée par une succession de bas plateaux au modelé plat et peu marqué. Le climat est tropical subhumide avec une longue saison sèche (sept mois) et une courte période humide (cinq mois). Les précipitations varient de 900 à 1 100 mm par an, dont 60 à 80 p. 100 durant les mois d'août et de septembre. Les températures extrêmes moyennes mensuelles sont de 23 °C en janvier pour les plus faibles et de 32 °C en mai pour les plus élevées. La température moyenne annuelle est de 27 °C.

La végétation naturelle s'organise selon une toposéquence typique où les plateaux et les vallées alternent dans un *continuum* spatial à faibles contrastes (5). La végétation ligneuse haute des plateaux est dominée par *Bombax costatum* Pellegr. et Vuill., *Pterocarpus erinaceus* Poir., *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. et Dalz., *Cordyla pinnata* (Lepr. ex A. Rich.) Milne-Redh., *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth., *Terminalia macroptera* Guill. et Perr., tandis que la strate arbustive est largement dominée par *Oxythenantera abyssinica* (A. Rich.) Munro et *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub. Dans les vallées, l'emprise de l'agriculture est très forte et les arbres présents sont isolés. On y rencontre principalement *Adansonia digitata* L., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Ficus* sp., *Mitragyna inermis* (Willd.) O. Ktze et *Elaeis guineensis* Jacq.

Le peuplement humain est constitué par les Peuhls *fuladu* qui pratiquent une agriculture diversifiée (céréales, arachide) étroitement associée à un élevage extensif sédentaire, créant des trouées de cultures et de jachères dans une vaste forêt claire sur glaci. Dans le système agraire *fuladu*, la jachère est au centre des relations entre l'agriculture et l'élevage. La jachère fournit du pâturage pour le bétail, le bois de feu et/ou des plantes médicinales pour la population.

Méthodes

L'étude de la végétation herbacée a été réalisée par une approche synchrone, consistant à choisir en même temps des parcelles de jachère d'âges différents. L'âge de la jachère a été déterminé par enquête (date de l'abandon cultural) auprès des propriétaires des parcelles. Cinq parcelles de jachères âgées de 1, 3, 5, 10 et 17 ans ont ainsi été retenues dans le terroir de Saré Yéro Bana en Haute Casamance, dans une région encore relativement épargnée par la demande foncière. Il a été supposé que les différences étaient seulement dues à l'âge des jachères et que les facteurs environnementaux étaient comparables. Ce terroir représente ainsi une sorte d'état initial non dégradé d'un système d'exploitation rural soudanien appelé à évoluer dans les années à venir, avec l'installation amorcée de plusieurs villages maraboutiques issus du bassin arachidier (12). L'abandon cultural intervient après trois ou quatre cycles de culture arachide-mil (ou maïs), c'est-à-dire après six ou huit années successives de culture.

La détermination de la valeur pastorale (VP) des herbages consiste à donner aux parcours un indice global de qualité (10) qui tient compte à la fois de la composition spécifique et de l'indice de qualité spécifique (I_s). La composition spécifique a été établie à partir des relevés de végétation dans les différentes jachères au maximum de végétation. Chaque relevé a été réalisé sur une superficie de 150 m². L'échantillonnage a été constitué de 82 relevés pour l'ensemble du travail réparti entre les différents âges des parcelles de jachère retenus (J1 = 1 an, 10 relevés ; J3 = 3 ans, 22 relevés ; J5 = 5 ans, 12 relevés ; J10 = 10 ans, 20 relevés ; J17 = 17 ans, 18 relevés) au niveau du terroir de Saré Yéro Bana. Le nombre de relevés est apparu nettement plus important dans les parcelles de jachère de 3, 10 et 17 ans en raison de l'hétérogénéité apparente de ces milieux. Les espèces ont été déterminées à l'aide de la *Flore du Sénégal* (4) et les synonymes actualisés sur la base de l'énumération des plantes à fleurs d'Afrique (21).

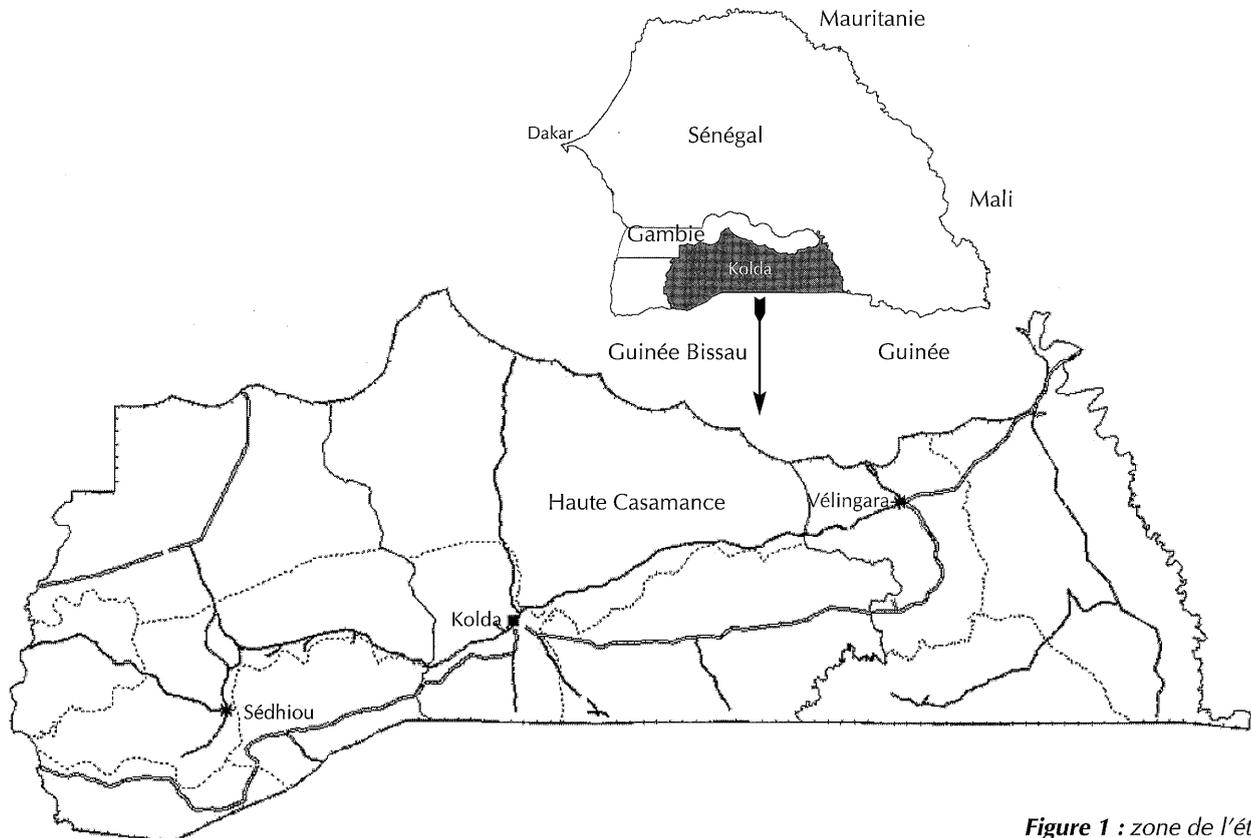


Figure 1 : zone de l'étude.

L'indice spécifique traduit l'intérêt zootechnique, c'est-à-dire la valeur bromatologique de chaque espèce végétale. La détermination repose sur l'appétibilité (ou l'appétence), la productivité (kg MS/ha/jour) et la valeur nutritive des espèces obtenue à partir de la composition chimique (11, 27). Ce critère de qualité, pour les espèces herbacées des terres de parcours de la zone sahélienne, est établi sur une échelle de cotation de 0 à 3 (3, 25), c'est-à-dire sur une échelle de quatre classes (0, 1, 2 et 3) de la manière suivante :

- les plantes de bonne valeur pastorale (BVP) sont celles dont l' Is_i est égal à 3 ;
- les plantes de moyenne valeur pastorale (MVP) sont celles dont l' Is_i est égal à 2 ;
- les plantes de faible valeur pastorale (FVP) sont celles dont l' Is_i est égal à 1 ;
- les plantes sans valeur pastorale (SVP) sont celles dont l' Is_i est égal à 0.

Ces différents groupes d'espèces (BVP, MVP, FVP et SVP) ou classes d'indices constituent dans la suite du texte les catégories d'espèces fourragères. La valeur pastorale est un indice synthétique qui prend aussi en compte la contribution spécifique (Cs_i) au tapis herbacé.

La valeur pastorale a été calculée en multipliant les contributions des espèces (Cs_i) par les indices de qualité correspondants (Is_i) ; les valeurs pastorales relatives (VPr) des espèces ainsi obtenues sont additionnées puis divisées par le nombre de classes significatives d'indices ($Is_i \neq 0$) et exprimées sur 100 (10) :

$$VP = \frac{1}{3} \sum Cs_i \times Is_i$$

La valeur ainsi obtenue est aussi appelée indice global ou indice synthétique de qualité. Celle-ci renseigne sur l'importance de fourrage « qualifié » (10) produit dans l'unité de milieu considéré. Lorsque l'on pondère en effet la production récoltée par la valeur de cet indice synthétique de qualité pastorale, on obtient la quantité de fourrage qualifié ; elle est exprimée de la façon suivante :

$$Q_{(kg/ha)} = P_{(kg/ha)} \times VP$$

La production herbagère P (kg MS/ha) est évaluée au maximum de végétation par la méthode de récolte intégrale qui est considérée comme très acceptable pour estimer la productivité des communautés végétales à cycle court (28). La méthode consiste à couper la strate herbacée au ras du sol dans des placeaux d'un mètre carré. Au total 82 placeaux répartis entre les différents âges de jachère ont été utilisés. La capacité de charge est alors calculée sur la base du fourrage qualifié produit et pour une utilisation essentiellement de saison sèche de sept mois (novembre à mai).

■ RESULTATS

Analyse de la composition botanique : le spectre fourrager

La flore recensée dans les différentes parcelles de jachère a été riche de 60 espèces herbacées, réparties parmi 36 genres et 14 familles (tableau I). L'importance des genres et des espèces a été variable dans les différentes familles, comme suit :

- Fabaceae* : 8 genres, 16 espèces
- Poaceae* : 9 genres, 12 espèces
- Convolvulaceae* : 3 genres, 7 espèces
- Euphorbiaceae* : 3 genres, 3 espèces
- Rubiaceae* : 2 genres, 4 espèces
- Amaranthaceae* : 2 genres, 3 espèces
- Asteraceae* : 2 genres, 3 espèces

- Caesalpinaceae* : 2 genres, 3 espèces
- Cyperaceae* : 2 genres, 3 espèces
- Malvaceae* : 2 genres, 3 espèces
- Araceae* : 1 genre, 1 espèce
- Pedaliaceae* : 1 genre, 1 espèce
- Sterculiaceae* : 1 genre, 1 espèce
- Tiliaceae* : 1 genre, 1 espèce

La famille des *Fabaceae* a été de loin la plus représentée, suivie de celles des *Poaceae*, des *Convolvulaceae* et des *Rubiaceae*. Ces trois premières familles ont ainsi rassemblé 35 espèces, soit 58,3 p. 100 de l'effectif total. Six autres familles (*Amaranthaceae*, *Asteraceae*, *Caesalpinaceae*, *Cyperaceae*, *Euphorbiaceae*, *Malvaceae*) n'ont représenté que 30 p. 100 du total avec chacune d'elles trois espèces. Les autres familles (*Araceae*, *Pedaliaceae*, *Sterculiaceae* et *Tiliaceae*) n'ont été représentées que par une seule espèce. La super-famille des *Leguminoeae* (*Fabaceae* et *Caesalpinaceae*) a rassemblé ainsi à elle seule près du tiers des espèces (19 espèces, soit 31,8 p. 100). Trois genres ont paru relativement représentés : *Indigofera* (7 espèces), *Eragrostis* (4 espèces) et *Tephrosia* (3 espèces). Ce sont aussi des genres qui renferment des espèces de bonne valeur pastorale.

Dans les parcours, la diversité spécifique des différentes catégories fourragères a été assez variable : 14 espèces pour BVP, 21 pour MVP, 22 pour FVP et 3 pour SVP. Les espèces SVP ont été globalement très rares ; il s'agissait de *Sida urens*, *Acalypha segetalis* et *Mitracarpus scaber*. Ces espèces n'ont pas de valeur parce qu'elles ne sont pas consommées !

Le nombre d'espèces dans les différentes catégories a varié aussi selon le temps d'abandon cultural des parcelles (figure 2). Dans les trois premières années de jachère (J1 à J3 ou jeunes jachères), la distribution des espèces dans les catégories BVP, MVP et FVP est apparue relativement homogène (25 à 35 p. 100). A partir de la cinquième année (J5), les espèces FVP ont été largement dominantes (41 p. 100 dans J5, 47 p. 100 dans J10 et 40 p. 100 dans J17). Dans J10, les espèces BVP ont été particulièrement rares (17 p. 100).

Dans le cortège, ont été identifiées des espèces communes aux différents âges de jachères ou des espèces relativement stables ; il s'agissait de *Eragrostis tremula*, de *Tephrosia pedicellata* Bak. qui tendait à disparaître de la jachère de 17 ans, de *Tetraneuris linearifolia*, de *Euphorbia macrophylla*, de *Hyptis spicigera*, de *Cassia absus* et de *Walteria indica*. *Zornia glochidiata* et *Indigofera pilosa*, légumineuses d'excellente qualité fourragère, présentes dans les jachères jeunes (entre 1 et 3 ans), n'ont pas été observées dans les jachères âgées. *Andropogon pseudapricus* a été absente dans les jachères d'âge intermédiaire (5 et 10 ans). *Elionurus elegans* et *Hackelochloa granularis* ont été absentes dans la jachère de 17 ans. D'autres espèces ont caractérisé les âges intermédiaires ; il s'agissait de *Ceratotheca sesamoides* et de *Sesbania pachycarpa* (3 et 5 ans). D'autres espèces enfin sont apparues avec l'âge de la jachère : *Hyptis suaveolens*, *Ipomoea argenteaurata* (5 à 17 ans) ou *Indigofera hirsuta* et *Achyranthes argentea* (10 à 17 ans).

Les espèces pérennes ont été peu représentées. Dans le groupe des espèces à BVP, les auteurs ont repéré *Tephrosia pedicellata* qui tendait à disparaître avec l'allongement du temps d'abandon cultural. Sa contribution est apparue ainsi faible, voire insignifiante dans les jachères âgées (recouvrement égal à 0,6 p. 100 dans J17). Dans la catégorie des espèces à MVP, *Schizachyrium nodulosum* a colonisé J17, tandis que *Indigofera secundiflora* et *Euphorbia macrophylla* ont été présentes respectivement dans J1 et J5, donc dans les jeunes jachères. Dans J3, les espèces pérennes rencontrées ont présenté de très faibles recouvrements (< 1 p. 100) ; leur contribution est ainsi devenue insignifiante dans la valeur pastorale.

Tableau I

Composition de la végétation pastorale et recouvrement moyen des espèces des parcelles de jachères soudaniennes de Saré Yéro Bana, Haute Casamance, sud du Sénégal

Genre et espèce	Famille	Is ₁	J1	J3	J5	J10	J17	Rsm (%)
Effectif des relevés			10	22	12	20	18	82
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	Fabaceae	3		11,0		10,3	10,2	10,5
<i>Andropogon pseudapricus</i>	Poaceae	3	20,1	13,6			17,2	17,0
<i>Chloris prierii</i>	Poaceae	3					0,1	0,1
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Poaceae	3		0,1			2,3	1,2
<i>Eragrostis ciliaris</i>	Poaceae	3					0,6	0,6
<i>Eragrostis perbella</i>	Poaceae	3		0,3				0,3
<i>Eragrostis tenella</i>	Poaceae	3		0,7			3,4	2,1
<i>Eragrostis tremula</i>	Poaceae	3	10,1	5,9	20,2	10,7	5,3	10,4
<i>Indigofera senegalensis</i>	Fabaceae	3		0,0				0,0
<i>Panicum laetum</i>	Poaceae	3	0,1				5,4	2,8
<i>Rhynchosia minima</i>	Fabaceae	3				0,1		0,1
<i>Tephrosia bracteolata</i>	Fabaceae	3	0,1		10,0		0,6	3,6
<i>Tephrosia linearifolia</i>	Fabaceae	3	0,1	1,0	1,8	2,9	0,8	1,3
<i>Tephrosia pedicellata</i>	Fabaceae	3	20,1	16,7	14,0	13,8	0,6	11,0
<i>Zornia glochidiata</i>	Fabaceae	3	0,7	0,1	11,0			4,0
<i>Corchorus fascicularis</i>	Tiliaceae	2					0,1	0,1
<i>Cyperus cylindricus</i>	Cyperaceae	2		0,1		0,1		0,1
<i>Cyperus rotundus</i>	Cyperaceae	2					4,8	4,8
<i>Indigofera pilosa</i>	Fabaceae	2	3,0	0,9				2,0
<i>Elionurus elegans</i>	Poaceae	2	15,0	10,8	20,0	22,8		17,1
<i>Hackelochloa granularis</i>	Poaceae	2	10,7	12,9	12,0	10,3		11,5
<i>Fimbristylis ferruginea</i>	Cyperaceae	2	1,6	0,5		0,3		0,8
<i>Indigofera secundiflora</i>	Fabaceae	2	0,7		4,0			2,4
<i>Indigofera aspera</i>	Fabaceae	2	0,3	14,5		10,6	11,4	9,2
<i>Setaria pallide-fusca</i>	Poaceae	2	0,3			0,1	0,6	0,3
<i>Dolichos stenophylla</i>	Fabaceae	2		0,5				0,5
<i>Indigofera dendroides</i>	Fabaceae	2		0,3			0,4	0,4
<i>Indigofera hirsute</i>	Fabaceae	2				1,9	0,6	1,2
<i>Indigofera mucronata</i>	Fabaceae	2		0,5				0,5
<i>Schizachyrium nodulosum</i>	Poaceae	2					4,9	4,9
<i>Achyranthes argentea</i>	Amaranthaceae	1				0,1	0,9	0,5
<i>Blepharis maderaspatana</i>	Asteraceae	1				0,1	0,3	0,2
<i>Cassia absus</i>	Caesalpiniaceae	1	3,0	1,7	8,6	6,1	1,2	4,1
<i>Cassia nigricans</i>	Caesalpiniaceae	1	1,4	1,5		0,6	0,1	0,9
<i>Cassia obtusifolia</i>	Caesalpiniaceae	1		0,1		0,5		0,3
<i>Geratotherca sesamoides</i>	Pedaliaceae	1		0,1				0,1
<i>Cissua vogelii</i>	Convolvulaceae	1				0,1		0,1
<i>Desmodium velutinum</i>	Fabaceae	1				0,1		0,1
<i>Euphorbia glomifera</i>	Euphorbiaceae	1					0,1	0,1
<i>Euphorbia macrophylla</i>	Euphorbiaceae	1	2,1	0,5	3,0	1,8	10,1	3,5
<i>Hibiscus aspera</i>	Malvaceae	1		0,6			0,3	0,5
<i>Hibiscus diphyllo</i>	Malvaceae	1	0,1	0,4	2,0	7,5	3,2	2,6
<i>Hyptis spicigera</i>	Amaranthaceae	1	22,9	21,1	14,0	21,0	17,5	19,3
<i>Merremia aegyptiaca</i>	Convolvulaceae	1		0,2				0,2
<i>Merremia pinnata</i>	Convolvulaceae	1					0,5	0,5
<i>Sesbania pachycarpa</i>	Fabaceae	1		1,4	2,0			1,7
<i>Acalypha segetalis</i>	Euphorbiaceae	0		0,5				0,5
<i>Hyptis suaveolens</i>	Amaranthaceae	0			0,4	0,6	1,2	0,7
<i>Ipomoea argenteaurata</i>	Convolvulaceae	0		0,0	0,2	0,1	0,2	0,1
<i>Ipomoea coptica</i>	Convolvulaceae	0				0,1		0,1
<i>Ipomoea eriocarpa</i>	Convolvulaceae	0		0,1		0,1		0,1
<i>Ipomoea pes-tigridis</i>	Convolvulaceae	0					0,7	0,7
<i>Mitracarpus scaber</i>	Rubiaceae	0		0,0			0,2	0,1
<i>Sida urens</i>	Malvaceae	0		1,2				1,2
<i>Spermacoce chaetocephala</i>	Rubiaceae	0	0,4	0,6		0,1	4,7	1,4

Tableau I (suite)

Composition de la végétation pastorale et recouvrement moyen des espèces des parcelles de jachères soudanienne de Saré Yéro Bana, Haute Casamance, sud du Sénégal

Genre et espèce	Famille	Is _i	J1	J3	J5	J10	J17	Rsm (%)
<i>Spermacoce radiata</i>	Rubiaceae	0		0,0				0,0
<i>Spermacoce stachydea</i>	Rubiaceae	0		3,3	0,4	0,2	6,5	2,6
<i>Stylochiton warneckii</i>	Araceae	0				0,1		0,1
<i>Waltheria indica</i>	Sterculiaceae	0	0,9	0,6	1,2	1,8	10,0	2,9
Richesse floristique		60	21	39	17	30	35	

Is_i : indice spécifique

J1 : jachère de 1 an ... J17 : jachère de 17 ans

Rsm : recouvrement spécifique moyen

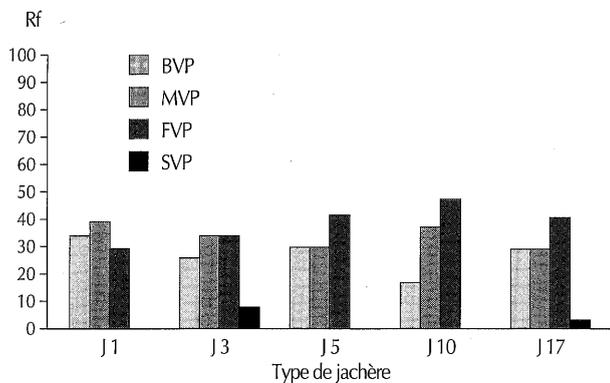


Figure 2 : diversité des différentes catégories d'espèces fourragères (Rf) dans les différentes parcelles de jachère. Plantes : BVP = de bonne valeur pastorale ; MVP = de moyenne valeur pastorale ; FVP = de faible valeur pastorale ; SVP = sans valeur pastorale.

Indice global de qualité des herbages de jachères soudanienne

Le recouvrement spécifique moyen (Rsm) (tableau I) est apparu faible : pour l'ensemble des jachères étudiées, peu d'espèces ont présenté un recouvrement moyen supérieur ou égal à 10 p. 100 ; il s'agissait de *Hyptis spicigera* Lam. (19,3 p. 100), *Elionurus elegans* Kunth. (17,1 p. 100), *Andropogon pseudapricus* Stapf. (17 p. 100), *Hackelochloa granularis* O. Kze (11,5 p. 100), *Tephrosia pedicellata* (11 p. 100), *Alysicarpus ovalifolius* (Schumach. et Thonn.) Léonard (10,5 p. 100) et *Eragrostis tremula* Hochst. (10 p. 100). Dans ce lot, deux espèces seulement, *T. pedicellata* et *A. ovalifolius*, ont présenté un indice de qualité égal à 3 ; ce sont des espèces de bonne valeur pastorale. *E. elegans* est une espèce à moyenne valeur pastorale, tandis que *H. spicigera* (l'espèce la plus abondante) est une plante sans valeur pastorale. Quatre autres espèces, *Indigofera aspera* Perr. ex DC. (6,7 p. 100), *Cassia obtusifolia* L. (6,1 p. 100), *Cyperus* sp. et *Schizachyrium brevifolium* (Sw.) Nees (5 p. 100) ont pu être considérées comme moyennement productives avec un recouvrement de l'ordre de 5 p. 100.

Les valeurs pastorales relatives des espèces ($Vr = Cs_i \times Is_i$) ont été peu élevées. *A. pseudapricus* (35,4), *E. elegans* (23,8), *T. pedicellata* (23), *E. tremula* (21,8), *A. ovalifolius* (21,8), *H. granularis* (15,9), *H. spicigera* (13,4), *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC.

(8,2) et *Tephrosia bracteolata* Guill. et Perr. (7,5) ont présenté les valeurs les plus élevées dans les parcelles de jachère. *H. spicigera*, qui a présenté la contribution spécifique la plus élevée de cette étude (19,3 p. 100), n'est arrivée qu'au sixième rang ; c'est en effet une espèce de faible valeur pastorale ($Is_i = 1$).

Dans l'indice global de qualité des parcours de jachères, les catégories d'espèces fourragères BVP et FVP ont présenté des valeurs pastorales relatives similaires, soit 54,7 (tableau II). Elles ont été plus élevées (35,7) que celles de MVP. La valeur des parcours de jachères en Haute Casamance a été de $48,3 \pm 2,7$ (tableau II). Les contributions des catégories d'espèces dites BVP et FVP ont été équivalentes : 37,7 p. 100 (tableau III) ; elles ont été les plus importantes tandis que celles de MVP n'ont représenté que 24,6 p. 100 de la valeur de l'indice.

Variation de la valeur pastorale en fonction de la durée d'abandon cultural

La richesse spécifique de la flore pastorale a varié selon l'âge de la jachère. Le nombre d'espèces fourragères inventoriées a été de 21 dans la parcelle J1, 39 dans J3, 17 dans J5, 30 dans J10 et 35 dans J17. Elle a été assez variable au cours des cinq premières années, puis elle s'est stabilisée dans les jachères âgées (entre 30 et 35 espèces dans J10 à J17). La richesse spécifique a aussi varié dans les catégories fourragères (figure 3). La répartition de l'effectif des espèces dans les différentes catégories a été assez régulière dans les trois premières années. Dans les jachères âgées, en revanche, est apparue une dominance particulière des plantes FVP au détriment de BVP.

Les contributions spécifiques au spectre fourragère ont montré que les plantes de faible valeur pastorale ont été partout plus importantes que les autres catégories. Elles ont participé en effet pour 40 (J17) à 81 p. 100 (J10) de l'indice global de qualité. Dans la parcelle de 17 ans, les contributions des plantes BVP, MVP et SVP ont été sensiblement équivalentes, soit respectivement 17,2, 19,3 et 23,4 p. 100. La catégorie de plantes SVP n'a pas été représentée dans les classes d'âges inférieures (1, 3, 5 et 10 ans). Les valeurs relatives des différentes catégories fourragères ont varié de 42,5 à 84,6 p. 100 pour les BVP, de 9,2 à 38,6 p. 100 pour les MVP et de 40,1 à 80,9 p. 100 pour les FVP. Elles ont été plus élevées pour les plantes de bonne valeur dans les jeunes jachères. La jachère de 10 ans a renfermé plus d'espèces de faible valeur pastorale que toutes les autres.

La valeur pastorale des parcours de jachères étudiés a varié de 43,4 à 56,3 (figure 3). Elle a sensiblement augmenté dans les trois

Tableau II

Variation des espèces dominantes dans les différents types de jachère et valeur pastorale globale

Catégories	Is _i	Cs _i	Vr *	Rf	Espèces dominantes
BVP	3	18,2	54,7	14	<i>Tephrosia pedicellata</i> , <i>Eragrostis tremula</i> , <i>Andropogon pseudapricus</i> , <i>Alysicarpus ovalifolius</i>
MVP	2	17,9	35,7	21	<i>Hackelochloa granularis</i> , <i>Elionurus elegans</i> , <i>Indigofera aspera</i> , <i>Schizachyrium brevifolium</i> , <i>Cyperus</i> sp.
FVP	1	54,7	54,7	22	<i>Hyptis spicigera</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> , <i>Spermacoce</i> sp., <i>Walteria indica</i>
SVP	0	9,3	0,0	4	<i>Sida urens</i> , <i>Mitracarpus scaber</i>
Valeur pastorale globale : 48,3 ± 2,7					

Is_i : indice de qualité ; Cs_i : contribution spécifique ; Vr : valeurs pastorales relatives des espèces* Vr = Cs_i x Is_i

Rf : richesse spécifique

BVP : plantes de bonne valeur pastorale ; MVP : plantes de moyenne valeur pastorale ; FVP : plantes de faible valeur pastorale ; SVP : plantes sans valeur pastorale

Tableau III

Paramètres d'évaluation de fourrage qualifié et charge animale des parcours de jachères soudaniennes de Saré Yéro Bana en Haute Casamance, sud du Sénégal

Parcelles de jachères	J1	J3	J5	J10	J17
Production (kg MS*/ha)	2 250	2 400	3 250	4 150	4 600
Valeur pastorale brute	50,3	56,4	46,3	44,4	43,4
Recouvrement global (%)	90,0	90,0	80,0	65,0	60,0
Valeur pastorale nette	45,3	50,7	37,0	28,9	26,0
Fourrage qualifié (kg MS/ha)	1 019	1 217	1 202	1 200	1 196
Capacité de charge (ubt**/ha)	0,91	0,93	0,92	0,91	0,91

J1 : jachère de 1 an ... J17 : jachère de 17 ans

* Matière sèche

** Unité de bétail tropical

premières années de 50,3 à 56,3, puis a diminué entre 5 et 17 ans de 46,3 à 43,4. La contribution des différentes catégories n'a pas semblé liée à la richesse spécifique. Dans J3, par exemple, l'effectif des espèces dans les différentes catégories a été équivalent, alors que seules les plantes BVP et FVP ont contribué de manière significative. La parcelle J5, dont la richesse spécifique a été la plus faible, a

présenté une valeur pastorale nettement plus élevée que celle des jachères âgées. Dans les jachères âgées, le nombre d'espèces a été le plus élevé dans la catégorie FVP, tandis que la contribution des catégories fourragères à l'indice global a paru très équilibrée.

Ces résultats ont indiqué une baisse de la qualité fourragère de ces herbages depuis les jeunes jachères jusqu'à la savane reconstituée (J17). Cette baisse a été encore plus accentuée avec la valeur pastorale nette (tableau III). La valeur pastorale nette a été obtenue en pondérant la valeur pastorale par le recouvrement global ou couvert herbacé. Le couvert herbacé a varié de 60 (J17) à 90 p. 100 (J1 et J3). Il a été assez élevé dans les jeunes jachères, comparé à celui observé dans les jachères âgées. L'indice global de qualité et de richesse spécifique déterminé pour ces milieux de jachères soudaniennes a évolué relativement peu dans les parcelles étudiées.

Fourrage qualifié produit et charge animale

Appliquée à la phytomasse herbacée épigée (tableau III), la valeur pastorale nette (VPn) a permis de qualifier le fourrage produit (11). Ainsi, pour les parcelles de jachère âgée (J10 et J17), la production de 4 150 et 4 600 kg/ha/an de matière sèche, avec respectivement une VP de 44 et 43, n'équivaut qu'à 1 200 et 1 196 kg/ha/an de fourrage qualifié. En revanche, dans les jachères jeunes (J1 et J3), les productions de phytomasse de 2 250 et 2 400 kg/ha/an de

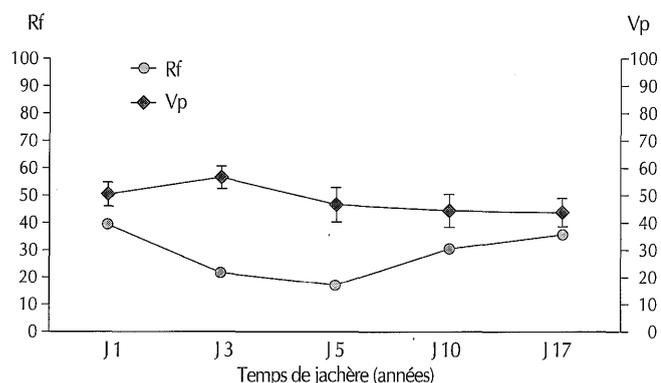


Figure 3 : variations de la valeur pastorale (VP) et de la richesse spécifique (Rf) des parcours de jachères soudaniennes selon le temps d'abandon cultural.

matière sèche, avec une VP de 50 et 56, étaient équivalentes à 1 019 et 1 217 kg/ha/an de fourrage qualifié.

La capacité de charge correspond au nombre de têtes de bétail qu'un parcours peut accueillir et nourrir sans se détériorer. Elle a varié de 0,91 à 0,93 ubt¹/ha. La charge de ces milieux a paru presque entièrement stable. Cette pondération de fourrage qualifié améliore l'estimation de la charge possible en bétail dans les jeunes jachères, car la part de fourrage inutilisée peut être réduite de 50 p. 100 (pertes biologiques au cours de la saison sèche, pertes par les prédateurs, pertes par piétinement...).

■ DISCUSSION ET CONCLUSION

On détermine généralement la valeur alimentaire du fourrage selon deux approches : une approche phytoécologique et une approche zootechnique ou analytique. Pour qualifier le fourrage des parcours de jachères du terroir de Saré Yéro Bana en Haute Casamance, au sud du Sénégal, l'approche phytoécologique qui repose sur la détermination de la valeur pastorale a été utilisée. Les auteurs ont utilisé la valeur pastorale comme une note pour comparer les différents âges des jachères et suivre leur évolution dans le temps pour une utilisation efficace de la végétation de ces milieux. Des observations ont été menées sur des sites pour lesquels aucun contrôle des facteurs du milieu n'avait été *a priori* réalisé. Elles ont alors consisté en des relevés de végétation dans des parcelles de jachère d'âges différents.

La détermination de la valeur pastorale combine la composition, la contribution et l'indice de qualité des espèces herbacées. L'indice de qualité traduit l'intérêt zootechnique de chaque espèce herbacée pour une ou plusieurs espèces animales (9) et a concerné, dans le cadre de cette étude, les bovins, les ovins et les caprins. L'intérêt zootechnique recouvre la palatabilité, la productivité et la valeur alimentaire de l'espèce. Une telle approche présente sans nul doute des forces et des faiblesses.

Faiblesses de la méthode utilisée

Les indices spécifiques sont constants dans le temps et dans l'espace (sahélien, par exemple), alors que les propriétés nutritives d'une espèce varient selon les saisons et les écotypes. De même, la contribution spécifique tient compte aussi bien des espèces fourragères que des espèces non fourragères. Ainsi, si on ajoute des espèces non fourragères dans un parcours composé uniquement d'espèces fourragères, la valeur pastorale baisse. Des auteurs (15) se sont demandés comment cette baisse se justifiait alors que les espèces non fourragères n'entraînaient pas la consommation des espèces fourragères.

La composante animale n'est pas non plus prise en compte dans le calcul de la valeur pastorale. En effet, le type d'animal et les modalités de pâturage ne sont pas spécialement intégrés dans le mode d'évaluation. Il en est de même pour le comportement alimentaire, car les animaux choisissent ce qu'ils mangent et la végétation ingérée est parfois différente de la végétation sur pied. Parce que l'animal choisit sa ration, un parcours de faible valeur pastorale n'est pas forcément de mauvaise qualité et la ration ingérée peut s'avérer excellente. La sélection s'opère à trois niveaux : les organes végétaux, les espèces et les zones de pâturages (17, 18). La méthode s'appuie sur les espèces et les zones de pâturages pour déterminer la qualité des parcours. Elle n'aborde donc pas les organes végétaux.

A propos de ce tri par les animaux, Pechanec et Pickford (24) ont fait remarquer qu'une méthode d'évaluation, pour être efficace, doit répondre à trois critères fondamentaux : la rapidité, la précision et la souplesse. Or, une des raisons de la notion de valeur pastorale est sa simplicité d'utilisation. Si cet indice gagne en précision, il perd en rapidité d'exécution et de souplesse.

Enfin, la méthode utilisée ne considère que le tapis herbacé et ne prend pas en compte les ligneux. En effet, la valeur pastorale n'est opérationnelle que dans les parcours où l'essentiel de leurs ressources est sous forme herbacée (15). C'est le cas des pâturages de jachères de la zone étudiée. Dans les parcours où la strate arbustive occupe une place importante de la ressource, l'étude de la valeur pastorale, basée sur les espèces herbacées, paraît ainsi ne plus suffire pour établir la qualité de la ressource disponible. Malgré ces limites, l'approche permet de montrer l'existence de relations entre la diversité des espèces, le temps d'abandon cultural, le moment d'utilisation et la valeur des parcours de jachères de la Haute Casamance.

Diversité spécifique et valeur des parcours de jachères

La valeur pastorale dépend en premier lieu des espèces présentes dont l'appétabilité conditionne la fréquentation et l'ingestion. Certaines espèces en effet sont recherchées par les animaux du troupeau (espèces très appréciées), d'autres sont consommées à l'occasion sans que les animaux les recherchent, d'autres enfin sont délaissées (espèces non appréciées), parfois même en cas de famine (9). Parmi ces espèces, les unes sont particulièrement intéressantes par leur production (espèces productrices), par leur qualité (espèces de bonne valeur fourragère), d'autres le sont moins. Les Peuhls, qui suivent avec attention le comportement de leur troupeau, savent que certaines herbes, certaines plantes « font du lait, du beurre et/ou de la viande ». Le concept d'indice spécifique de qualité traduit ce classement de l'espèce. Cet indice tient compte de la vitesse de croissance de l'espèce, de sa palatabilité, de son assimilabilité et de sa résistance à la dent. L'indice permet ainsi de situer les espèces les unes par rapport aux autres, des pires (espèces sans valeur pastorale) aux meilleures (espèces dites de bonne valeur pastorale). L'indice nul (espèce sans valeur pastorale) ne signifie pourtant pas que l'animal ne consomme pas la plante, mais plutôt que celle-ci lui est peu profitable. Cette plante joue pourtant un rôle essentiel dans l'amélioration du coefficient d'encombrement.

La valeur pastorale varie aussi avec l'importance (ou abondance relative) des espèces présentes, c'est-à-dire leur contribution (Cs_1 , calculée ici sur la base du recouvrement des espèces) au spectre fourrager. Dans les parcelles de jachères étudiées, une partie importante de la flore herbacée a été représentée par des espèces productives, c'est-à-dire présentant des contributions supérieures ou égales à 1 p. 100 (10). Peu d'entre elles, cependant, ont été de bonne valeur pastorale ; cela a réduit les valeurs relatives pastorales spécifiques et, par conséquent, l'indice global de qualité des parcours.

Par ailleurs, la valeur pastorale est pondérée par le recouvrement ; cela permet de s'affranchir du problème de surestimation. Ainsi, une bonne végétation, caractérisée par une valeur pastorale de 70, donnera au pâturage une valeur de 7, s'il y a 90 p. 100 de sol nu, et 35 s'il y a 50 p. 100 de sol nu.

Temps d'abandon cultural et valeur des parcours de jachères

Enfin, dans les parcours de jachères de Saré Yéro Bana, l'indice global de qualité des pâturages herbacés a varié avec la durée d'abandon cultural. La valeur pastorale a été relativement faible

¹ Unité de bétail tropical, soit un animal de 250 kg de poids vif et consommant 6,25 kg de matière sèche par jour

dans les jachères âgées (10 et 17 ans). Dans ces terres de parcours de jachères âgées, le couvert ligneux est aussi devenu plus important ; cela a réduit considérablement le tapis herbacé. L'indice global de qualité dans la parcelle de jachère de 3 ans a été le plus élevé. Cette jachère s'est caractérisée par la richesse spécifique la plus importante, un nombre d'espèces productives (6 sur 15) plus important (*E. tremula*, *Z. glochidiata*, *E. elegans*, *I. aspera*, *H. granularis* et *H. spicigera*). Dans ce parcours, la végétation ligneuse a été représentée par les *Combretaceae* (*Terminalia* sp. et *Combretum* sp.). Dans certaines zones, des espèces ligneuses des jachères ont été fourragères ; elles ont contribué à l'alimentation du bétail.

Dans les jeunes jachères (1 à 3 ans), la valeur pastorale a été relativement élevée. Toute la matière sèche produite a été entièrement consommée par le bétail entre novembre et janvier ou février (1). Tout s'est passé comme dans les formations sahéliennes à espèces annuelles. Les plantes annuelles constituent en effet l'essentiel du spectre fourrager. Kiéma (22) et Ouédraogo (23) ont aussi montré au Burkina Faso que les plantes annuelles des jachères sont des espèces fourragères de très bonne qualité.

Les jachères anciennes ont donc été pauvres dès le début de la saison sèche, car leur tapis herbacé a été essentiellement constitué de grandes graminées : *Andropogon pseudapricus* et *Schizachyrium* sp., par exemple. Malgré une forte production, la capacité de charge de ces parcours n'a pas été supérieure à celle des jeunes jachères (0,91 ubt/ha). Elles deviennent toutefois utiles dans la pleine saison sèche, car après le passage des feux de brousse, les plantes herbacées pérennes rejettent pour remplacer les pâturages herbacés (d'espèces annuelles) déjà épuisés. César et Zoumana (8), étudiant la végétation de deux parcelles de jachère, l'une récente, l'autre ancienne, soumises à une pâture intensive montrent que la valeur pastorale d'une jachère dépend beaucoup plus de l'intensité d'utilisation que de son âge ou de son stade d'évolution vers la savane. Ils constatent en fait que les valeurs pastorales de ces deux milieux sont similaires malgré une proportion beaucoup plus importante de graminées vivaces dans la jachère ancienne.

Moment d'utilisation et valeur des parcours de jachères

Les parcours de jachères sont ouverts au bétail toute l'année, tout au moins pour le troupeau local. Ils sont donc parcourus continuellement. Toutefois, du fait des activités champêtres et de l'accessibilité de ces parcours, la période d'utilisation optimale se limite à la saison des pluies pour les jachères âgées. Les jeunes jachères servent généralement de remparts pour protéger les cultures. Entre novembre et janvier, les parcours de jachères sont peu fréquentés car les adventices et les résidus de culture sont directement pâturés sur les champs. En milieu et en fin de saison sèche, les animaux reviennent sur les parcelles de jachère pour y exploiter les feuilles, ou fruits de ligneux et la paille.

Dans des conditions d'élevage extensif, les parcelles de jachère représentent une source importante de fourrages. L'indice global de qualité peut constituer un indicateur essentiel de valeur fourragère de ces parcours en l'absence d'analyses bromatologiques, généralement longues et onéreuses. La contribution des jachères à l'alimentation du bétail est d'autant plus importante qu'elle assure, en saison des pluies, une grande partie des productions animales annuelles. L'utilisation des pâturages de jachères par le bétail devrait donc permettre de diversifier les sources d'alimentation du bétail et, ainsi, de réduire la pression qui s'exerce sur les zones de parcours naturelles. En effet, la jachère en tant qu'espace pastoral prendra toujours plus de valeur au fur et à mesure que les parcours naturels seront réduits pour laisser place aux cultures (6).

Dans le cadre des programmes de gestion intégrée des terroirs (utilisation pastorale des parcelles de jachère), une période de trois ans d'abandon cultural semble suffisante pour que l'animal tire un profit maximal de la végétation herbacée des parcelles de jachère. Dans ces milieux, l'animal contribue aussi à améliorer la fertilité des sols par ses déjections (féces, urines) ; cela peut considérablement réduire le temps de jachère nécessaire à la remontée (naturelle) de la fertilité des sols. Au-delà, l'équilibre entre les différentes catégories d'espèces fourragères est rompu et les plantes FVP deviennent généralement plus abondantes. Les milieux de jachères, bien que très modifiés par les activités humaines, sont indubitablement assez productifs, au sens écologique du terme. Ils représentent une source alimentaire particulièrement intéressante pour le bétail. Toutefois, il semble important de poursuivre les recherches pour comparer la valeur pastorale et la capacité de charge des jachères et des parcours naturels du sud du Sénégal.

Les quantités en éléments nutritifs et la digestibilité du matériel végétal produit déterminent la valeur alimentaire (7), mais la valeur pastorale représente un élément d'appréciation important dans l'évaluation des terres de parcours. L'utilisation de la phytomasse herbacée pour la production secondaire se heurte presque toujours, en effet, au problème de la qualité fourragère.

BIBLIOGRAPHIE

- 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.
- BANOIN M., ACHARD F., 1998. Place des jachères dans les systèmes d'élevage et comportement alimentaire du bétail sur un terroir du sud-ouest (Ticko) du Niger. In : Floret C., Pontanier R. eds, Jachère et systèmes de production en Afrique de l'Ouest. Paris, France, Orstom, p. 99-110.
- BARRAL H., BENEFICE E., BOUDET G., DENIS J.F., DE WISPELAERE G., DIAITE I., DIAW O.T., DIEYE K., DOUTRE M.P., MEYER J.F., NOEL J., PARENT O., PIOT J., PLANCHENAU D., SANTOIR C., VALENTIN C., VALENZA J., VASSILIADIS G., 1983. Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo. ACC/Grizat (LAT). Paris, France, Isra/Orstom, 172 p.
- BERHAUT J., 1967. Flore du Sénégal. Dakar, Sénégal, Clairafrique, 445 p.
- BLANFORT V., 1991. Phytosociologie et production de la végétation des parcours d'une petite région agropastorale de Moyenne Casamance (Sénégal). Analyse de la variabilité pour une application à l'étude des systèmes d'alimentation des ruminants. Maisons-Alfort, France, Cirad-emvt, 127 p.
- BONETTI C., JOUVE P., 1991. Jachères et systèmes agraires en Afrique subsaharienne : synthèse bibliographique. In : Amélioration et gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest. Dakar, Sénégal, Coraf/UE/IRD.
- BREMAN H., DE RIDDER N., 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Paris, France, Acct/Karthala, 485 p.
- CESAR J., ZOUMANA C., 1991. Conséquence de l'accroissement démographique sur la qualité de la jachère dans le nord de la Côte d'Ivoire. In : Floret C., Serpantié G. eds, La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris, France, Orstom, p. 415-434. (Colloques et séminaires)
- DAGET P., GODRON M., 1995. Pastoralisme : troupeaux, espaces et sociétés. Paris, France, Hatier/Aupelf.
- DAGET P., POISSONET J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. *Ann. Agron.*, **22** : 5-41.
- DAGET P., POISSONET J., 1991. Notion de valeur pastorale. *Repères*, **2** : 4-8.
- FANCHETTE S., 1994. Gestion d'un espace pastoral en expansion, le Fuladu (région de Kolda, Sénégal). Rapport de stage. Paris, France, Orstom, 8 p.

13. FELLER C., LAVELLE P., ALBRECHT A., NICOLARDOT B., 1991. La jachère et le fonctionnement des sols tropicaux : rôle de l'activité biologique et des matières organiques. Quelques éléments de réflexion. In : Floret C., Serpantié G. édés, La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris, France, Orstom, p. 16-32. (Colloques et séminaires)
14. FLORET C., SERPANTIE G. édés, 1991. La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris, France, Orstom, 494 p. (Colloques et séminaires)
15. GARDE L., SENN O., 1991. Valeur pastorale et parcours méditerranéens. In : Gaston et coll. édés, actes 4^e Congrès international des terres de parcours, Montpellier, France, avril 1991, p. 458-461.
16. HIERNAUX P., FERNANDEZ-RIVERA S., SCHLECHT E., TURNER M.D., WILLIAMS T.O., 1998. Livestock-mediated nutrient transfers in Sahelian ecosystems. In: Renard G., Neef A., Becker K., von Oppen M. Eds, Soil fertility management in West African land use systems. Weikersheim, Germany, Margraf Verlag, p. 339-347.
17. HIRCHE A., 1994. Sur la notion de valeur pastorale. *Parcours demain* (n° spécial) : 85-88.
18. ICKOWICZ A., USENGUMUREMYI J., BADIANE A., RICHARD D., COLLEYE F., DUPRESSOIR D., 1998. Interactions entre jachère et systèmes d'alimentation des bovins. Choix technique et dynamique de développement (zone soudanienne, Sénégal). In : Floret, Pontanier édés, La jachère et les systèmes de production en Afrique de l'Ouest. Paris, France, Orstom, p. 123-138.
19. JOUVE P.M., 1991. Usages et fonctions de la jachère en Afrique de l'Ouest et au Maghreb. In : Floret C., Serpantié G. édés, La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris, France, Orstom, p. 55-66. (Colloques et séminaires)
20. KAREMBE M., YOSSE H., DIALLO M., COULIBALY M., 1998. Jachères et système d'élevage en zone soudanienne du Mali (terroir villageois de Missira). In : Floret, Pontanier édés, La jachère et les systèmes de production en Afrique de l'Ouest. Paris, France, Orstom, p. 100-122.
21. LEBRUN J.P., STORK A., 1991, 1992, 1995. Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale, 4 volumes. Genève, Suisse, Conservatoire et Jardin botaniques.
22. KIEMA S., 1992. Utilisation pastorale des jachères dans la région de Bondoukuy, zone soudanienne du Burkina Faso. Mémoire DESS, Gestion des systèmes agrosylvopastoraux en zone tropicale, université de Paris XII, France, 89 p.
23. OUEDRAOGO M., 1993. Ecologie comparée de deux espèces de graminées pérennes, *Andropogon ascinodis* C.B. Cl. et *Schizachyrium sanguineum* (Retz.), dans la région de Bondoukuy (Burkina Faso). Mémoire IDR, université d'Ouagadougou, Burkina Faso, 72 p.
24. PECHANEC J.F., PICKFORD G.D., 1937. A comparison of some methods used in determining percentage utilisation of range grasses. *J. Agric. Res.*, **54**: 753-765.
25. PNUE, 1988. Introduction au projet Ecosystèmes pastoraux sahéliens : rapport général. Gems, Série : Sahel. Rome, Italie, PNUE/ONU-AA, 145 p.
26. RICHARD D., AHOKPE B., BLANFORT V., POUYE B., 1991. Utilisation des zones agricoles et pastorales par les ruminants en zone soudanienne (Moyenne Casamance, Sénégal). In : Gaston et coll. édés, actes 4^e Congrès international des terres de parcours, Montpellier, France, avril 1991, p. 759-762.
27. RIPPSTEIN G., 1991. Une méthode d'étude et de classification des pâturages de savane. In : Gaston et coll. édés, actes 4^e Congrès international des terres de parcours, Montpellier, France, avril 1991, p. 1435-1436.
28. SING J.S., LAUENROTH W.K., STEINHORST R.K., 1975. Review and assesment of various techniques for estimating an aerial primary production in grasslands from harvest data. *Bot. Rev.*, **41**: 181-232.

Accepté le 20.11.2003

Summary

Akpo L.E., Masse D., Grouzis M. Length of Fallow Period and Pastoral Value of Herbaceous Plants in the Sudanese Zone of Senegal

The pasture value of Sudanese fallows was determined for the Sare Yero Bana soil of High Casamance in Senegal by studying fodder diversity and the global quality index. Fodder diversity was higher in young fallow rangelands. In old fallows, on the other hand, species with low pastoral value were relatively more abundant. The global quality index of rangelands markedly increased in fallow first years, peaked the third year because of grass abundance and sparse woody cover, then decreased between years 5 and 17. The decrease of the fodder quality of fallow rangelands was even more pronounced when estimating the net pastoral value. The cattle carrying capacity of young fallows improved when ponderation of "qualified" fodder was taken into account, because the amount of unused fodder could be reduced by 50%. The global quality index is therefore an essential indicator of rangelands fodder quality, which can be used without the need for chemical and/or bromatological analyses.

Key words: Livestock – Rangeland – Grazing land – Feed crop – Fallow – Quality – Senegal.

Resumen

Akpo L.E., Masse D., Grouzis M. Duración del barbecho y valor pastoril de la vegetación herbácea en la zona sudanesa

Se determinó el valor pastoril de las parcelas en barbecho sudanesas, en la zona de Saré Yéro Bana, en Alta Casamancia, mediante el estudio el espectro forrajero y el índice global de calidad de las tierras de trayecto. Se observó una mayor diversidad de especies forrajeras en los terrenos en barbecho reciente. En las parcelas más viejas, se observó, por el contrario, una abundancia relativa de especies de bajo valor pastoril. El índice global de la calidad de los terrenos aumentó sensiblemente durante los primeros años de abandono de cultivo, culminando durante el tercer año gracias a la abundancia de gramíneas y a la baja cobertura de leñosas, disminuyendo luego entre 5 y 17 años. Esta disminución en la calidad forrajera de los terrenos en barbecho fue todavía más acentuada cuando se evaluó el valor pastoril neto. La toma en consideración de la ponderación del forraje "calificado", mejoró la carga de ganado de los barbechos recientes, debido a que la porción de forraje no utilizado pudo reducirse a 50%. En ausencia de cualquier análisis químico o bromatológico, el índice de calidad puede así constituir un indicador esencial de la calidad forrajera de los terrenos.

Palabras clave: Ganado – Tierra de pastos – Tierra de pastoero – Planta forrajera – Barbecho – Calidad – Senegal

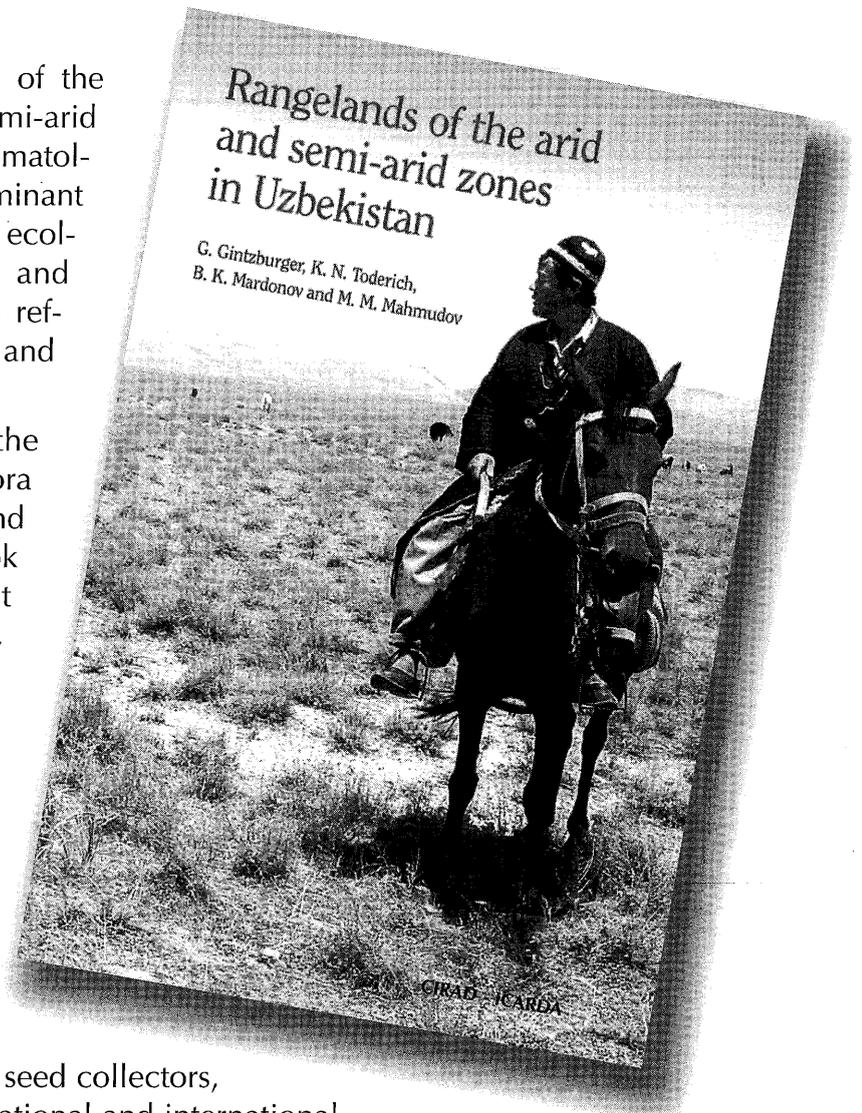
Rangelands of the Arid and Semi-Arid Zones in Uzbekistan

G. Gintzburger, K.N. Toderich, B.K. Mardonov and M.M. Mahmudov

This book presents a panorama of the biodiversity of the arid and semi-arid regions of Uzbekistan, their climatology and native flora (about 150 dominant range species are described) with their ecology, fodder properties, utilization and range rehabilitation techniques, with reference to other Mediterranean arid and semi-arid zones of the world.

It also describes the location, the particular ecology and the specific flora and fauna of the natural reserves and national parks of Uzbekistan. The book is abundantly illustrated with about 550 high quality color photographs, 14 figures, 20 tables and 9 maps.

It is hoped that this book will contribute to a better understanding of these challenging arid environments and towards the conservation and rational use of their fragile and unique natural resources. It should also provide a valuable resource and reference for livestock owners, range managers, pastoralists, ecologists, conservationists, botanists, seed collectors, veterinarians, extension officers and national and international decision-makers in developing a sustainable management strategy for the Middle and Central Asian rangelands. This work is offered in hopes of a better future for the people of Uzbekistan and for the region as a whole.



(in English)
2003
ISBN 2-87614-555-3
92-9127-137-8
432 p.
70 €

Orders:
La librairie du Cirad
Avenue d'Agropolis
TA 283/04
34398 Montpellier Cedex 5
Tel. : +33 (0)4 67 61 44 17
Fax : +33 (0)4 67 61 55 47
E-mail : librairie@cirad.fr

Approche de la diversité des systèmes d'élevage laitiers à la Réunion

V. Alary^{1,2} S. Messad¹ C. Taché³ E. Tillard⁴

Mots-clés

Classification – Système d'exploitation agricole – Analyse factorielle – Elevage – Lait – Réunion.

Résumé

Les effets de changements de l'environnement économique, réglementaire et technique des exploitations sur leur fonctionnement et leurs performances diffèrent en fonction des dotations initiales des exploitants, de leur projet, des modes d'organisation et de conduite des systèmes productifs, des possibilités d'investissement, etc. Cependant, il est difficile de saisir l'exhaustivité des cas et seule la construction d'une typologie peut permettre de saisir la diversité des exploitations pour approcher les effets différenciés de ces changements, comme pour ajuster la recherche et le développement aux besoins et aux structures variées dans un territoire donné. La typologie réalisée pour caractériser la diversité des exploitations laitières à la Réunion résulte d'un processus de construction itératif qui s'est appuyé sur certains principes de la typologie à dire d'expert en recourant aux méthodes multivariées. Cette typologie est construite sur la base d'enquêtes et d'entretiens réalisés auprès des éleveurs et des différents partenaires de la filière : coopératives, agences de développement, autorités locales, centre de gestion.

■ INTRODUCTION

Les effets de changements de l'environnement économique, réglementaire et technique sur le fonctionnement et les performances technico-économiques des exploitations diffèrent généralement en fonction des dotations initiales des exploitants (cheptel vivant, foncier, travailleurs familiaux ou salariés), de leur projet, des modes d'organisation et de conduite des systèmes productifs, des possibilités d'investissement, etc. Les activités non agricoles par la mobilisation de main d'œuvre comme la génération de revenu au sein de l'exploitation peuvent freiner le processus d'adaptation comme

faciliter les changements, fournissant à la fois sécurité et moyens monétaires. Dès lors, l'exploitation est un système complexe dont la gestion familiale comme l'histoire des hommes créent souvent un certain particularisme dans le fonctionnement global. Cependant, il est difficile d'étudier l'exhaustivité des cas et seule la construction d'une typologie peut permettre de saisir la diversité des exploitations, pour approcher les effets différenciés de changements extérieurs, comme ajuster la recherche et le développement aux besoins et aux structures variées dans un territoire donné. En effet, ces approches typologiques ont l'insigne avantage de fournir un ensemble de données de référence aux agents du développement pour apprécier la teneur des changements actuels et d'ajuster la formulation du conseil technico-économique aux exploitations.

Ainsi, à la Réunion, à la demande de la coopérative laitière (Sica Lait) et avec le concours de différents agents du développement (EDE¹, U-APF², Centre de gestion), un projet de recherche et

1. Cirad-emvt, TA 30/A, Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France

2. Icarda, 6 rue Ibn Rach, 2080 Nouvelle Ariana, Tunisie
E-mail : veronique.alary@cirad.fr

3. Ensar, 65 rue de St Briec, 35042 Rennes Cedex, France

4. Cirad-emvt, station de Ligne-Paradis, 7 chemin de l'Irat, Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre, Réunion

¹ Etablissement département élevage

² Union des Associations foncières pastorales

développement Cirad-pôle élevage a été initié en 2000 pour approcher et évaluer les effets à court et moyen termes d'événements divers (modification des prix, des aides, des règlements, innovation technique) sur les systèmes d'élevage laitier. Dans un contexte de saturation foncière et de remise en cause du modèle productiviste dans la société, la demande d'installation d'agriculteurs sur un espace restreint pose aussi des problèmes de viabilité économique et d'acceptabilité sociale. Face à ces enjeux, l'analyse typologique doit permettre d'identifier des exploitations type, caractérisant la diversité des modes de fonctionnement des exploitations, qui serviront de référence pour approcher les effets de changements technologiques ou institutionnels, et ce, à l'aide d'un modèle de programmation mathématique à l'échelle de ces exploitations types. Aussi, la typologie est une étape dans le processus d'identification et de caractérisation des pôles de développement de l'élevage laitier (ou encore des exploitations de référence), pour alimenter des modèles d'exploitation nécessaires aux simulations dynamiques. Dans un objectif de représentativité de la totalité des exploitations réunionnaises, cette étape permet aussi de poser les bases d'une typologie « à dire d'expert ».

L'approche typologique, bien ancrée dans l'analyse du fonctionnement des exploitations en France, a conduit à de nombreux développements méthodologiques (25). On peut citer deux grandes familles : les typologies à dire d'expert et les typologies élaborées à partir d'enquêtes réalisées en exploitation dont le traitement s'appuie sur des analyses multivariées. La typologie réalisée à la Réunion résulte d'un processus de construction itératif qui s'est appuyé sur certains principes de la typologie à dire d'expert en recourant aux méthodes multivariées. Cette typologie est construite sur la base d'enquêtes et d'entretiens réalisés auprès des éleveurs et des différents partenaires de la filière. Il s'agira donc de présenter, à ce stade du processus de caractérisation des exploitations, la méthode utilisée pour approcher et caractériser la diversité des exploitations laitières à la Réunion et de voir comment la typologie permet de répondre à des questions de développement comme la viabilité différenciée des exploitations selon le degré d'intensification.

■ MATERIEL ET METHODES

Evolution des approches typologiques des exploitations

Les typologies d'exploitations agricoles se sont progressivement construites et inscrites dans une démarche de recherche et de diagnostic du fonctionnement des exploitations, qui s'appuie sur un corpus conceptuel relatif à la modélisation systémique du fonctionnement global de l'exploitation, de sa trajectoire d'évolution, du système famille-exploitation (3, 16, 23). Les typologies répondent à différentes questions : cadre d'analyse pour l'étude de problèmes techniques, formulation de conseil technico-économique aux exploitants, étude prospective d'impacts de changements de politiques économiques ou de changements techniques. L'avantage de l'approche fonctionnelle ou globale des exploitations est de pouvoir resituer une problématique de développement ou de recherche dans un cadre commun pluridisciplinaire pour les chercheurs ou pour les agents du développement (8, 17).

Les méthodes typologiques ont connu des évolutions remettant peu en cause les concepts de trajectoire d'évolution ou de fonctionnement global des exploitations, mais davantage l'approche méthodologique. Une des premières méthodes a été développée à la fin des années 1970 et au début des années 1980 pour accompagner la démarche de l'approche globale du fonctionnement des exploitations (4). Elle s'appuie sur un système d'enquêtes approfondies sur un échantillon raisonné d'exploitations et résulte de comparaisons

« de proche en proche » sur les classes voisines de fonctionnement permettant le regroupement en types. Ces types, définis par un ensemble d'éléments discriminants, permettent d'organiser la production de références en fonction de la diversité des situations, mais aussi d'identifier des trajectoires d'évolution (5).

Face à une demande sociale évolutive en termes d'opérationnalité des typologies (mise au point de procédure d'actualisation, typologie à des fins prospectives, prise en compte des nouvelles fonctions de l'agriculture, notamment environnementales), de nouvelles méthodes ont été développées (17). Une première méthode issue de l'approche classique est basée sur une analyse comparative conduite par itération qui permet de définir un ensemble de fonctions qui discriminent le mieux les systèmes d'exploitations ; ces fonctions combinées déterminent des axes multivariés qui constituent alors une grille d'analyse où se positionnent les types d'exploitations, définis par un ensemble organisé de critères discriminants. La représentation graphique de la grille d'analyse permet d'identifier des groupes qui structurent la population étudiée et des filiations entre groupes voisins. Une deuxième méthode (à dire d'expert) s'est développée dans un objectif de fournir une méthodologie utilisable par les différents intervenants du milieu agricole, sans recourir à des enquêtes approfondies et en s'appuyant sur des connaissances préexistantes. Le principe fondamental de cette méthode est la construction de types « par agrégation autour de pôles virtuels définis à dire d'experts » (25, 26, 27). Chaque type est ensuite décrit à partir de l'analyse statistique des données disponibles. Autrement dit, il ne s'agit plus de rechercher les facteurs discriminants de la population, mais davantage de mesurer le degré de ressemblance d'une exploitation à un type construit à partir de la connaissance des experts du terrain. En conséquence, les types construits ne changent pas au cours du temps, même si de nouveaux types peuvent être élaborés ou certains supprimés. En revanche, les individus peuvent évoluer d'un type à l'autre.

Ces deux approches typologiques s'opposeraient en apparence aux méthodes de classification issues des analyses statistiques multivariées dont le principe est de raisonner sur un nombre quelconque d'objets à classer, sans *a priori* ou hiérarchie sur les objets. Les principaux inconvénients des méthodes statistiques seraient de deux ordres : (i) le choix arbitraire des modalités ou variables pour caractériser les types ; (ii) la non-prise en compte de la dimension historique. S'il est certes difficile de dégager des trajectoires d'évolution à partir d'une typologie instantanée, on peut toutefois émettre des hypothèses sur des logiques d'évolution ou du moins dégager des filiations entre types à partir de l'analyse des proximités des types sur le plan factoriel. En outre, il est difficile pour l'individu de prendre en considération l'ensemble des facteurs pour expliquer un fonctionnement global et l'analyse statistique multivariée présente l'avantage de travailler sur un nombre quelconque de données et ainsi de saisir la complexité des systèmes d'exploitations. Cette méthode permet, dès lors, de mettre en évidence des liens entre fonctions ou critères peu apparents *a priori*. Ou *a contrario* de reléguer au second plan un facteur qui semblait *a priori* déterminant des modes de fonctionnement. Dans les pays du Sud, ces approches constituent un moyen d'aborder la diversité et la complexité des systèmes pour analyser la place de l'élevage à l'intérieur des systèmes d'exploitation et comprendre la cohérence des choix et des actions dans leur globalité (20, 22). Par ailleurs, ces approches sont aussi souvent la base pour la construction d'un réseau de fermes de référence en vue de la mise en place de suivi de performances zootechniques ou sanitaires ou, plus généralement, le développement de projets de recherche et développement englobant la diversité des cas (14, 21).

Cependant, ces avantages ne doivent pas faire oublier le caractère parfois arbitraire du choix des variables qui conditionne les types

obtenus. A ce titre, l'analyse factorielle multiple (Afm) présente l'avantage de raisonner sur un ensemble de variables reflétant une fonction ou des attributs discriminants, définis à partir de la connaissance du terrain. En outre, l'étude comparée des fonctions ou attributs autorise des analyses en termes de corrélation ou encore de cause à effet (13) et la position des individus pour les fonctions ou thèmes donnés permet d'approcher plus facilement la diversité intra-groupe et d'émettre des hypothèses d'évolution. Les auteurs ont ainsi étudié la diversité des exploitations laitières de la Réunion à l'aide de l'Afm.

Contexte de l'approche typologique raisonnée des élevages laitiers à la Réunion

L'élevage laitier à la Réunion s'est développé dans les années 1960-70 grâce aux politiques de développement économique et social des Hauts de l'île et notamment à la mise en place du Plan d'aménagement des Hauts (réforme foncière, développement d'infrastructure, aide à la création de prairies, etc.). Les années 1980 ont été marquées par le développement d'un ensemble de soutien spécifique à l'activité laitière, notamment grâce à la création du Fonds de développement laitier qui a servi au soutien du prix du lait, au financement des opérations de collecte, de qualité du lait, etc., mais aussi à la mise en place des Plans de développement laitier (Pdl) pour favoriser les investissements agricoles. Les événements conjugués du début des années 1990 (changement du mode de collecte, arrivée d'un nouveau transformateur, crise de la dermatose, mise en place du revenu minimum pour les sans-emploi) ont été les stimulants d'un nouveau développement de l'activité laitière, basé selon un modèle qui se veut à la fois viable, reproductible et orienté vers la production. Ainsi, les nouveaux plans de développement laitier visent aujourd'hui la mise en place d'exploitations comptant un minimum de 30 vaches laitières.

La Sica lait compte aujourd'hui près de 150 adhérents. Ce nombre limité explique qu'un suivi rapproché des éleveurs est possible, à la fois par les techniciens de la Sica Lait, mais aussi par les différents partenaires de la filière. En outre, depuis une quinzaine d'années, le Cirad a mis en place des suivis auprès des éleveurs qui permettent aujourd'hui d'avoir une bonne connaissance de l'évolution des différents types d'élevages laitiers en fonction de leur localisation géographique qui conditionne les modes d'utilisation de l'espace (2), de leurs performances (30) et des changements techniques, notamment en matière d'affouragement (24). C'est donc sur la base de ce corpus de connaissances que s'est mise en place l'analyse du fonctionnement des exploitations. Compte tenu des finalités multiples de cette typologie (approche de la viabilité économique des exploitations, constitution d'une base de références technico-économiques, construction de modèles d'exploitation en vue de leur formalisation dans un outil d'aide à la décision), la démarche a visé l'élaboration d'une typologie de fonctionnement global des exploitations pour avoir une situation des exploitations au temps t et comprendre les principaux choix d'orientation des exploitants, selon les contraintes environnementales, techniques et économiques.

Le fonctionnement des exploitations a été appréhendé par un système d'enquêtes individuelles auprès des exploitants, d'entretiens auprès des différents partenaires de la filière lait (coopérative, administration, Centre de gestion, etc.) et de restitution des résultats en groupe afin de les valider ou de les confronter à nouveau à la réalité du terrain. Une première enquête a été conduite auprès des 20 exploitations en suivi de performance au Cirad, choisies selon des critères géographiques et de performances zootechniques. Il s'agissait de confirmer, de rectifier ou d'approfondir les principaux critères de différenciation des élevages définis par les agents ou techniciens du développement et discutés lors d'une

réunion de groupe, c'est-à-dire : la vitesse de croissance du cheptel depuis 10 ans, la stratégie d'affouragement, la préparation de la succession ou non. Cette enquête auprès des chefs d'exploitation a été axée sur l'histoire de la famille et de l'exploitation (constitution du cheptel, du foncier, etc.) depuis son installation, les principaux systèmes d'affouragement et les projets des éleveurs en matière d'élevage, de succession et de diversification. Parallèlement, ont été collectées les données de suivi technico-économique et comptable auprès de l'EDE et du Centre de gestion. A partir de cet ensemble de données, une première typologie a été réalisée à l'aide de méthodes multivariées. Le choix des variables a résulté essentiellement des hypothèses de regroupement émises par les agents de développement. Cette première typologie a permis à la fois de détecter l'absence de certaines catégories d'exploitation – pourtant identifiées par les agents de la filière – mais aussi d'affiner, voire de reconsidérer, les types définis à dire d'expert, lors des entretiens de groupe avec les agents du secteur laitier. Ainsi, ont été identifiées de nouvelles exploitations à enquêter, conduisant à un échantillon final de 32 exploitations, soit 20 p. 100 de la population des éleveurs laitiers de l'île. A l'enquête préliminaire s'est ajoutée une enquête approfondie permettant de comprendre les liens entre les résultats technico-économiques ou comptables et les stratégies des éleveurs identifiées dans le premier questionnaire. Cette dernière enquête a été axée sur les pratiques de gestion du troupeau et de l'alimentation.

L'analyse typologique séparée des données socio-structurelles et économiques collectées en 2000 sur 32 exploitations laitières a permis d'identifier des groupes d'exploitations laitières par un ensemble de variables très disparates (28). Les principaux facteurs de différenciation socio-structurelle ont été le degré de capitalisation (taille du cheptel, état du foncier) et la vitesse de constitution de ce capital (aspects historiques) ; la typologie économique a distingué les exploitations en fonction des résultats d'exploitation (proportionnel au degré de capitalisation) et du niveau d'endettement (lié à l'histoire de l'exploitation). Cependant, ce travail a abouti à deux typologies qui ne se juxtaposaient pas. Des petites exploitations se trouvaient appartenir à deux groupes économiques différents en fonction du mode de gestion du troupeau, de la maîtrise du processus de production ou encore du stade de développement. Des exploitations pouvaient avoir des résultats d'exploitation relativement proches alors qu'elles divergeaient dans les modes de fonctionnement. Il devenait alors difficile de saisir à la fois la complexité et la cohérence entre les groupes.

Les difficultés d'interprétation des résultats ont conduit à travailler sur des groupes de variables ou de modalités reflétant une certaine fonction, situation ou évolution d'une partie ou de toute l'exploitation. Ces ensembles de variables ou modalités sont appelés des thèmes. Le choix des thèmes suppose la définition de sous-composants d'un système global. Partant de l'approche systémique des exploitations, qui offre une représentation à la fois synthétique et cohérente du mode de fonctionnement de l'exploitation, ont été définis les thèmes de « système fourrager », « conduite du cheptel » et le système de pilotage qui comprend « historique de l'exploitation » et « projets et autres activités ». Cependant, ont été distingués les thèmes tels que « charges d'alimentation », « contraintes » (relatives à la zone) et « transactions » (achat et vente de fourrages) pour appréhender le degré d'autonomie fourragère ou alimentaire, défini comme un élément clé de différenciation par la coopérative (tableau I).

Dès lors, les thèmes utilisés dans l'analyse multivariée ont été construits à partir : (i) de l'analyse système du fonctionnement des exploitations visant à comprendre le fonctionnement de l'exploitation selon les dotations initiales, l'histoire de l'exploitant, les choix et les itinéraires de production, les projets dans et hors exploitation

Tableau I

Structuration en thèmes des informations collectées sur les exploitations

Thèmes	Composantes
Structure et fonctionnement des exploitations	
Capital de l'exploitation	Social, foncier, cheptel, aides à l'investissement
Système fourrager	Allocation de la terre, mode de récolte
Conduite du cheptel	Structure, chargement, production, alimentation
Contraintes	Zones, ressources fourragères, main d'œuvre
Transactions	Fourrages, lait, animaux
Historique de l'exploitation	Caractéristiques du chef d'exploitation, histoire de l'exploitation
Projets et autres activités	Souhait familial et professionnel
Résultats économiques	
Budget	Charges, subventions, trésorerie
Charges d'alimentation	Structure des charges d'alimentation
Résultats	Marge brute, excédent brut d'exploitation, valeur ajoutée, productivité
Bilan	Structure actif/passif
Endettement	Structure des emprunts, dépendance financière

(reflétant les objectifs des éleveurs à moyen et long termes) ; (ii) d'une analyse des comptes d'exploitation reflétant les modes de gestion de trésorerie à court terme et la solidité de l'exploitation à plus ou moins long terme ; (iii) des critères de différenciation à dire d'expert. L'analyse comparée des thèmes doit permettre de comprendre la cohérence entre les choix de production, les décisions d'investissement et les projets à moyen-long terme, par rapport aux résultats technico-économiques. En effet, le fonctionnement de l'exploitation résulte justement de l'articulation d'un ensemble de données (données de structure comme la taille de l'exploitation, données contraignantes comme le climat et les caractéristiques physiques du sol, données sociales comme le retour d'un fils et l'origine du chef d'exploitation, etc.) qui, à un moment donné de la vie de l'exploitation, donne une image cohérente de la situation, des choix et des actions de ce système. Isoler ou identifier des sous-composantes revient donc à effectuer un découpage fictif au temps t.

L'analyse factorielle multiple comme outil d'analyse de la diversité

L'Afm fait partie des méthodes factorielles multitableaux. Elle permet de mettre en évidence les relations existant entre des variables regroupées en blocs, en recherchant les facteurs communs de différenciation des individus statistiques. Cette recherche peut se subdiviser en deux sous-analyses : (i) une analyse globale (interstructure) qui aide à évaluer les corrélations entre les différents groupes de variables sans aller dans le détail des éléments qui

les différencient ; (ii) une analyse fine (intra-structure) qui fournit des éléments d'explication des différences et des ressemblances entre ces groupes.

Les aspects théoriques de la méthode ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche et n'ont donc pas été détaillés (9, 10, 12, 15, 18). Dans cette étude, les auteurs se sont limités à une présentation simplifiée du principe et de la démarche analytique de l'Afm.

La structure des tableaux multiples est celle que l'on rencontre en pratique dans les enquêtes. Il s'agit d'un tableau X à n individus (les exploitations) et p variables (les questions des enquêtes, les éléments des comptes et des bilans d'exploitation) résultant de la juxtaposition de K tableaux à m_k variables tels que :

$$X = (X_1, \dots, X_i, \dots, X_k) \text{ et } p = m_1 + \dots + m_i + \dots + m_k$$

A chaque bloc de questions (ou thème) correspond un tableau décrivant les mêmes individus (en ligne) par des variables différentes (en colonne) (18) et contenant (à l'intersection de chaque ligne et de chaque colonne) la réponse d'un éleveur à une question de l'enquête ou une mesure du bilan (figure 1). Les variables quantitatives sont transformées en variables qualitatives après examen attentif de leur distribution. Puis, les tableaux thématiques sont transformés en tableaux disjonctifs où les variables sont remplacées par leurs modalités et les réponses par 0 ou 1. Les lignes sont équipondérées tandis que l'on associe à chaque colonne un poids égal à (I - I_k) / I (où I_k est le nombre d'individus possédant la modalité k et I le nombre d'individus total) dont la somme par tableau est ramenée à l'unité. Ceci vise à équilibrer l'influence de chacun des tableaux.

L'influence d'un groupe de variables sur un autre se mesure à l'aide de la valeur de l'inertie. Ces différences d'inertie s'expliquent non seulement par l'intensité des relations intra-tableaux, mais aussi par le nombre de variables et leur nature (quantitative ou qualitative). En attribuant à chacune des variables un poids inversement proportionnel à la première valeur propre de l'analyse factorielle partielle du groupe auquel elle appartient, l'Afm équilibre le rôle de chacun des thèmes dans l'élaboration de la typologie globale. Concrètement, chaque groupe de variables voit son inertie ramenée à l'unité sans changement de la répartition de l'inertie entre les axes factoriels (7). L'Afm effectue ainsi l'analyse des structures des tableaux qui ont été conservées grâce à la pondération.

L'insigne avantage de l'Afm est donc de raisonner, d'analyser la variabilité intergroupe et intra-groupe par rapport à des ensembles de variables reflétant un mode de fonctionnement, un degré de performance ou de viabilité de l'exploitation (1). L'articulation des thèmes s'interprète à la fois en termes d'analyse du fonctionnement global de l'exploitation et en termes de corrélation entre les thèmes (13). Les analyses et les représentations graphiques ont été réalisées à l'aide du logiciel ADE-4 (29).

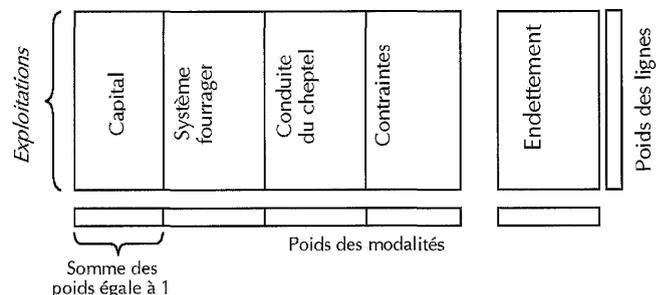


Figure 1 : structure K tableaux et pondérations associées soumises à l'analyse factorielle multiple.

■ RESULTATS

Analyse interstructure et intra-structure

L'Afm autorise deux types d'analyse : i) l'analyse interstructure, c'est-à-dire l'analyse des relations ou des corrélations entre groupes de variables (figure 2) ; ii) l'analyse intra-structure, c'est-à-dire l'analyse des corrélations entre exploitations sur le plan factoriel commun pour l'un ou l'autre des thèmes et, par conséquent, l'appréciation de la variabilité intra-groupe (figure 3).

Analyse interstructure

L'analyse interstructure est la comparaison globale des tableaux thématiques, c'est-à-dire la réalisation d'une typologie des thèmes. Cette comparaison s'effectue via un système d'axes communs aux groupes de variables. Les coordonnées d'un groupe s'interprètent en termes de liaison globale des variables de ce groupe avec les facteurs communs à l'ensemble des groupes. On peut aussi interpréter les proximités des points en termes de ressemblance entre thèmes.

L'analyse interstructure détermine aussi le plan commun de représentation des variables et des individus, dit « plan moyen ». Ce modèle commun aux différents thèmes est le résultat d'une double optimisation. L'Afm calcule des facteurs qui synthétisent au mieux les corrélations entre toutes les modalités quel que soit leur groupe.

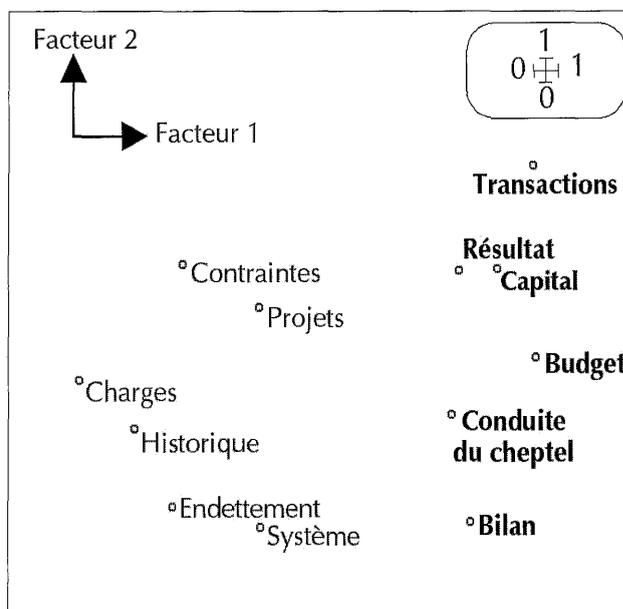


Figure 2 : représentation des thèmes sur le plan 1-2 de l'interstructure de l'analyse factorielle multiple. En gras, les thèmes les plus contributifs aux facteurs communs.

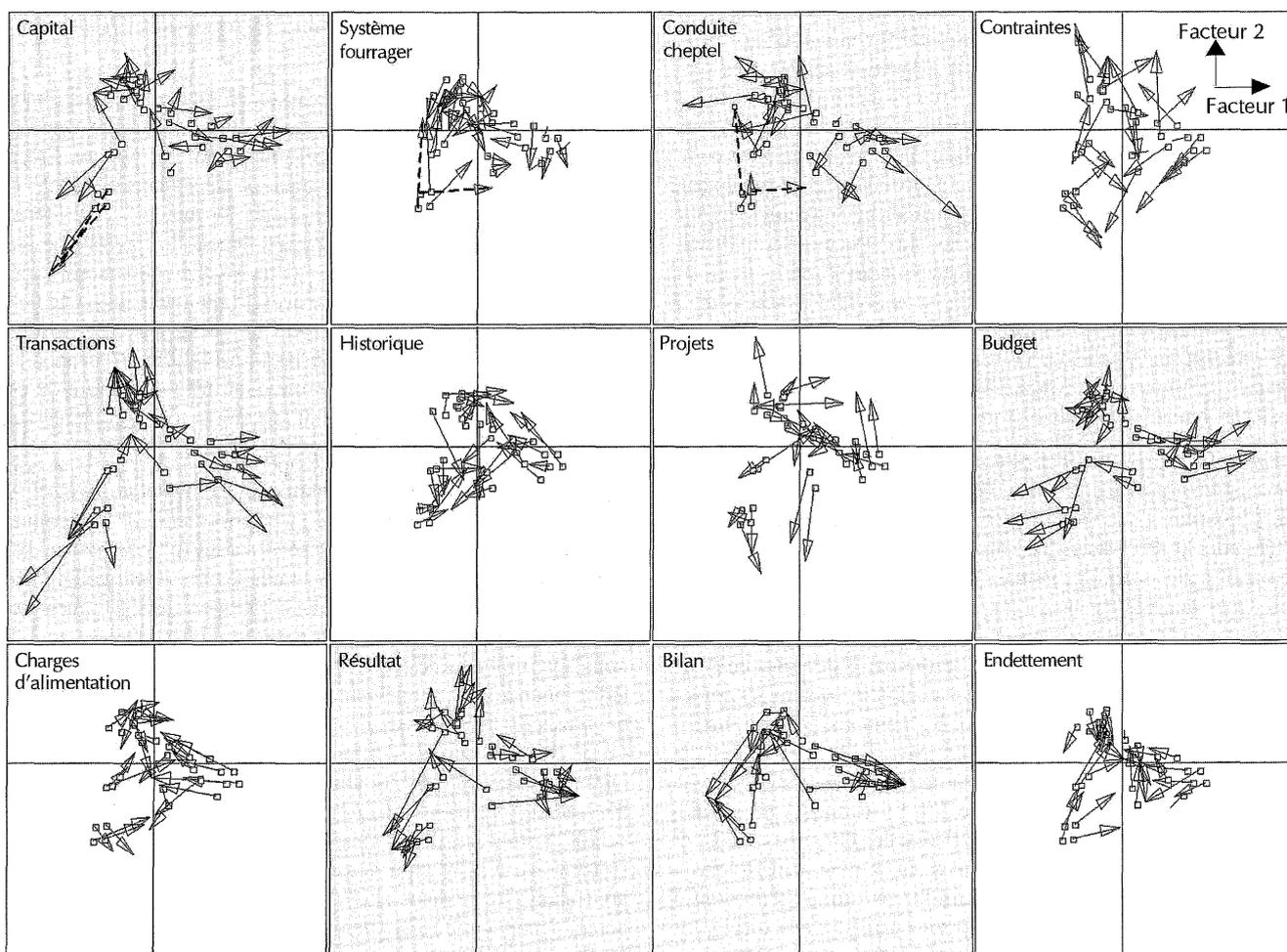


Figure 3 : analyse de l'intra-structure. Représentation des écarts entre élevages moyens et mêmes élevages vus selon les différents thèmes (projection en éléments supplémentaires, extrémité de la flèche) sur le plan factoriel compromis 1-2. En grisé, les thèmes les plus contributifs au plan factoriel commun.

Ce sont également des axes qui maximisent la variabilité entre les individus. Le plan moyen, à l'instar du plan factoriel d'une analyse factorielle simple, permet par exemple d'identifier les modalités clés de différenciation de la population.

La projection des thèmes a révélé le rôle fortement structurant des thèmes « capital », « transactions » et « résultat » sur le plan moyen (1*2), alors que les thèmes relatifs aux « conduites du cheptel », au « bilan » et au « budget » ont structuré l'axe 1 (figure 2). Si les résultats d'exploitation – critère de viabilité économique de l'exploitation – ont davantage été liés au capital vivant et immobilisé de l'exploitation, la conduite du cheptel est apparue fortement conditionnée par le budget, et, donc, la trésorerie disponible et les subventions reçues.

Enfin, la plupart des projets d'exploitation ou projets familiaux se sont élaborés en fonction des contraintes familiales (main d'œuvre disponible) ou environnementales, alors que l'histoire des exploitations ou encore le niveau d'endettement, qui pourraient freiner ou motiver de nouveaux investissements, n'ont pas constitué des facteurs discriminants dans la population étudiée. Ceci s'explique en partie par l'histoire récente du développement laitier à la Réunion, largement inscrite dans les projets publics de réhabilitation des Hauts de l'île. Aussi, pour encourager l'installation d'ateliers laitiers, un système d'aide à l'investissement par le crédit a été accordé à la majorité des exploitations adhérentes à la coopérative.

Analyse intra-structure

Chaque exploitation pouvait aussi être décrite par des thèmes différents. Aussi une analyse fine des structures communes aux différents thèmes a été réalisée grâce à la projection en éléments supplémentaires des individus partiels (c'est-à-dire les individus vus sous l'angle d'un thème particulier) sur les axes du plan moyen commun (figure 3). L'analyse globale de la figure montre comment les individus s'écartent pour certains thèmes et se rejoignent, en se rapprochant de la moyenne générale, pour d'autres, et elle permet donc de détecter les thèmes les plus structurants ou discriminants de la population. Appelée aussi analyse intra-structure, cette analyse permet de détecter chez les individus proches sur le plan moyen commun les thèmes qui les opposent. Ainsi, il est possible d'identifier les thèmes les plus structurants à l'intérieur d'un groupe d'exploitations, comme de caractériser la variabilité résiduelle à l'intérieur de chaque groupe.

On retrouve, sur le premier plan factoriel commun, le rôle fortement structurant des thèmes liés au capital et aux résultats d'exploitation. La disposition triangulaire des individus permet d'identifier et de caractériser trois pôles : sur l'axe 1, se dessinent deux pôles qui isolent les grandes exploitations laitières de plus de 55 vaches laitières sur au moins 15 ha de cultures fourragères et les petites exploitations de moins de 20 vaches laitières sur moins de 5 ha. On peut parler d'effet de taille entre des structures en groupement agricole d'exploitations en commun (Gaec) qui comptent plus de trois actifs agricoles et les petites structures individuelles qui comptent parfois un seul actif ; l'axe 2 est fortement structuré par des exploitations de taille moyenne, entre 20 et 35 vaches laitières, sur des surfaces de 5 à 15 ha situées principalement dans les Hauts de l'Ouest et la Plaine des Grègues, les Lianes et St Pierre. Les fortes ressemblances sur le plan « historique » et « contraintes » permettent d'identifier un groupe d'anciennes structures qui, soit par expérience soit en raison des difficultés physiques du milieu, ont acquis une gestion prudente de leur exploitation.

On observe aussi que des exploitations voisines au niveau de leur structure (« capital ») ou des résultats économiques (« résultats »)

(signalées en pointillés) s'écartent en matière de conduite du cheptel ou de systèmes d'affouragement. Ainsi se dessinent déjà les principales caractéristiques de la diversité des exploitations laitières à la Réunion intergroupes ou intra-groupes.

Typologie des exploitations laitières

Les coordonnées factorielles des axes moyens obtenus par l'Afm ont été utilisées pour réaliser une classification ascendante hiérarchique (CAH) qui permet de ne retenir que l'essentiel de l'information contenue dans les tableaux pour discriminer les exploitations. Cette CAH permet de définir des groupes d'exploitations laitières les plus homogènes possible. La typologie réalisée sur les sept premiers axes factoriels permet de faire émerger des groupes très proches sur le plan factoriel moyen 1-2 qui synthétisent les ressemblances et les oppositions entre six types d'exploitations laitières différentes.

La projection des classes d'éleveurs laitiers sur le premier plan montre une première opposition entre les classes 2 et 3 et les quatre autres classes sur l'axe factoriel 1 (figure 4). On distingue les grandes et moyennes structures des plus petites qui se différencient aussi en termes de budget et de résultats du bilan. Les quatre groupes qui représentent les plus petites exploitations se différencient sur l'axe 2, facteur de l'intensité et des types de transactions, qui pourrait aussi s'appeler l'axe des stratégies économiques alimentaires en situation de pression foncière, que cette pression provienne de l'exiguïté des parcelles ou des contraintes physiques du milieu.

Type 2 (Egaec). Grandes exploitations basées sur un système mixte fourrage-pâturage

Le type 2 représente les grandes exploitations ayant le plus important cheptel laitier (plus de 55 vaches présentes), sur plus de 35 ha de terres dont au moins un tiers en pâture. La plupart de ces exploitations, qu'elles soient en Gaec ou de statut individuel, ont connu une croissance importante depuis les années 1990. Situées dans les Hauts, les prairies sont généralement des prairies de graminées tempérées dont plus de 15 ha sont récoltés sous forme d'ensilage balle ronde. Mais ces éleveurs pratiquent aussi une forte complémentation en concentré : plus de 13 kg par vache laitière par jour pour des rendements de 10 à 15 000 l/ha. Cependant, il s'agit de la consommation totale de concentré et nombre de ces exploitations se diversifient aujourd'hui par l'engraissement de jeunes taurillons et le développement d'un atelier génisse.

Ces exploitants ont bâti leur capital foncier, cheptel et matériel sur plus de vingt ans. Aujourd'hui, ils possèdent un équipement presque complet : chaîne d'ensilage en balles rondes enrubannées, salle de traite, voire hangar à foin et nouveau bâtiment pour un atelier génisse. Cependant, si les prêts de moyen et long termes pour les gros investissements sont en partie remboursés, ces exploitations sont obligées de recourir à de nombreux emprunts de court terme pour le fonctionnement de leur exploitation et notamment pour assurer les charges de structure qui représentent près de 42 p. 100 des charges d'exploitation. Si ce groupe présente les meilleurs résultats d'exploitation en termes de chiffre d'affaires et d'excédent brut d'exploitation, les indicateurs de rentabilité et de solidité restent fragiles en raison, d'une part, des fortes charges de structure et, d'autre part, des emprunts de court terme. Des gains pourraient être réalisés par le biais d'un meilleur rationnement, notamment par un recours plus raisonné aux concentrés, mais aussi par le biais de contrats de travail ou d'associations plus appropriés pour les exploitations hors Gaec.

Ces exploitations font office aujourd'hui de modèles pour l'élevage laitier à la Réunion et la plupart des éleveurs poursuivent

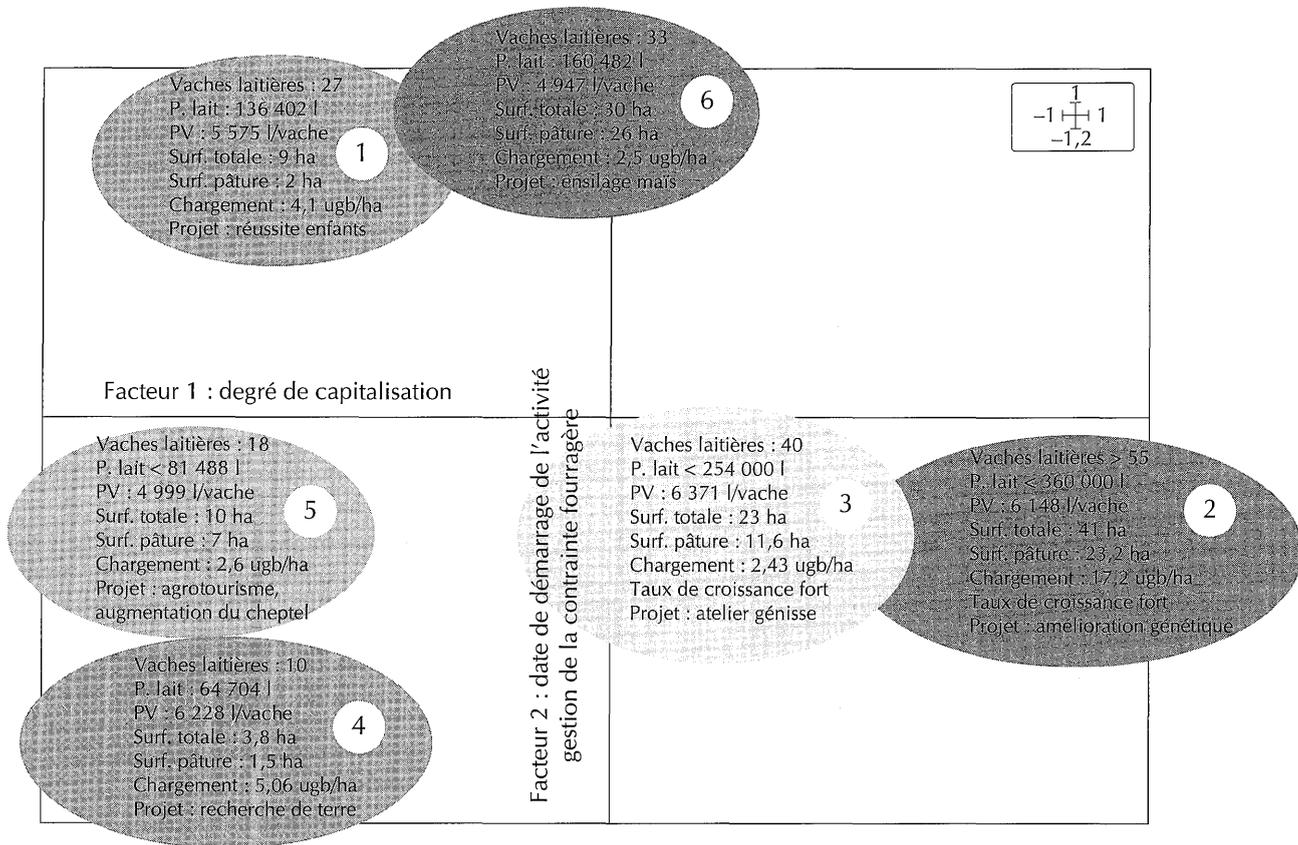


Figure 4 : groupes de la typologie des exploitations laitières sur le plan factoriel commun 1-2 de l'analyse factorielle multiple.

toujours des objectifs d'amélioration de la productivité laitière par l'importation de génisses et aussi par l'investissement dans des semences de taureaux améliorateurs.

Type 3 (EpdL). Exploitations de type Plan de développement laitier ayant une bonne autonomie fourragère

Le type 3 comprend les exploitations intermédiaires entre les grosses structures et les plus petites. Ces exploitations comptent un troupeau moyen de 35 à 55 vaches laitières sur 15 à 35 ha de prairies à dominante graminées tempérées. Ces exploitations laitières relativement récentes se sont constituées après 1990 avec l'aide d'un plan de développement laitier. Bien qu'autonomes en matière d'affouragement (vente d'un surplus fourrager à l'extérieur), ces exploitations recourent à des quantités importantes de concentrés : 10-13 kg de concentrés/vache/j (soit entre 6 et 7 000 kg de concentrés/vache/an) pour atteindre leur objectif de production laitière, ce qui explique en partie le niveau élevé des charges opérationnelles (plus de 53 400 € par an). Si ces exploitations sont autonomes du point de vue fourrager par rapport à leur besoin, on ne peut parler d'autonomie alimentaire. Cette stratégie d'alimentation peut s'expliquer en raison du faible coût des concentrés à la Réunion et du fort taux de rémunération du fourrage à la vente.

A la différence du type 2, les exploitations du type 3 semblent mieux maîtriser leur charge de structure qui représente moins d'un tiers des charges d'exploitation. Ceci est essentiellement lié au non-recours à des salariés permanents. Ces exploitations en fin de Pdl sont dans une phase de remboursement des prêts de moyen et long termes et préfèrent donc recourir à des stagiaires ou ouvriers saisonniers pour éviter d'alourdir les charges de structure. Malgré une autonomie fourragère relativement élevée, ces exploitations enregistrent d'importantes charges opérationnelles. Le détail des charges opérationnelles révèle la part non négligeable des frais d'élevage et des

fournitures diverses qui s'explique en partie par les caractéristiques des chefs de ménage. En effet, il s'agit pour beaucoup d'entre eux de jeunes qui ont reçu une formation professionnelle en élevage et sont soucieux de cadrer avec leur enseignement. L'expérience et l'assurance progressive dans leur appareil de production permettront progressivement de réduire les frais superflus. Dans les charges de structure, on note la part importante des charges locatives relatives au foncier ; en effet, ces jeunes se sont installés sur des terres en location ou fermage, entraînant des coûts actuels importants.

Ainsi ces exploitations entament aujourd'hui une phase de consolidation (maintien du troupeau en l'état) qui passe par le remboursement progressif des emprunts de long terme. Leur souhait à terme est d'alléger leur charge de travail par l'embauche d'un ouvrier, mais aussi de se diversifier par l'investissement dans l'immobilier ou le foncier. Ces projets soulignent le caractère spéculatif que revêt l'activité laitière dans leur exploitation.

Type 6 (Epat). Exploitations de type « extensif » sur pâture

Les exploitations de type 6 sont très proches de celles de type 1 sur le plan factoriel commun, mais elles se distinguent par le système fourrager. Elles se distinguent également des autres groupes de par une alimentation sur pâture de Kikuyu, système qui domine dans l'élevage laitier des Hauts de l'Ouest. Les chefs d'exploitation, fils de planteurs de canne, se sont installés dans les Hauts avant 1990, largement incités par le développement des politiques d'aide à l'installation des années 1980 et début 1990. Ces exploitations enregistrent de faibles performances laitières, liées aux problèmes récurrents d'affouragement : moins de 5 000 l/vache/an avec près de 10-13 kg de concentrés/vache laitière/j. Elles ont recours de préférence au foin de *Chloris* ou résidus de canne presque toute l'année, ce qui représente avec les concentrés près de 64 p. 100 des charges variables.

Ainsi, pour ces exploitations, le choix de la conduite alimentaire sur pâturage de Kikuyu résulte davantage des conditions physiques et climatiques de la zone que d'une stratégie extensive de conduite : la plupart des terres sont difficilement mécanisables et l'intensité des périodes de sécheresse ne permet guère l'implantation de graminées telles que le dactyle ou le Ray-grass. En revanche, ces exploitations souhaitent développer ou développent des parcelles situées plus dans les Bas pour faire du maïs ensilage en silos taupinières.

Type 1 (Efauch). Exploitations ayant une gestion économique prudente

Le type 1 regroupe des structures d'exploitation relativement anciennes (installation avant 1985), situées majoritairement dans la Plaine des Grègues ou St Joseph. Ces éleveurs ont le plus souvent hérité de l'exploitation de leur père. Elles sont dotées d'un troupeau de 20 à 35 vaches laitières sur 9 ha en moyenne, soit un chargement moyen de 4,1 ugb²/ha *. Malgré cette forte contrainte foncière, ces exploitations recourent modérément aux concentrés : moins de 10 kg /vache/j, tout en maintenant de meilleures performances que le type 6 (soit 5 000-6 000 l/vache/an). Cette gestion prudente des charges de complémentation explique en partie le très bon taux de rentabilité brute d'exploitation enregistré (plus de 45 p. 100).

Le mode d'affouragement est essentiellement basé sur la fauche en vert quotidienne. Ce système d'affouragement est bien sûr lié aux contraintes régionales, mais aussi au morcellement du parcellaire qui rend difficile tout projet de mécanisation, excepté quelques exploitations qui pratiquent de l'ensilage de balles rondes enrubannées de *Chloris* et parfois de Brome dans des zones plus propices.

Il faut noter le faible niveau d'endettement (moins de 25 p. 100), qui allège les charges financières. Ainsi, à la différence de l'ensemble des autres types, le type 1 se caractérise par une situation économique et financière très stable, grâce à une gestion prudente, et ce, malgré une faible autonomie fourragère.

Type 4 (Ehors). Exploitations de type hors sol

Ce type regroupe les exploitations comptant un troupeau de moins de 20 vaches laitières sur moins de 5 ha. Il s'agit d'un système quasiment hors sol qui se développe depuis à peine cinq ans, en raison de la forte pression foncière dans les bassins laitiers, notamment celui de la plaine des Cafres. De fait, ces exploitations sont très fortement dépendantes de l'extérieur pour leur affouragement. Dans la plupart d'entre elles, sont distribués plus de 13 kg de concentré/vache/j. Il en résulte, du point de vue économique et financier, de fortes charges d'alimentation qui s'élèvent à plus de 1 300 € par vache. L'achat des concentrés représente entre 35 et 41 p. 100 du prix du lait. Ces exploitations connaissent aussi une forte pression financière à court terme en raison du recours fréquent aux emprunts et à la quasi-absence de fonds de roulement.

Pour l'instant, le principal objectif de ce groupe est bien sûr l'assurance d'un revenu pour la famille dans un contexte de fortes contraintes de trésorerie à court terme. Il faut noter que certains chefs d'exploitation de ce groupe se consacrent à l'élevage laitier depuis moins de cinq ans, après avoir pratiqué d'autres activités (parfois non agricoles). Dès lors, ils ont le souci de former rapidement un capital suffisant pour assurer la viabilité de leur exploitation. Les autres sont plus orientés vers la cession de leur activité à leurs enfants et investissent en vue de la succession.

Type 5 (Ejeun). Jeunes exploitations en cours de constitution

Le type 5 rassemble les exploitations en phase de constitution de leur cheptel dont l'objectif est d'agrandir le troupeau de plus de

50 p. 100. A l'instar du type 4, ces exploitations connaissent une forte contrainte foncière (moins de 5 ha de surfaces totales) qui est maîtrisée du point de vue économique par le choix d'un système peu productif : les charges d'alimentation représentent moins du tiers des charges totales pour une productivité inférieure à 4 500 l par vache. Les apports fourragers de l'exploitation sont assurés par une fauche quotidienne en vert.

Si les exploitations des types 4 et 5 ont des structures voisines (petit cheptel, forte contrainte foncière et d'affouragement), elles se distinguent par le mode de financement de l'activité. A la différence du type 4, les exploitations du type 5 réduisent au minimum l'utilisation de concentrés, préférant axer leur effort sur la valorisation de leur foncier. En outre, ces nouvelles exploitations en voie de constitution bénéficient de prêts et d'aide à l'installation de moyen et long termes, ce qui allège la contrainte de trésorerie à court terme. Par rapport au type précédent, le type 5 se caractérise par une gestion plus prudente de la trésorerie.

Il s'agit de jeunes exploitants localisés en zone périurbaine (zone du Tampon, à proximité de St Pierre, pour la plupart) qui ont développé cette activité avec un souhait de se diversifier vers l'agrotourisme. Ce groupe se situe donc à l'opposé des exploitations spécialisées dont l'objectif est d'accroître toujours plus leur rendement laitier par vache. En outre, il leur est difficile aujourd'hui d'accroître leur cheptel sans terres supplémentaires. Les souhaits d'investissement à court terme portent davantage sur l'équipement de la salle de traite et les bâtiments.

Les types 4 et 5 se distinguent des autres types par le faible niveau de soutien extérieur, essentiellement lié à la taille de l'exploitation, puisque la majorité des primes et des subventions annuelles sont fonction, soit de la surface, soit du nombre d'ugb, soit d'une combinaison des deux (indemnité spécial montagne, détaxe gasoil, primes à la conservation des génisses, etc.). On est surpris aussi de noter la faible part des charges d'alimentation dans les charges totales pour deux types d'exploitation qui connaissent d'importants problèmes d'affouragement en raison de la modicité des parcelles. Le détail des charges opérationnelles montre d'importantes charges vétérinaires dont le montant peut être proche de celui des plus grosses structures pour un cheptel trois à quatre fois moindre. Dès lors, un des problèmes majeurs de ces exploitations est la maîtrise des soins sanitaires dans le cadre d'un modèle fortement intensif, peut être plus propice aussi aux maladies.

L'histoire des exploitations à la Réunion comme la caractérisation des groupes permet d'ébaucher des hypothèses d'évolution pour certains types d'exploitation (figure 5). Ainsi, le type 5 des petites exploitations (Ejeune) se trouve à l'intersection entre le groupe des petites exploitations en difficulté, des moyennes exploitations de 25-30 vaches laitières ayant acquis une bonne stabilité et solidité financière, et des moyennes exploitations de 40 vaches laitières ayant poursuivi leur investissement grâce aux Pdl. Il est vrai que le cheminement du type 5 vers les moyennes exploitations est fortement dépendant de la question foncière. Sous contrainte de faible disponibilité foncière, les exploitations de ce groupe peuvent soit s'acheminer vers le type 1 grâce au maintien des aides à l'installation et à la capitalisation, soit stagner et se retrouver dans le type 4 au bout de quelques années.

L'analyse des groupes donne une première approche de la diversité des exploitations à la Réunion en fonction de leur date d'installation, de leur taille et de leurs modes de gestion de l'alimentation qui se distinguent de la gestion du système fourrager. Elle permet d'élaborer un premier diagnostic sur les atouts et les faiblesses de chaque type d'exploitation. De l'analyse statique se dégagent aussi différentes voies ou modes d'évolution des exploitations laitières qui pourraient se décliner en deux principaux modes : changement

* Unité de gros bétail par hectare

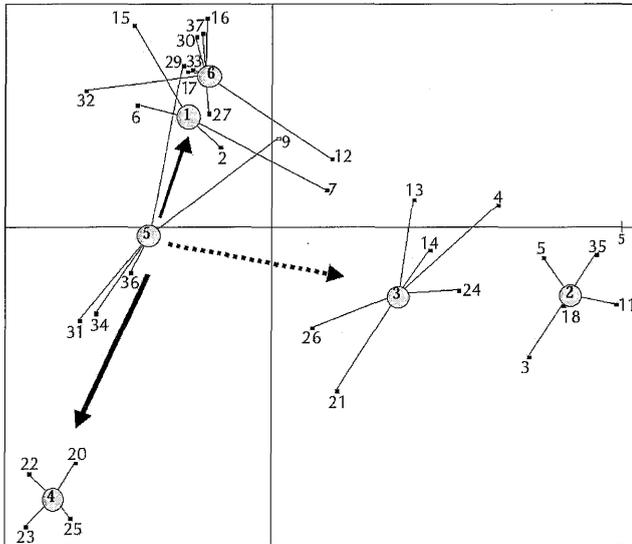


Figure 5 : hypothèses d'évolution des types d'exploitation. Représentation des centres de gravité des groupes de la typologie élevages laitiers et connexion des élevages d'un même groupe à l'aide d'un segment, sur le plan factoriel commun 1-2 de l'analyse factorielle multiple.

structurel lié à la capitalisation ou décapitalisation – largement induit par les politiques de soutien à l'élevage bovin comme les Pdl – et adaptation par les facteurs liée en partie à un changement des modes d'alimentation (19).

Changements structurels ou adaptation

Pour approfondir ces hypothèses d'évolution par changement de structure ou d'adaptation, les groupes d'exploitation ont été comparés selon le degré d'intensification (coût de production/ugb) et les changements structurels (nombre d'ugb/actif) (figure 6). Si le groupe des grandes exploitations (Etagaec) a tendance à augmenter le nombre d'ugb par actif (changement structurel) alors que les exploitations de type Pdl (EpdI) tentent davantage de s'intensifier, ces deux groupes sont situés aux frontières des axes et ont bien des conduites combinées. Seul le groupe des petites exploitations de type hors sol (Ehors) joue la carte de l'intensification. Pour ce groupe, l'intensification semble un passage obligé alors qu'il s'agit plus d'un choix ou modèle de conduite pour les exploitations de type Pdl (EpdI). Les exploitations de la plaine des Grègues et de St Joseph ont tendance à intervenir plus sur la structure alors que les deux derniers groupes (Epat et Ejeun) sont dans une situation incertaine qui rend difficile tout processus d'intensification ou de changement structurel.

Les nuages de points des exploitations reflétant la structure des charges selon la taille de l'exploitation (exprimée en nombre d'ugb) montrent une certaine homogénéité des coûts variables (entre 750-1 500 €/ugb) pour les exploitations de taille moyenne (entre 30 et 40 ugb), avec de fortes disparités au-delà et en deçà (figure 7). Près de la moitié des petites exploitations de moins de 20 ugb et des grandes exploitations de plus de 40 ugb ont des charges variables supérieures à 1 500 € par ugb. Il s'agit essentiellement des plus petites exploitations qui comptent à peine 15 ugb ou des exploitations de 50 à 60 ugb. Si les premières souffrent incontestablement d'un problème de forte dépendance au marché pour l'alimentation du bétail, il s'agirait pour les moyennes d'un problème de maîtrise des frais d'élevage et des petites fournitures d'entretien. En revanche, ce sont essentiellement les moyennes structures (entre 30 et 40 ugb) qui enregistrent les plus gros écarts en matière de charges structurelles (figure 8). Ce sont ces mêmes

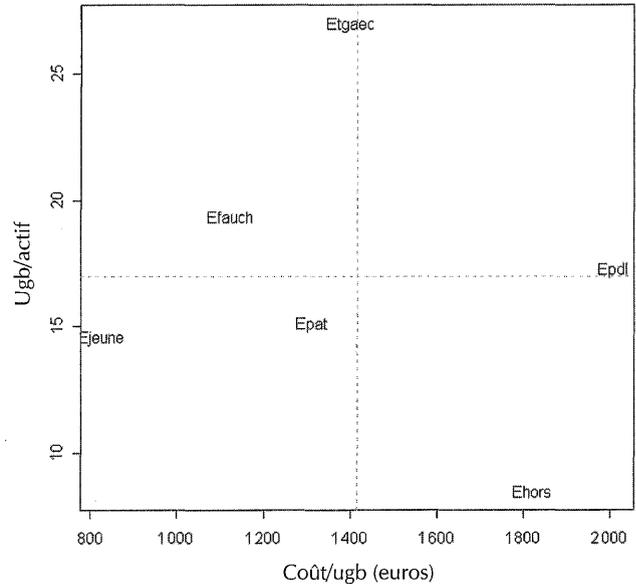


Figure 6 : représentation du nombre d'ugb par actif en fonction des coûts de production par ugb pour les types d'exploitations laitiers (Etagaec = grandes expl. basées sur système mixte fourrage-pâturage ; Epdl = expl. type Plan de développement laitier avec bonne autonomie fourragère ; Epat = expl. type extensif sur pâture ; Efauch = expl. avec gestion économique prudente ; Ehors = expl. type hors sol ; Ejeun = jeunes expl. en cours de constitution). Représentation du point moyen en trait pointillé.

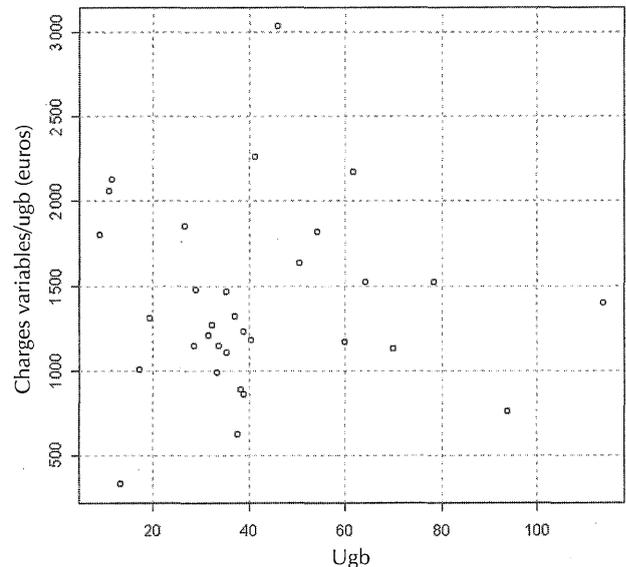


Figure 7 : représentation des charges variables par ugb en fonction du nombre d'ugb par exploitation.

exploitations qui enregistrent des charges moyennes en main d'œuvre de 18 320 € (contre 6 870 € pour les exploitations qui enregistrent des charges de structure de moins de 610 €/ugb). Ainsi, il est possible de distinguer deux seuils difficiles dans l'évolution des exploitations : i) le changement structurel relatif au travail pour le passage à plus de 40 ugb pour les exploitations de moins de 2 UTA (actif agricole) ; ii) la gestion de l'alimentation pour les petites et grandes unités, liée respectivement à la gestion de la pénurie pour les petites exploitations et la maîtrise de l'alimentation pour les plus grandes.

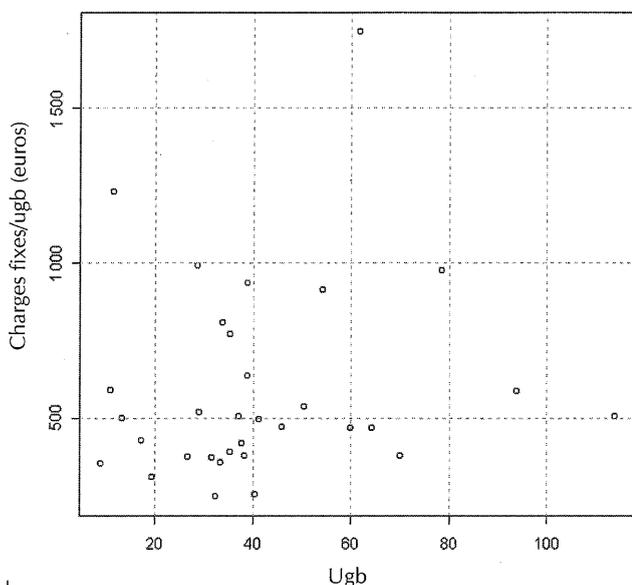


Figure 8 : représentation des charges fixes par ugb en fonction du nombre d'ugb par exploitation.

La représentation des courbes moyennes – obtenues par régression locale (6) – des coûts de production, des produits d'exploitation et du chiffre d'affaires (produit + primes et subventions) en fonction de la taille de l'exploitation montre une faible marge bénéficiaire pour l'ensemble des éleveurs et donc un faible avantage lié à la taille ou aux conditions agro-climatiques et structurelles des exploitations (figure 9). La principale marge proviendrait des primes et subventions à la production ou à l'hectare pour les moyennes et grandes exploitations. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce phénomène : i) tout d'abord le rôle pilote de la coopérative dont l'un des soucis est d'augmenter la production laitière en soutenant autant l'installation des jeunes et des petites structures que les efforts d'investissement des grandes structures ; ii) le rôle de conseil de l'ensemble des partenaires qui permet d'éviter certains écueils et gérer l'ensemble des aides ; iii) la gestion prudente de l'ensemble des éleveurs dans un milieu physique soumis à de nombreuses perturbations (cyclones, sécheresse, etc.). On pourrait dès lors se demander pourquoi les éleveurs s'acheminent ou souhaitent s'acheminer vers des structures plus importantes. Outre des considérations

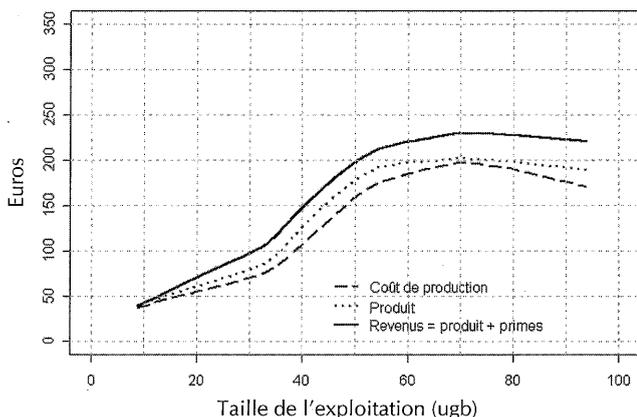


Figure 9 : représentation des courbes moyennes des revenus (produits + primes), du produit et des coûts de production de l'exploitation (en milliers d'euros) en fonction de sa taille (en ugb), obtenues par régression locale.

de prestige dans un cadre aussi innovant que l'élevage laitier à la Réunion, l'élevage constitue toujours une source d'emploi pour la famille, puis pour les enfants en âge de travailler. Cependant, le faible nombre d'exploitations de plus de 60 ugb rend difficile l'élaboration d'un diagnostic fiable bien que ce soient ces mêmes exploitations qui font office de modèles pour les autres.

La faible taille de l'échantillon ne permet pas de reproduire les courbes moyennes par groupe. En revanche, les résultats moyens par groupe montrent que les primes représentent près de 50-60 p. 100 de la marge de chaque classe, à l'exception du type 4 (moins de 20 p. 100) et du type 6 (plus de 90 p. 100). Le type 4 des petites exploitations en stagnation, voire régression, bénéficie de peu d'aide à la production en raison du faible niveau de capitalisation, à l'inverse du type 6 qui bénéficie de l'ensemble des aides en raison de son isolement géographique et des difficultés liées au milieu physique.

■ DISCUSSION

Si cette structuration de la population étudiée peut paraître peu originale à première vue (les grandes structures enregistrent les flux monétaires les plus importants, les plus anciennes structures en voie de cession ont une gestion plus prudente ou modérée, etc.), elle fait apparaître le rôle plus secondaire des charges d'alimentation et du système fourrager dans la constitution des groupes. Or, les modes d'affouragement (combinaison des systèmes fourragers, du recours aux concentrés et du degré d'autonomie fourragère) sont bien souvent cités comme facteurs contraignants de l'élevage laitier à la Réunion et expliqueraient l'importance des charges opérationnelles et, par voie de conséquence, les résultats d'exploitation différenciés. Plusieurs hypothèses peuvent être émises :

- les thèmes relatifs aux systèmes fourragers, aux contraintes géographiques et au degré d'autonomie fourragère seraient partagés par l'ensemble de la population. Pourtant, les microclimats réunionnais ont été bien souvent analysés comme facteurs de différenciation des systèmes et de difficultés différenciées pour l'élevage ;
- on pourrait également penser à une quasi-individualisation des problèmes fourragers en fonction de la contrainte foncière, du cheptel et de la zone qui rend difficile toute comparaison ou regroupement ;
- ces thèmes peuvent aussi participer à une typologie de la population étudiée indépendante de la précédente ;
- il peut s'agir aussi d'un problème de codification des informations relevées au cours de l'enquête ou du choix des variables pour approcher le système fourrager.

Au final, l'absence de toute implication de ces thèmes peut amener à rediscuter des questions formulées dans le questionnaire pour mieux les approcher.

Une nouvelle Afm a été réalisée sur des tableaux de données mixtes (11, 15), en évitant le recours à la codification pour les données quantitatives. Les blocs de variables quantitatives et qualitatives ont fait l'objet d'une analyse préliminaire séparée, respectivement une analyse en composantes principales (Acp) et une analyse des correspondances multiples (Acm). La représentation des thèmes¹ sur le plan de l'interstructure de l'Afm sur le tableau mixte a conduit les auteurs à écarter l'hypothèse de problèmes liés à la codification (figure 10), l'interstructure étant en effet sensiblement la même que celle de l'analyse sur variables qualitatives (figure 3).

¹ La plupart des variables du thème « contraintes » étaient très liées au mode de gestion des fourrages. Elles ont été intégrées au thème « système fourrager » du tableau mixte qui ne comporte plus que 11 thèmes

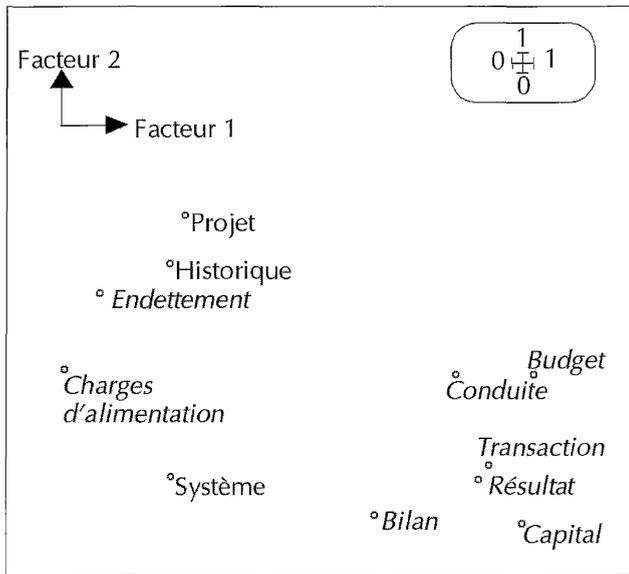
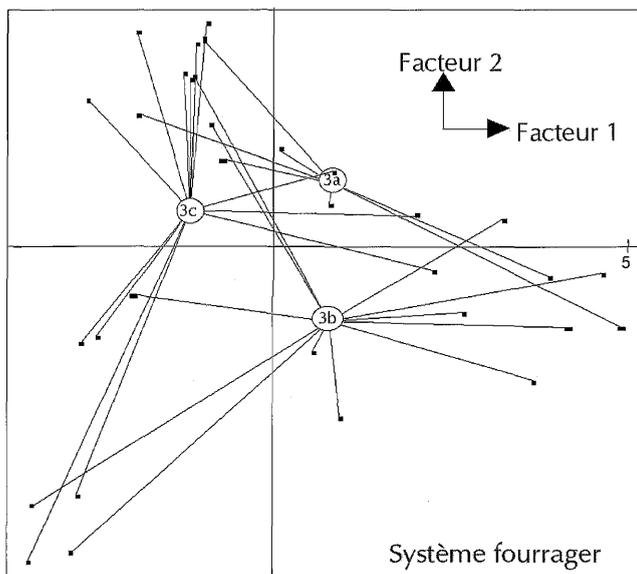


Figure 10 : représentation des thèmes sur le plan 1-2 de l'interstructure de l'analyse factorielle multiple sur tableau mixte. En italique, les thèmes avec variables quantitatives.

La projection sur le plan moyen de l'analyse initiale des centres de gravité de la partition obtenue après une classification des élevages sur le seul thème « système fourrager » révèle l'existence d'une forte variabilité intra-groupe (figures 5 et 11). Ces résultats montrent le rôle peu structurant de ce thème dans la construction d'une typologie globale et conforteraient l'hypothèse d'un fort particularisme des exploitations sur le plan du système fourrager qui expliquerait le rôle secondaire de ce thème dans l'analyse.

Cependant, l'expérience montre aujourd'hui que les groupes observés dans la typologie précédente selon des critères autres que le système fourrager ont été identifiés par les techniciens de la



a Pâturage kikuyu (grande surface), pas de parcelle de fauche, ensilage maïs
 b Pâturage et parcelles de fauche – graminées tempérées (EBR)
 c Parcelles en fauche, Chloris et divers

Figure 11 : représentation des centres de gravité de la partition obtenue après une classification des élevages sur le thème « systèmes fourrager » sur le plan 1-2 moyen de l'analyse factorielle multiple sur tableau qualitatif.

coopérative en partie par la zone et le degré d'autonomie alimentaire. Pour expliquer ce paradoxe apparent, il faut revenir au choix des variables dans chaque groupe. En fait l'ensemble des exploitations laitières de la Réunion, quelles que soient leur situation géographique, qui explique en partie le système fourrager dominant, recourent aux achats d'aliments extérieurs et aux concentrés, qui figurent dans le thème « transaction », et le degré d'autonomie est davantage lié au capital foncier par rapport au capital vivant qu'au type de graminées ou au mode de collecte. Si le système de culture fourrager est fortement conditionné par la situation géographique de l'exploitation et relèverait d'un fort particularisme, tous les exploitants recourent à une forte quantité de concentrés et l'autonomie fourragère est largement évaluée à la Réunion en termes de volume de transaction monétaire : achat ou vente par rapport à un niveau d'entretien minimal des vaches. Enfin, le système fourrager proprement dit est généralement un système complexe, fonction du système élevage, de mécanisation, des choix des producteurs, des contraintes de travail et de trésorerie, etc., et dans ce sens nécessiterait peut être une autre typologie.

Ainsi, la combinaison de méthode à dire d'expert par construction préalable des hypothèses de regroupement des exploitations et l'analyse multivariée, qui garantit une certaine exhaustivité et objectivité par rapport aux facteurs structurants de regroupement, a permis aux auteurs à la fois de comprendre la diversité des exploitations et d'approcher la complexité des exploitations à l'intérieur des groupes. La construction de l'objet modélisé par itération, alternant le recueil d'informations auprès des partenaires et l'analyse successive de deux échantillons d'exploitation, a permis à la fois d'éviter le choix arbitraire des variables et de se prémunir du risque de vision potentiellement simplificatrice ou subjective des techniciens. L'analyse intra-structure a également permis d'élaborer, à partir des écarts des exploitations par rapport à leur position moyenne, qui elles définissent les pôles, des critères de ressemblances, à l'instar de l'analyse à dire d'expert, et ce, sur la base de la définition d'une clé typologique. Cette clé pourrait à court terme conduire à la réalisation d'une typologie sur l'ensemble des élevages laitiers de l'île.

L'analyse de groupes conduite en termes de changements structurels ou d'intensification souligne le caractère tout à fait original du développement des exploitations laitières à la Réunion par rapport aux élevages des zones traditionnelles de montagne. Il est vrai qu'en France métropolitaine, il est rare de trouver des petites exploitations entièrement hors sol en zone de montagne. Ce type d'exploitation s'écarte des moyennes et grandes exploitations qui connaissent un développement à peu près régulier de leur structure et du degré d'intensification. En outre, les courbes de tendance semblent montrer soit une faible marge bénéficiaire des élevages en fonction de la taille soit une très bonne répartition des aides et des primes. Dans tous les cas, les primes et les aides apparaissent comme des éléments structurels indispensables au développement de l'élevage laitier à la Réunion et reposent dans des termes plus précis la question de la viabilité et de la durabilité des différents systèmes d'exploitation dans un contexte institutionnel changeant au Nord comme au Sud. Ces premiers éléments issus de l'analyse typologique feront l'objet d'analyses plus approfondies dans le cadre d'un modèle de programmation mathématique, afin de tenir compte de la dynamique complexe des systèmes étudiés.

■ CONCLUSION

Cette première analyse par l'Afm a permis d'approcher la complexité et la diversité des exploitations réunionnaises au travers des analyses interstructure et intra-structure de la population étudiée. Des facteurs communs de différenciation des élevages ont été mis

en évidence de façon optimale, pour apprécier les divergences ou ressemblances entre thèmes qui caractérisaient un même élevage. Ainsi ont pu être distingués six types d'exploitation relativement stables du point de vue technique et économique, et qui présentaient des profils tout à fait particuliers dans l'analyse des groupes telle que l'analyse conduite en termes de degré d'intensification. Cette approche ouvre des perspectives en termes d'analyse des trajectoires possibles des exploitations à partir de la position moyenne des points pour un thème donné. D'un côté pratique, elle permet aussi d'identifier les variables clés de fonctionnement qui peuvent être la base d'un suivi technico-économique.

Réalisée à partir d'un corpus d'hypothèses de regroupement des exploitations ou de profils fictifs construits par les partenaires, cette approche a permis de discuter, de comprendre et d'analyser les convergences et les divergences des exploitations par rapport aux groupes « fictifs », mais aussi pour chaque thème ou facette de l'exploitation. La validation des groupes par les partenaires donne aujourd'hui une base qui peut être utilisée à terme comme groupes fictifs, c'est-à-dire à partir desquels pourront être déterminées les ressemblances ou les divergences d'un exploitant par rapport à chaque groupe, et ce, pour l'ensemble des exploitations de la Réunion.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des instituts de développement et partenaires privés qui ont été impliqués dans ce travail, en particulier la coopérative laitière (Sica Lait), l'Union des associations foncières pastorales, l'Etablissement département de l'élevage, la Daf, l'Urcoopa et les centres de gestion. Sont remerciés tout spécialement Mmes Evenat et Bigot de la Sica Lait, pour leur appui permanent à la réalisation de ce travail, ainsi que l'ensemble des éleveurs enquêtés pour leur disponibilité et leur confiance.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALARY V., MESSAD S., TILLARD E., 2001. Approche fonctionnelle de la diversité des systèmes d'élevage laitiers à l'île de la Réunion. Utilisation de l'Afm (analyse factorielle multiple) comme aide à l'interprétation de la variabilité inter et intra-groupe. In : 8^{es} Rencontres autour des recherches sur les ruminants. Paris, France, Institut de l'élevage, p. 251.
2. BLANFORT V., THOMAS P., FONTAINE O., RIVIERE E., 2000. La gestion agroécologique des prairies. In : Mandret. G. coord., L'élevage bovin à la Réunion. Synthèse de quinze ans de recherche. Montpellier, France, Cirad, p. 129-160. (Coll. Repères)
3. BROSSIER J., 1987. Système et système de production. Note sur ces concepts. *Cah. Sci. Hum.*, **23** : 377-390.
4. CAPILLON A., 1993. Typologie des exploitations agricoles, contribution à l'étude régionale des problèmes techniques, 2 tomes. Thèse Doct., INA PG, Paris, France, 48 et 301 p.
5. CAPILLON A., SEBILLOTTE M., THIERRY J., 1975. Evolution des exploitations d'une petite région. Elaboration d'une méthode d'étude. Paris, France, Cnasea Geara, 35 p.
6. CHAMBERS J.M., HASTIE T.J., 1993. Statistical models in S. London, UK, Chapman and Hall, p. 309-376.
7. CHESSEL D., THIOULOUSE J., DOLEDEC S., OLIVIER J.M., 1996. Fiches modules V : K-tableaux. In : Analyses multivariées et expression graphique des données environnementales. Lyon, France, Université Lyon I, Documentation de la programmathèque ADE-4, 28 p.
8. CRISTOFINI B., 1986. La petite région vue à travers le tissu de ses exploitations : un outil pour l'aménagement et le développement rural. Paris, France, Inra, 48 p. (Etudes et recherches n° 6)
9. ESCOFIER B., PAGES J., 1983. Méthodes pour l'analyse de plusieurs groupes de variables. Application à la caractérisation des vins rouges du Val de Loire. *Revue Stat. appl.*, **31** : 43-59.

10. ESCOFIER B., PAGES J., 1984. L'analyse factorielle multiple : une méthode de comparaison de groupes de variables. In : Diday E. et al. Eds, Data analysis and informatics III. Amsterdam, The Netherlands, Elsevier, p. 41-55.
11. ESCOFIER B., PAGES J., 1986. Le traitement des variables qualitatives et des tableaux mixtes par analyse factorielle multiple. In : Diday E. et al. Eds, Data analysis and informatics IV. Amsterdam, The Netherlands, Elsevier, p. 179-191.
12. ESCOFIER B., PAGES J., 1998. Analyses factorielles simples et multiples. Objectifs, méthodes et interprétation, 3^e edn. Paris, France, Dunod.
13. FAYE B., GRELET Y., 1990. Type d'élevage et profil de santé. Deux stratégies statistiques. In : Actes colloque Agro-industrie et méthodes statistiques, Association pour la statistique et ses utilisations, Angers, France, 14-15 juin 1990, p. 111-125.
14. FAYE B., LHOSTE P., 1999. Le conseil en élevage en milieu tropical. In : Actes 6^{es} Rencontres autour des recherches sur les ruminants, Paris, France, 1999, p. 63-67.
15. Groupe d'étude et de réflexion interrégional, 1996. L'analyse des données évolutives, méthodes et applications. Paris, France, Technip.
16. JOUVE P., 1984. Le diagnostic agronomique préalable aux opérations de recherche-développement. In : Diagnostics sur le fonctionnement des systèmes agraires. *Cah. Rech. Dév.*, n° 3-4 : 67-76.
17. LANDAIS E., 1996. Typologies d'exploitations agricoles. Nouvelles questions, nouvelles méthodes. *Econ. Rurale*, n° 236 : 3-15.
18. LEBART L., MORINEAU A., PIRON M., 1993. Statistique exploratoire multidimensionnelle. Paris, France, Dunod.
19. MANRINQUE, OLAIZOLA A.M., BERNUES A., MAZA M.T., SAEZ A., 1999. Economic diversity of farming systems and possibilities for structural adjustment in mountain livestock farms. In : Options méditerranéennes, Série B : Etudes et recherches, n° 27, Systèmes d'élevage et gestion de l'espace en montagnes et collines méditerranéennes. Montpellier, France, Ciheam, p. 81-94.
20. MARCHAL V., DELZESCAUX D., LHOSTE P., 1992. La diversité des systèmes d'élevage bovins allaitants en province du nord de Nouvelle Calédonie. *Cah. Rech. Dév.*, n° 32-2 : 31-37.
21. MONICAT F., BORNE P.M., MARON P., 1992. Zonage et typologie des exploitations possédant des petits ruminants dans les systèmes de production traditionnels du Zimbabwe. *Cah. Rech. Dév.*, n° 32-2 : 38-56.
22. ORSINI J.P.G., LHOSTE P., BOUCHIER A., FAYE A., NYANG L., 1985. Une typologie d'exploitations agropastorales au Siné-Saloum, Sénégal. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **38** : 200-210.
23. OSTY P.L., 1978. L'exploitation agricole vue comme un système. Diffusion de l'innovation et contribution au développement. *Bull. tech. Inf. min. Agric.*, **326** : 43-49.
24. PAILLAT J.M., BLANFORT V., 2000. Le fonctionnement des systèmes d'élevage. In : Mandret. G. coord., L'élevage bovin à la Réunion. Synthèse de quinze ans de recherche. Montpellier, France, Cirad, p. 165-176. (Coll. Repères)
25. PERROT C., LANDAIS E., 1993. Comment modéliser la diversité des exploitations agricoles. *Cah. Rech. Dév.*, n° 33 : 24-40
26. PERROT C., LANDAIS E., 1993. Exploitations agricoles : pourquoi poursuivre la recherche sur les méthodes typologiques. *Cah. Rech. Dév.*, n° 33 : 13-23
27. PERROT C., PIERRET P., LANDAIS E., 1995. L'analyse des trajectoires des exploitations agricoles. Une méthode pour actualiser les modèles typologiques et étudier l'évolution de l'agriculture locale. *Econ. Rurale*, n° 228 : 35-47.
28. TACHE C., 2001. Diagnostic des exploitations laitières de l'île de la Réunion. Mémoire de fin d'études, Cergy-Pontoise, France, Istom, 96 p.
29. THIOULOUSE J., CHESSEL D., DOLEDEC S., OLIVIER J.M., 1997. ADE-4: A multivariate analysis and graphical display software. *Stat. Comput.*, **7**: 75-83.
30. TILLARD E., LANOT F., BIGOT C.-E., NABENEZA S., PELOT J., 2000. Les performances de reproduction en élevage laitier. In : Mandret. G. coord., L'élevage bovin à la Réunion. Synthèse de quinze ans de recherche. Montpellier, France, Cirad, p. 257-292. (Coll. Repères)

Reçu le 03.09.2001, accepté le 17.09.2003

Summary

Alary V., Messad S., Taché C., Tillard E. Approach to the Diversity of Dairy Farm Systems in Reunion

The impacts of economical, institutional and technical changes on farming systems' organization and performance differ between systems depending on initial endowments, projects, organization types and productive-system management, investment opportunities, etc. As it is difficult to apprehend exhaustively individual diversity, farm modeling through typology appears as the only way to approach farming systems' diversity in order to assess change differentiated effects and to ensure that research and development will reflect local needs and diversity. The typology, which characterizes the diversity of dairy farm systems in Reunion, results from an iterative and progressive process that combines principles from the typology à *dire d'expert* (i.e. based on an expert representation of the diversity) and multivariate methods. The typology was developed from surveys and interviews of farmers, and the various actors of the dairy sector: cooperatives, development agencies, local administrators, management centers, etc.

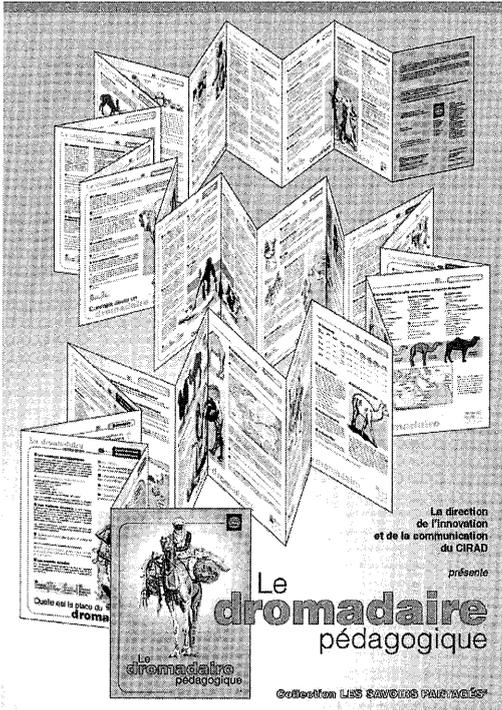
Key words: Classification – Farming system – Factorial analysis – Animal husbandry – Milk – Reunion.

Resumen

Alary V., Messad S., Taché C., Tillard E. Enfoque sobre la diversidad de los sistemas de cría lechera en la Reunión

Los efectos de los cambios en el medio económico, legal y técnico de las explotaciones sobre el funcionamiento y el rendimiento de éstas difieren en función de las posibilidades iniciales de los productores, de sus proyectos, del tipo de organización y de conducta de los sistemas productivos, de las posibilidades de inversión, etc. Sin embargo, es difícil comprender la complejidad de los casos y la sola construcción de una tipología puede permitir la comprensión de la diversidad de las explotaciones para relacionar los efectos diferenciados de estos cambios, así como ajustar la investigación y el desarrollo a las variadas necesidades y estructuras en un territorio definido. La tipología realizada para caracterizar la diversidad de las explotaciones lecheras en la Reunión resulta de un proceso de construcción interactivo, que se apoya sobre ciertos principios de la topología dicha de experto, recurriendo a métodos multivariados. Esta topología se construye sobre la base de encuestas y de entrevistas llevadas a cabo con los productores y con los diferentes participantes de la filial: cooperativas, agentes de desarrollo, autoridades locales, centro de gestión.

Palabras clave: Clasificación – Sistema de explotación – Análisis factorial – Ganadería – Leche – Reunión.



Bien plus qu'une monographie, cet ouvrage sur le dromadaire met en partage les savoirs d'un scientifique, d'un éleveur nigérien et de deux méharistes.

Son architecture en accordéon, sous la forme d'un livre sans fin, facilite le parcours exploratoire du sujet par une lecture non linéaire et personnalisée des 300 grains de savoirs réunis par des liens en 46 thèmes, illustrés par 57 dessins originaux à la plume ou au trait et 5 cartes, répartis sur un itinéraire de papier de plus de 12 mètres.

Vous y découvrirez le dromadaire dans tous ses états en situation de confort et d'inconfort, dans sa vie ordinaire et extraordinaire.

Ce compilivre® a pour ambition de satisfaire aussi bien la curiosité du néophyte que de parfaire la connaissance de l'amateur éclairé ou du passionné de dromadaires. Il peut être également utilisé comme support de formation professionnelle ou d'éducation par les institutions agricoles, d'élevage, de développement et d'enseignement des pays francophones concernés ou simplement intéressés par le dromadaire.

Une réalisation de :

Michel LAUNOIS, délégué aux productions innovantes du Cirad

Bernard FAYE, chef du programme « productions animales » du département d'élevage et de médecine vétérinaire du Cirad

Mohamed AOUTCHIKI KRISKA, éleveur nigérien

SOMMAIRE

Qu'est-ce qu'un dromadaire ?

Le reconnaître pour le connaître - Du chameau au dromadaire - Le turkoman - Le lama et ses proches - Un certain cama - Les principaux types - Plus de 50 races - Les extrêmes - La vérité - Les introductions réussies - Les introductions sans suite - En chair et en os - Curiosités camélines - L'habitat naturel - L'adaptation aux circonstances - Les habitudes - Les postures - Les cinq sens - En communication

Comment élever les dromadaires ?

L'élevage - Le troupeau - L'alimentation - Carences et intoxications - La pratique - La reproduction - Les techniques de reproduction - Les troubles de la reproduction - Le chamelon - Le développement du jeune - La lactation

De quels maux souffrent les dromadaires ?

Les accidents - Du bien portant au malade - Les parasites externes et les maladies de peau - Les parasites internes - Les maladies infectieuses - Des troubles nerveux aux maladies respiratoires - Les remèdes traditionnels

Que produisent les dromadaires ?

Du lait - De la laine au cuir - De la viande à l'os - Du travail - Les harnachements

Quelle est la place du dromadaire dans la société ?

Les caravanes traditionnelles - Les caravanes dans l'histoire - Dans l'imaginaire des hommes - Et dans les histoires - Contribution économique - Impact écologique

Pour commander :

Cirad, 2002
54 pages - format 21 x 29,7 cm
ISBN : 2-87614-528-6
ISSN : 1620-0705
Prix : 30 € (port inclus)

Cirad - Délégation aux productions innovantes
Dic TA 173/05 - Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5 - France
Tél. : 33 (0)4 67 61 57 88 / Fax : 33 (0)4 67 61 59 73
E-mail : espace.idees@cirad.fr

Les femmes dans la filière lait périurbaine au Sénégal. Cas de la région de Kolda

M. Ba Diao ^{1*} C.D. Senghor ² B. Diao ³

Mots-clés

Rôle des femmes – Production laitière – Participation de la femme – Politique de l'éducation – Association d'agriculteurs – Sénégal.

Résumé

Une enquête participative a été réalisée en l'an 2000 dans la région de Kolda, en zone soudanienne au sud du Sénégal, pour analyser les freins au développement de la filière lait et déterminer le rôle et l'apport des femmes dans cette filière. Les femmes sont souvent juridiquement propriétaires des bovins, font la traite et assurent la transformation et la commercialisation du lait. Cependant, elles n'ont aucun contrôle sur les facteurs de production, l'accès à l'instruction et au crédit leur est difficile, et leur niveau de participation aux organisations paysannes est faible. L'amélioration de leur situation passe nécessairement par la mise en place d'un programme d'appui comprenant des actions de formation et d'alphabétisation fonctionnelle, ainsi que des mesures d'accompagnement, comme la mise à disposition de matériels allégeant leurs travaux domestiques et la construction d'infrastructures physiques de base.

■ INTRODUCTION

Ces deux dernières décennies, les débats sur les rôles des sexes dans le développement économique et social, et sur l'égalité entre hommes et femmes ont pris une place croissante dans les préoccupations des décideurs et des professionnels du développement. Ils ont surtout permis de noter combien l'appartenance à un sexe donné conditionne l'accès aux ressources matérielles, économiques, la relation au pouvoir, la capacité d'initiative et d'action (19). Mais si une prise de conscience des problèmes est perceptible dans le monde entier, on est encore loin de disposer d'assez de données détaillées sur le travail et la contribution économique des femmes. Cette lacune est particulièrement manifeste en ce qui concerne le rôle des femmes dans le développement agricole et rural (1).

Pourtant en Afrique, les femmes produiraient 80 p. 100 des denrées alimentaires, assumeraient 70 p. 100 du travail agricole, la

totalité de la transformation des produits de base et 60 à 90 p. 100 de la commercialisation (13). Il est donc impératif aujourd'hui de prendre en compte les problèmes des femmes dans la formulation des politiques de développement agricole. Car, pour mettre en œuvre des interventions qui contribuent véritablement à un développement durable, il faut clairement identifier les producteurs et mieux cerner leurs besoins et leurs priorités.

Ceci pourrait particulièrement être appliqué au cas de la filière laitière dans la région de Kolda au Sénégal. Vouloir développer une filière suppose de bien identifier les acteurs, de déterminer leurs rôles respectifs, d'analyser la dynamique des décisions à tous les niveaux, d'examiner la place faite aux femmes dans les organisations paysannes et surtout leurs besoins et priorités.

L'analyse qui suit résulte d'enquêtes effectuées dans le cadre d'une étude globale sur la filière laitière de la région de Kolda. Son objectif est de répondre à une série de questions : quel est le mode de participation des femmes et des hommes aux activités ? Qui assure les différentes tâches identifiées au sein de la filière laitière ? Qui prend les décisions ? Sur quelles ressources les femmes et les hommes exercent-ils un contrôle ? Quel est le niveau de formation des femmes et quelle est leur possibilité d'accès au crédit ? Quelles stratégies mettre en œuvre pour que les femmes participent de manière plus active au développement de la filière ?

1. Isra, laboratoire national de l'élevage et de recherches vétérinaires, BP 3120, Dakar, Sénégal

2. Cabinet Performances Management Consulting, BP 22 352, Dakar Ponty, Sénégal

3. Sud-Vetagro, BP 139, Kolda, Sénégal

* Auteur pour la correspondance

Tél. : 221 832 36 78 ; fax 221 932 21 18 – E-mail : mbadio@sentoos.com

■ MATERIEL ET METHODES

Contexte de l'étude

L'élevage dans la région de Kolda (sud du Sénégal) est intégré à l'agriculture dans un système de production agropastoral de type traditionnel, caractérisé par l'exploitation de races trypanotolérantes à faible potentiel génétique et à faibles performances de production et de reproduction. C'est dans ce contexte que, depuis une dizaine d'années, la Sodefitec¹ et le Crz² de l'Isra³ ont mis en place des étables fumières, avec pour objectif l'amélioration de la capacité de travail des animaux de trait et la production de fumier de qualité pour la fertilisation organique des sols. La stabulation des vaches lactantes a permis de produire du lait en saison sèche destiné à l'autoconsommation et à la commercialisation autour des villes de Kolda et de Vélingara. L'augmentation des quantités de lait mises sur le marché a favorisé l'émergence d'unités artisanales de transformation de lait dans ces deux localités (9).

Dans le département de Sédhiou, le Primoca⁴ est intervenu, en matière d'élevage, dans l'organisation des producteurs, la création de mares artificielles, la lutte contre les feux de brousses. Ces actions ont rendu possible le développement d'une production laitière locale. Une unité semi-moderne de fabrication de fromages a été implantée, suite à l'augmentation de l'offre en lait frais.

La filière laitière émergente de la région de Kolda rencontre pourtant un certain nombre de problèmes qui concernent la production, la transformation et la commercialisation. Cette étude, qui s'inscrit dans le cadre de la planification d'un programme d'appui au développement des petites et moyennes entreprises autour de la filière laitière (20), devait permettre de faire le diagnostic de cette filière et de dégager des perspectives de développement durable ainsi que des recommandations pertinentes.

Méthodes

Une approche participative (8) a été appliquée pour réaliser un état des lieux des différents maillons de la filière lait dans la région de Kolda et identifier les principales contraintes. La zone de l'étude a été circonscrite dans un rayon de 15-25 km autour des villes de Kolda, Sédhiou et Vélingara. Au-delà de cette distance, l'approvisionnement des villes en lait a été aléatoire compte tenu de l'état des infrastructures routières et de l'absence d'une chaîne de froid. Près d'une centaine de personnes ont été rencontrées, soit individuellement, soit en groupes. Il s'agissait de producteurs, de transformateurs, de vendeurs de lait, mais également de représentants des structures d'encadrement, de recherche, de crédit présentes dans la région.

L'équipe pluridisciplinaire (un zootechnicien, un vétérinaire, un économiste, un nutritionniste et un agro-industriel) a entrepris le travail d'entretiens participatifs pendant trois mois avec des visites répétées sur le terrain et des synthèses continues. Les guides d'entretiens semi-directifs utilisés n'ont pas entravé la libre expression des interviewés, mais ont plutôt évité les digressions. Cette démarche a permis d'effectuer une revue des contraintes socioéconomiques et technologiques, ainsi que d'identifier les opportunités de développement de la filière : types d'exploitation, organisation de la production et de la transformation, niveau d'activités des unités de traitement du lait... L'implication des femmes et des jeunes, les contraintes de formation, les besoins de crédit et d'organisation des acteurs ont pu être analysés. Les résultats présentés ici concernent surtout le rôle des femmes (essentiellement d'ethnie Peule) dans la filière.

¹ Société de développement des fibres textiles

² Centre de recherches zootechniques

³ Institut sénégalais de recherches agricoles

⁴ Projet intégré pour la Moyenne Casamance

■ RESULTATS

Présentation générale de la filière

La filière lait dans la région de Kolda est décrite à la figure 1. Le lait sert, pour une part, à l'alimentation quotidienne de la famille, pour l'autre, à la vente en petites quantités sur marché hebdomadaire ou en ville. Il est vendu aux consommateurs directement par de petits producteurs ainsi que par un ou deux intermédiaires. Une grande partie de la production locale emprunte le système traditionnel de transformation ; toutes les opérations et les manipulations du lait se font manuellement. Les acteurs sont des femmes d'éleveurs et des transformatrices résidant en ville. Les produits sont le lait caillé et l'huile de beurre.

Sept unités de pasteurisation sont implantées dans la région. L'une d'entre elles est spécialisée dans la fabrication de fromages italiens. Elle produit une douzaine de variétés dont les deux plus importantes sont la mozzarella et l'italico (fromage salé à pâte pressée). Du lait caillé aromatisé sucré ou non sucré, conditionné dans des sachets en plastique d'un demi-litre ou d'un quart de litre, est produit par les autres unités.

Place et rôle de la femme au niveau familial

Participation des femmes dans la filière laitière

Au sein de la filière lait à Kolda, la division sexuelle du travail est relativement nette (tableau I). A l'homme reviennent le gardiennage, la conduite au pâturage, l'abreuvement, les soins aux animaux, le transport et l'échange des animaux sur pied. Il peut assumer ces opérations seul ou avec l'assistance de ses fils ou neveux ; il peut aussi louer les services d'un berger.

L'enfant apporte très tôt sa contribution au système. Dès l'âge de 5 ans, sous la surveillance de sa mère, il commence à s'occuper

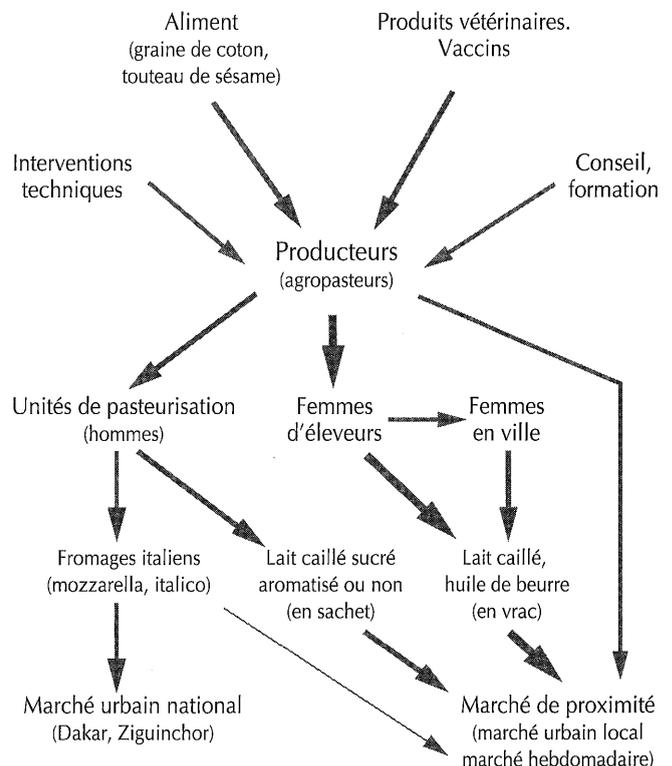


Figure 1 : schéma simplifié de la filière lait dans les zones périurbaines de Kolda.

des jeunes encore au pis. Il devient à 10-11 ans un jeune berger pour les veaux sevrés et les petits ruminants et il peut suivre les gros troupeaux bovins dès 13 ans. L'abreuvement des animaux en stabulation, les soins aux animaux malades et aux veaux, la traite, la transformation artisanale (en lait caillé et huile de beurre) et la commercialisation des produits sont les tâches traditionnellement dévolues aux femmes. Les auteurs ont cependant noté l'implication de plus en plus importante des hommes dans la transformation (unités de pasteurisation) et dans la commercialisation du lait (vente directe par les producteurs).

Appartenance du capital animal, pouvoir de décision et revenus

Le tableau II montre que près des deux tiers des bovins appartiennent aux femmes. Elles reçoivent de leur mari (dot) et de leurs parents (héritage), au moment de leur mariage, une ou plusieurs vaches destinée(s) à l'entretien et à l'installation future des enfants. C'est à leur mari qu'incombe la gestion du troupeau. Théoriquement, les hommes ne peuvent vendre des vaches appartenant à leurs femmes qu'avec leur accord préalable. En réalité, ils considèrent bien souvent que le fait de s'occuper du bétail leur donne implicitement ce droit. Cependant, les femmes peuvent faire intervenir des parents pour empêcher la vente du bétail illicite selon la tradition, c'est-à-dire pour d'autres motifs que les cérémonies familiales, les impôts, les pèlerinages. Aucune femme ne peut décider de vendre ses animaux bovins sans l'accord préalable du mari et les transactions sont du ressort exclusif de ce dernier. De ce fait, le mari peut utiliser cet argent sans en référer à son épouse.

La majorité des animaux appartiennent aux femmes, pourtant elles reçoivent une part des produits et des transactions plus faible que les hommes (tableau II) et elles ne peuvent pas disposer entièrement de cette somme pour leurs propres besoins. En effet, les revenus tirés de la vente du lait sont en général destinés à l'achat de produits alimentaires pour la famille, mais aussi d'habits pour les enfants. Cette phrase d'une femme du département de Kolda a bien résumé la situation « lorsque la commercialisation du lait marche bien, les hommes ne se préoccupent plus de la nourriture de la famille ; cela nous incombe, à nous les femmes ».

Jusqu'à présent, les femmes ont rarement disposé d'épargne monétaires issues du troupeau bovin. Cependant, certaines d'entre elles sont arrivées à conserver et faire croître un petit élevage (volaille, petits ruminants) qu'elles ont acquis souvent par don des parents. L'utilisation de ce cheptel par les femmes est plus libre. En effet, elles peuvent abattre, offrir ou vendre (surtout la volaille) sans autorisation préalable. Par ailleurs, des femmes d'origine rurale et installées en ville peuvent faire de la transformation et de la commercialisation du lait un métier leur rapportant plus que le salaire minimum garanti (Smig) en vigueur au Sénégal (tableau III).

Niveau de formation technique des femmes et appui

Dans le domaine laitier, rares sont les femmes ayant bénéficié de formations. Absentes des séances de formation sur les techniques de production (pratiques de stabulation), quelques-unes d'entre elles (une vingtaine), membres du Directoire des femmes en élevage, ont suivi en 1998 des modules sur l'hygiène et les techniques de transformation artisanale du lait (pasteurisation, ajout de ferments...). Cette formation s'est adressée aux femmes qui vivaient en ville et vendaient déjà du lait caillé ou souhaitaient en vendre. Cependant, ces formations n'ont pas produit les effets escomptés. Seules deux femmes (une à Kolda et une à Sédhiou) transformaient et commercialisaient du lait en l'an 2000.

Niveau de l'appui financier

Des programmes de financement sur l'élevage étaient disponibles dans le cadre du système financier décentralisé. Toutefois, ils ne

Tableau I

Implication des membres de la famille dans les activités laitières *

Activités	Hommes	Femmes	Enfants
Conduite au pâturage			
Période de cultures** (juillet-décembre)	65	—	35
Période après récolte (janvier-juin)	30	—	70
Abreuvement	50	5	45
Soins aux jeunes animaux et aux malades	20	50	30
Traite	—	100	—
Transformation	—	100	—
Vente de produits laitiers	—	100	—
Vente d'animaux	100	—	—

* Etude de cas de 15 familles du village de Saré Guiro Yéro Bocar, département de Kolda

** Certaines familles aisées utilisent les services d'un berger payé 1 250 Fcfa par animal pour la période

Tableau II

Appartenance des animaux et partage des revenus entre hommes et femmes par troupeau *

	Total	Part des hommes (%)	Part des femmes (%)
Nombre d'animaux par troupeau	87 ± 23	34,7	65,3
Vente de lait et d'huile de beurre (Fcfa)			
Mars-juin	0	—	—
Juillet-novembre	568 125	0	100
Décembre-février	114 375	0	100
Total	682 500	0	100
Vente d'animaux (Fcfa)	387 560	76,6	23,4
Revenu annuel moyen par femme ou par homme** (Fcfa)	—	151 200	108 450

* Etude de cas de 15 familles du village de Saré Guiro Yéro Bocar, département de Kolda

** Les familles sont polygames, chaque femme gère le lait de ses vaches et de celles de ses enfants non mariés. Le lait des animaux du mari est récupéré par la femme qui est de tour de cuisine. En moyenne, il y a deux hommes chefs de ménages et sept femmes pour un troupeau.

concernaient que des activités à cycles courts : embouche ovine, production de poulets de chair. Certains groupements de femmes en ville en ont bénéficié. Mais l'absence de dispositifs financiers adaptés à la production laitière demeurait l'une des contraintes majeures freinant le développement de la filière lait.

Les femmes et les associations de producteurs

Les organisations paysannes, présentes dans la région de Kolda (tableau IV), sont caractérisées par une grande diversité dans leur forme juridique, leur origine, leurs activités et leur champ d'action, mais elles ont toutes été suscitées de l'extérieur. Elles ont bénéficié de plusieurs programmes et interventions d'organisations non-gouvernementales, d'organismes de coopération et de structures publiques visant à développer la production laitière de la région.

Elles ont eu beaucoup de difficultés à affirmer leur autonomie par rapport à « leurs tutelles »

A ce jour, il n'y a qu'une seule association féminine active dans le domaine de la production laitière et les femmes sont sous-représentées dans les organisations paysannes mixtes. Au niveau des instances dirigeantes, elles n'occupent pas des postes leur permettant de faire prévaloir leurs compétences. Au sein de la Maison des éleveurs, par exemple, une seule femme siège au sein d'un conseil d'administration de 15 personnes.

Tableau III

Revenus journaliers tirés de la vente de produits laitiers à Sédhiou : études de cas de deux femmes transformatrices de lait

	Achat lait frais			Autoconsommation (l)	Vente lait caillé			Revenus financiers (Fcfa)	
	Volume (l)	Prix (Fcfa/l)	Total (Fcfa)		Volume (l)	Prix (Fcfa/l)	Total (Fcfa)	Journalier (lait caillé)	Saisonnier (huile de beurre) *
Femme 1									
SP	25	150	3 750	2	23	250	5 750	2 000	23 500
SS	15	175	2 625	1	14	300	4 200	1 575	
Femme 2									
SP	35	175	6 125	3	32	250	8 000	1 875	44 800
SS	15	175	2 625	1	14	300	4 200	1 575	

* Les revenus de la vente d'huile de beurre peuvent augmenter si les techniques de transformation sont améliorées. Actuellement, il faut 20 litres de lait pour un litre d'huile. NB : le lait est livré à domicile dans les deux cas et les coûts de transformation sont nuls (pas de ferments, ni de pasteurisation...). La vente se fait également à domicile. La femme 2 est obligée d'avoir un prix d'achat fixe toute l'année, condition pour une livraison en saison sèche
SP = saison des pluies ; SS = saison sèche

Tableau IV

Implication des femmes dans les organisations paysannes de la région de Kolda

Organisation	Aire d'intervention/organisme d'appui	Date de création	Objectifs	Total membres (% de femmes)	Nb. membres bureau ou comité (% de femmes)
Maison des éleveurs (Mde)	Région Kolda/ Direction de l'Élevage	1996	Cadre de concertation pour acteurs des filières animales	6 000 (n.d.)	15 (6,6)
Directoire des femmes en élevage (Dfe)	Région Kolda/ Direction de l'Élevage	1996	Information, formation de la femme rurale	240 (100)	8 (100)
Fédération communautaire des agropasteurs de Sansamba (Fecaps)	Département Sédhiou/ Primoca	1990	Appui technique et matériel des producteurs	1 682 (0)	7 (0)
Association des jeunes agropasteurs du département de Sédhiou (Ajapds)	Département Sédhiou/ Primoca	1996	Transformation et commercialisation de lait	6 (0)	6 (0)
Groupement d'intérêt économique (informel) (Tessito)	Département Kolda/ Sodefitec	1998	Transformation et commercialisation de lait	122 (100)	6 (100)
Union des éleveurs laitiers de Bantancounto (UELB)	Département Kolda/ Vsf	1998	Acquisition intrants commercialisation de lait	n.d. (0)	n.d. (0)
Pinnal Fouladou : union de 12 groupements	Département Vélingara/ FONGS	1997	Transformation et commercialisation de lait	500 (40)	4 (75)

n.d. : non défini

Primoca : Projet intégré pour la Moyenne Casamance ; Sodefitec : Société de développement des fibres textiles ; Vsf : Vétérinaires sans frontière ; FONGS : Fédération des organisations non-gouvernementales du Sénégal

Les organisations paysannes les moins fonctionnelles sont celles mises en place au niveau régional par la puissance publique. Les objectifs visés et les actions à entreprendre ne sont pas toujours clairs, même pour les dirigeants. Elles ont chacune un projet général d'ordre social ou économique souvent mobilisateur, mais elles ont des difficultés à le traduire en actions concrètes. Certains producteurs se sont posés des questions sur leur utilité, d'autant plus qu'ils ont cotisé régulièrement et que le bénéfice matériel n'a pas encore été clairement identifié.

Les auteurs ont noté des écarts importants de compétence entre les leaders et les adhérents de base. La tendance à la monopolisation de l'information et au cumul des responsabilités par quelques personnes nuit au fonctionnement démocratique des organisations. Ceci est particulièrement vrai au sein des organisations féminines. Les femmes leaders sont en majorité des responsables politiques vivant en ville.

Des insuffisances de gestion technique et financière (*management*, gestion de la qualité, commercialisation...) ont été à l'origine de dysfonctionnements dans certaines associations. Les activités génératrices de revenus ne sont soutenues par aucune documentation comptable fiable, ce qui exclut toute possibilité de contrôle ou de maîtrise des flux financiers. L'absence de résultats concrets significatifs a tendance à démobiliser les membres.

■ DISCUSSION

La filière lait à Kolda est caractérisée par la prédominance du circuit traditionnel de transformation et de commercialisation des produits. Cette situation, commune à l'ensemble des régions du Sénégal (5), pose des problèmes de qualité des produits mis en marché. Pour garantir la qualité et la sécurité des produits offerts aux consommateurs, une amélioration durable des techniques de traite et de transformation doit être envisagée en s'appuyant sur des actions de formation. Les thèmes sont l'hygiène de la traite, les opérations primaires pour garder la qualité du lait et éviter son acidification rapide (pasteurisation), le contrôle des fermentations, les techniques de barattage manuel et de cuisson utilisées pour la fabrication de l'huile de beurre. L'utilisation de petit matériel facilement utilisable et lavable (écrémeuse à main, bidons et pots en aluminium...) devrait être encouragée.

La division du travail dans la filière lait dans la région de Kolda repose avant tout sur le sexe et l'âge. Le rôle essentiel et traditionnel de l'homme était de s'occuper uniquement du pastoral. Jusqu'à une époque récente, l'homme ne s'est jamais intéressé à la transformation, ni à la commercialisation du lait local (2, 12). Son intervention en la matière remonterait à 1994, suite à la naissance des premières ceintures laitières (7). Elle pourrait signifier une volonté d'accaparement d'un créneau naguère féminin, assurant des revenus assez réguliers. Dans les sociétés rurales, les hommes cherchent toujours à monopoliser la vente des produits des femmes et à contrôler leurs revenus (1). La création des unités de pasteurisation gérées par des hommes relève, en revanche, de la volonté des organismes d'appui de lutter contre le chômage des jeunes citadins.

La pratique de traite par les femmes est une pratique traditionnelle chez les Peuls (2). Elle peut être un interdit dans d'autres communautés comme chez les Touaregs du Niger, où la traite est exclusivement une activité masculine (18). L'importance de la part des femmes dans le troupeau bovin familial Peul a été déjà rapportée par d'autres auteurs (2, 4, 12) qui ont également souligné l'absence de droit légal des femmes à disposer librement de leurs animaux. Le chef de famille peut se passer de l'accord de ses enfants ou de ses épouses avant de vendre leurs animaux (12). La prise de décision, au sein de la famille Peule, est une prérogative masculine parmi d'autres, telles qu'elles sont définies au sein de normes socioculturelles et à l'instar de nombreuses sociétés rurales des pays en développement (14).

Les produits laitiers ont représenté des revenus assez substantiels. Ils sont la base même de l'économie quotidienne du ménage Peul qui, par la vente de lait caillé et d'huile de beurre, subvient théoriquement à ses besoins alimentaires surtout en saison des pluies (d'après un dicton : « pas de beurre, pas de mil ») (11).

Peu de femmes ont reçu dans la région une formation technique sur la transformation du lait. Ces formations, très limitées dans le temps et dans l'espace, n'ont pas d'ailleurs produit les effets escomptés, en raison de l'analphabétisme de certaines femmes. Le manque de support pédagogique facilite l'oubli des enseignements reçus et ne milite pas en faveur d'une application rigoureuse des connaissances. Or, l'analphabétisme est chronique dans cette région de Kolda où 90 p. 100 des ruraux ne savent ni lire, ni écrire (3, 10). L'alphabétisation fonctionnelle paraît donc extrêmement utile pour maîtriser dans un langage accessible les nouvelles techniques de production ou de transformation. L'alphabétisation pourrait également faciliter la compréhension et l'accès aux mécanismes et principes de gestion et de comptabilité.

Le manque de temps a souvent été évoqué par les hommes pour justifier l'absence de femmes lors des séances de formation aux techniques de production ou lors des séances de discussions. Les femmes manquent de temps disponible à cause de la lourdeur des tâches ménagères (16). Des mesures d'accompagnement, comme l'acquisition de matériels tendant à alléger le travail des femmes, sont donc à promouvoir (foyers améliorés, moulins à mil, presses à huile, charrette pour le transport...). Ces petites réalisations font partie des conditions de réussite des programmes de développement agricole dans lesquels les femmes sont impliquées (17). L'allègement du travail domestique leur permet de disposer davantage de temps pour garantir leur participation aux séances de formation et d'animation.

Les organisations professionnelles présentes ont des difficultés de fonctionnement. Elles peinent à traduire en actions concrètes leurs projets, en l'absence non seulement de compétences en matière de planification et de programmation, mais aussi de formation adéquate et parfois d'appuis appropriés. Mais le développement d'organisations professionnelles fortes, capables de se prendre en charge, est également en partie freiné par « l'organisation sociale héritée de la tradition et certaines caractéristiques socioculturelles » (15), ainsi que par « un discours paternaliste des autorités et touffu de promesses mirobolantes, qui a fini de conforter les ruraux dans la conviction et la croyance qu'ils doivent tout attendre de l'Etat » (6). Or, face au désengagement croissant de l'Etat, les producteurs ne peuvent participer aux prises de décision que s'ils se dotent de structures à la fois représentatives et mandatées par eux. Cela suppose la prise de conscience de leurs forces et la volonté de renforcement de leurs capacités.

■ CONCLUSION

Les femmes jouent un rôle important dans la filière laitière dans la zone périurbaine de Kolda. Elles sont propriétaires d'animaux, font la traite et assurent la transformation et la commercialisation du lait. Elles devraient donc être associées à tout processus de développement de cette filière dans la région. Des modules spécifiques de formation aux technologies de production et de transformation, à l'organisation d'associations de productrices, à la commercialisation, en particulier à l'approche commerciale commune pour les groupements de producteurs, aux notions de comptabilité et de gestion de micro-activités pourraient aider à leur meilleure insertion dans la filière. Le renforcement des capacités à long terme devrait directement contribuer à l'implication croissante des femmes dans les associations paysannes et dans le processus d'élaboration des politiques locales.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des producteurs de la région de Kolda, les représentants des organisations paysannes, les responsables des projets de développement et des systèmes décentralisés de crédit pour leur disponibilité. La contribution de Cheikh Omar Ba de l'Isra a été très appréciée pour ses commentaires et suggestions. Nous le remercions vivement, ainsi qu'Eh Fallou Guèye de l'Isra et Philippe Lhoste du Cirad pour la lecture critique du document.

BIBLIOGRAPHIE

- AKELLO G., SARR F., 1999. Le développement économique des femmes dans le développement agricole et rural : promouvoir les activités génératrices de revenus. Rapport annuel 1999 : en point de mire. Wageningen, Pays-Bas, Cta, 10 p.
- BA C., 1986. Les Peul du Sénégal : étude géographique. Dakar, Sénégal, Nouvelles éditions africaines, 394 p.
- BLANKEN J., BA C.O., BROETZ G., DIOP M., 2001. Etude portant sur les potentialités de développement en milieu rural. Dakar, Sénégal, Gtz, 235 p.
- BONHOURE A.C., GAUTHIER L., 1997. Etudes comparées des pratiques agricoles dans trois villages du département de Kolda en Haute Casamance (Sénégal). Etude des déterminants de la gestion de la fertilité. Tome I. Montpellier, France, Cnearc-Esat, 176 p.
- BROUTIN C., DIOKHANE O., 2000. La filière « lait et produits laitiers » au Sénégal. Dakar, Sénégal, Gret, Tpa, 38 p.
- CISSOKHO M., 1994. La perception paysanne du développement agricole durable : le métier de paysan dans un environnement écologique, politique et économique difficile. In : Benoit-Cattin M., De Grandi J.-C. éd., Promotion de systèmes agricoles durables dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne. Rome, Italie, FAO, p. 199-203.
- COLLEUILLE A., DIEYE P.N., MBODJ A., 1999. La filière laitière en Haute Casamance et au Sénégal oriental. In : Actes de l'atelier de réflexion Isra-Crz Kolda/SodefiteX/Vsf, Kolda, 8-9 avril 1999. Kolda, Sénégal, Vsf, 15 p.

Summary

Ba Diao M., Senghor C.D., Diao B. Women in the Suburban Subsector of Milk Production and Processing in Senegal. Case of Kolda Area

In 2000, a participatory survey was carried out in Kolda area, in the Sudanese zone of Southern Senegal, to analyze constraints to development of the milk subsector and to determine women's role and contribution to this subsector. Women are often cattle legal owners. They also hand milk cows, and process and market dairy products. However, they have no control over means of production; it is difficult for them to have access to education and credit, and they little partake in farmers' organizations. To improve their status, it will be necessary to set up a development program that will include training and basic literacy, as well as support measures, e.g. equipment availability to reduce housework, and basic infrastructure development.

Key words: Role of women – Milk production – Participation of women – Educational policy – Farmers' association – Senegal.

- CONWAY G.R., MCCRACKEN J., PRETTY J., 1988. Introduction au diagnostic rapide pour le développement en milieu rural. Londres, Royaume-Uni, IIED, 24 p.
- DIEYE P.N., 1997. Etude de la production laitière de la vache Ndama dans les systèmes de production mixtes de la zone subhumide du Sénégal. Mémoire de Confirmation, Isra, Kolda, Sénégal, 48 p.
- DIREL, 1998. Programme de développement de l'élevage au Sénégal oriental et en Haute Casamance. Dakar, Sénégal, Direction de l'Elevage, 32 p.
- DUPIRE M., 1962. Les facteurs humains de l'économie pastorale. Niamey, Niger, Ifan-Cnrs, 61 p. (Etudes nigériennes 6)
- DUPIRE M., 1970. Organisation sociale des Peuls. Etude d'ethnographie comparée. Thèse Doct. es-Lettres, université Paris, France, Plon, 624 p.
- FAO, 1994. Women, agriculture and rural development: a synthesis report of the Africa region. Rome, Italy, FAO, 58 p.
- KOOPMAN J., 1997. Parité entre hommes et femmes et participation à la planification du développement agricole. Dix études de cas : ce qu'il faut en retenir. Service des femmes dans le développement. Rome, Italie, FAO, 63 p.
- MERCOIRET M.-R., 1994. Participation populaire et durabilité. In : Benoit-Cattin M., De Grandi J.-C. éd., Promotion de systèmes agricoles durables dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne. Rome, Italie, FAO, p. 185-197.
- MONIMART R., 1989. Femmes du Sahel : la désertification au quotidien. Paris, France, Karthala, Ocede, 154 p.
- NDIAYE O.K., 1997. Parité entre hommes et femmes et participation à la planification du développement agricole. Leçons du Sénégal. Service des femmes dans le développement. Dakar, Sénégal, FAO, 36 p.
- OXBY C., 1990. Peuples pasteurs en crise : les réponses des ONG en Afrique. Paris, France, Syros-Alternatives, 144 p.
- SOW F., 1998. Quand l'une n'est pas l'autre : à propos des rôles sociaux des sexes. *Afr. Dev.*, **33** : 5-12.
- Technologie Développement Consultance, 2000. Les opportunités d'affaires dans la filière laitière de la région de Kolda. Dakar, Sénégal, Dynaentreprises/USAid, 95 p.

Reçu le 07.02.2002, accepté le 14.11.2003

Resumen

Ba Diao M., Senghor C.D., Diao B. Las mujeres en la filial lechera peri-urbana en Senegal. El caso de la región de Kolda

En el año 2000, se realizó una encuesta participativa en la región de Kolda, zona sudanesa al sur de Senegal, con el fin de analizar los obstáculos al desarrollo de la filial lechera y determinar el papel y el aporte de las mujeres en esta filial. Las mujeres son a menudo las propietarias jurídicas de los bovinos, se encargan del ordeño y aseguran la transformación y comercialización de la leche. Sin embargo, no poseen ningún control sobre los factores de producción, el acceso a la instrucción y al crédito les es difícil y su nivel de participación en las organizaciones campesinas es bajo. La mejora de su situación pasa necesariamente por el establecimiento de un programa de apoyo, que comprenda acciones de formación y de alfabetización funcional, así como medidas de acompañamiento, tales como proporcionar materiales que faciliten los trabajos domésticos y la construcción de infraestructuras físicas de base.

Palabras clave: Papel de la mujer – Producción lechera – Participación de la mujer – Política educacional – Asociación de agricultores – Senegal.

Genetic Trends for Growth in a Selection Experiment Involving Purebred and Two-Breed Synthetic Beef Breed in a Tropical Environment

A.L. Ebangi^{1,2*} G.J. Erasmus²
C.L. Tawah² D.A. Mbah³

Key words

Gudali cattle – Wakwa cattle – Meat animal – Genetic gain – Cameroon.

Summary

Data collected between 1968 and 1988 from a selection experiment involving the purebred Gudali and a two-breed synthetic, the Wakwa, at the Animal Production and Research Station of Wakwa in Ngaoundere, Cameroon, were analyzed using mixed model procedures. An assessment of genetic progress indicated positive and significant ($p < 0.01$) annual mean direct genetic trends for average preweaning daily gain (ADG), birth weight (BWT), weaning weight (WWT), yearling weight (YWT) and eighteen-month weight (EWT) in both breeds. Corresponding annual maternal trends, with the exception of the ADG trend in Gudali and EWT in Wakwa, were significant ($p < 0.05$) but negative. Differences between corresponding direct responses in Gudali and Wakwa were not significant. It was concluded that improvement through selection of growth traits was possible in both the synthetic and the indigenous breeds in a harsh tropical environment. The genetic antagonism between the direct and maternal genetic effects was of great concern and therefore requires further investigation.

■ INTRODUCTION

Cattle production in Cameroon is essentially under a traditional small-scale husbandry management system. The resultant effects are high inbreeding, low fertility, high mortalities of about 5-10% in adult cattle and 20% in calves (Tanya, unpublished results). In an effort to change the situation, the government has put in place a number of programs for cattle production improvement. In 1952 a program code-named "Wakwa" was launched (24). This program developed a two-breed synthetic beef cattle, the Wakwa, from mating the American Brahman to the local Gudali and continuing with the first filial generation (33). In 1969, another program, the

Gudali (Ngaoundere), was launched (22). This program was geared towards the systematic improvement of the indigenous Gudali through selection without crossbreeding. Much data on growth traits have accumulated over the years since the inception of the two programs. An evaluation of these data, in the form of an assessment of genetic progress attained, is imperative in an effort to identify problems to be expected for possible remedial actions.

Improvement in beef cattle through selective breeding presupposes the ability to recognize and mate animals with superior genotypes for economically important traits. Initial evaluation of bulls in the two programs had, however, simply been based on within-group comparisons. Research findings have shown that mass selection on own performance can lead to a bias (10, 17) resulting from the wrongly ranking of bulls and the non-adjustment of group averages for genetic changes that have taken place (35, 36). Tawah et al. (32), in an effort to improve on this methodological bias, used the best linear unbiased prediction (BLUP) approach developed by Henderson (11, 12) to estimate genetic trends for birth and weaning weights in Gudali and Wakwa breeds. No further attempts have been made to evaluate also genetic changes for postweaning weights in the two breeds.

1. Regional Centre for Agricultural Research for Development Wakwa, PO Box 65, Ngaoundere, Cameroon

2. Dept of Animal Science, University of the Free State, PO Box 339, Bloemfontein 9300, South Africa

3. Ministry of Scientific and Technical Research, PO Box 1457, Yaounde, Cameroon

*Corresponding author (Cameroon address)

Henderson's mixed model methodology (MMM) (11, 12) is now the method of choice to evaluate BLUP for direct additive and maternal breeding values. This method can have many applications; among others, it enables maximum utilization of information from relatives (3, 29, 30, 34), leading to more precise inferences about genetic values and to the correction of biases due to ignoring many relationships (9), effectiveness in separating genetic effects from environmental effects (1, 3) and across-herd and across-year evaluations, provided there is genetic connectedness between herds and years (11, 13). Consequently, BLUP evaluation can substantially improve genetic progress in beef cattle since it results in higher accuracy, increased selection intensity and early identification of young animals of higher genetic merits as a result of comparing estimated breeding values (EBV) across herds and years. The objective of this study was to use the mixed model methodology to estimate comparative genetic trends for direct and maternal effects for preweaning and postweaning growth weights in Gudali and Wakwa breeds.

■ MATERIALS AND METHODS

The breeding animals were obtained from two selection experiments. One involved a recurrent selection of the local, purebred Gudali and the other a two-breed synthetic beef breed, the Wakwa. Data and various effects affecting the growth traits in the selection experiments have already been comprehensively

reported by Ebangi et al. (6). In addition, details on the experimental procedures have also been provided by Lhoste (21, 22), and Pamo and Yonkeu (28). However, the edited data structure on progeny records and covariates are presented in Tables I and II.

In beef cattle, selection experiments are usually based on what is regarded as important, namely the increased growth rate. In the Gudali and Wakwa selection experiment, a weight ratio (traditionally called an index) at weaning, 12, 24 and 36 months of age was used for individual selection. The ratio was calculated on a within age-sex-breed group basis. Individual animals were selected on a weight index calculated as a ratio of an individual's weight at weaning, yearling, 24 and 36 months to its corresponding age-sex-breed contemporary group average weight. The selection truncation point varied with numbers available, influenced by reproductive rate, deaths, sales, emergency slaughters and replacement requirements. According to Tawah et al. (32), conformation and physical or structural soundness were additional criteria used on sires and heifers that had already been subjected to individual weaning weight screening for final selection. The test bulls were then randomly mated to about 30 to 40 breeding females for progeny testing. The testing procedure has been described by Tawah et al. (32). Heifers were usually mated at three to four years or at 250 kg body weight and proportionately about 0.05 to 0.10 cows were regularly culled together with their progeny for poor calf weaning weight or poor individual

Table I

Summarized data structure on genetic trends

Breed	Trait	Rec	Mean	SD	CV	Sires	Dams	Dam/Sire	Rec/Sire	Rec/Dam
Gudali	BWT	2 886	24.09	2.73	11.34	93	1137	12.23	32.99	2.70
	ADG	2 732	0.52	0.12	23.14	93	1115	11.99	32.99	2.75
	WWT	2 899	149.79	28.49	9.15	93	1181	12.70	32.99	2.60
	YWT	2 098	159.12	28.04	17.64	82	1001	12.21	25.59	2.10
	EWT	1 957	197.77	36.50	18.45	79	931	12.08	24.80	2.10
Wakwa	BWT	1 793	24.90	3.14	12.62	60	656	10.93	32.68	2.99
	ADG	1 656	0.57	0.12	21.11	60	639	10.65	32.68	3.07
	WWT	1 838	161.65	29.54	18.27	60	710	11.83	32.68	2.76
	YWT	1 372	170.70	27.71	16.23	53	570	10.75	27.08	2.52
	EWT	1 328	213.65	37.38	17.50	53	579	11.13	25.17	2.30

Rec = number of records; SD = standard deviation; CV = coefficient of variation; BWT = birth weight (kg); ADG = preweaning average daily weight gain (kg/d); WWT = weaning weight (kg); YWT = yearling weight (kg); EWT = eighteen-month weight (kg)

Table II

Summarized data structure of covariates on genetic trends

Breed	Covariate	Minimum	Maximum	Mean	SD	CV
Gudali	WAGE	114	398	238.67	17.14	7.32
	YAGE	260	450	362.87	13.85	3.82
	EAGE	455	634	541.62	13.22	2.44
Wakwa	WAGE	151	319	239.28	14.84	6.20
	YAGE	252	400	361.69	11.50	3.18
	EAGE	458	592	541.18	12.29	2.27

SD = standard deviation; CV = coefficient of variation; WAGE = weaning age; YAGE = yearling age; EAGE = eighteen-month age

performance (age, conformation, agalactia, hardiness, disease resistance, maternal instinct and temperament) and failure to conceive after two successive matings (32).

BLUP for direct additive and maternal breeding values were obtained for each animal using a single-trait animal model. The model included a direct effect, maternal effect correlated to the direct effect, non-additive maternal permanent environmental effect, uncorrelated to direct and maternal effects and environmental effect, associated with the animal, fitted as random effects. Sex, season of calving, herd, calf birth year (CBY) and cow age group (CAG) were fitted as fixed effects. Ages at weaning (WAGE), yearling (YAGE) and eighteen months (EAGE) were fitted as linear covariates on weaning, yearling and eighteen-month weights, respectively, as described by Ebangi et al. (7). The estimated breeding value (EBV) for each animal was obtained with the MTDFREML program (2) together with estimates of variances and covariances for the different performance traits as described by Ebangi et al. (7). Annual genetic progress for direct and maternal effects were obtained as the mean of EBVs of a calving year. Direct and maternal genetic trends and standard errors, regression fit (R^2) and level of trend significance for each breed-trait combination were estimated by regressing BLUP-derived mean annual EBVs on year of calving using the general linear regression (31). The total direct and maternal trends were obtained by multiplying the annual trend for each breed-trait combination (regression coefficient) by the number of years encompassed in the data. The overall genetic trend for each breed-trait combination was obtained by adding corresponding direct and maternal genetic trends. Due to difficulties in obtaining true cumulative selection differentials, as proposed by James (15) for mixed model analyses, an approximation of the "realized heritability" (h^2_R) for each trait was calculated using the formula $h^2_R = R/i\sigma_p$ (8), where R was the overall genetic trend, i the unweighted means of selection intensities for males and females obtained from appendix A of Falconer and Mackay (8) and σ_p the phenotypic standard deviation calculated from phenotypic variances reported by Ebangi et al. (7). It was assumed that the selection intensity was the same in both breeds and that 70 and 90% of the bulls and heifers, respectively, were selected as reported by Tawah et al. (32).

■ RESULTS AND DISCUSSION

Direct genetic trends, maternal genetic trends, total genetic trend, regression fit (R^2), realized heritability (h^2_R), standard errors and level of significance for the traits are presented in Tables III and IV, respectively.

The annual direct genetic trends in Gudali were positive and significantly ($p < 0.05$ or $p < 0.01$) different from zero. The lowest direct trend was obtained for the average daily gain (1.0 g/day) and the highest obtained for yearling weight (0.33 kg/year). Corresponding annual maternal trends, though negative, were also significantly ($p < 0.05$ or $p < 0.01$) different from zero but for average preweaning daily gain. Annual maternal trends showed a decline from average preweaning daily gain (-0.1 g/day) to yearling weight (-0.15 kg/year). In Wakwa, annual direct genetic trends were also positive and significantly ($p < 0.05$ or $p < 0.01$) different from zero. They exhibited an upward trend from average preweaning daily gain (1.0 g/day) to eighteen-month weight (0.24 kg/year). Maternal trends in the Wakwa breed were also negative and significantly ($p < 0.05$ or $p < 0.01$) different from zero but for the eighteen-month weight trend. They also experienced a decline from average preweaning daily gain (-0.3 g/day) to weaning weight (-0.06 kg/year). A positive maternal trend was however noticeable from yearling (-0.001 kg/year) to eighteen months

(0.04 kg/year). But for direct annual trends for birth weight and average daily gain, direct trends in Gudali were higher than corresponding trends in Wakwa. Conversely, maternal trends in Wakwa were negatively higher than corresponding trends in Gudali but for WWT and YWT trends. Regression fits (R^2) ranged from 18 to 65% and from -3 to 60% in Gudali, and from 16 to 61% and 12 to 53% in Wakwa, for direct and maternal trends, respectively. The estimates for realized heritability ranged from 0.23 to 0.39 in Gudali and from 0.03 to 0.50 in Wakwa.

Total genetic trends, a reflection of the overall genetic changes in the population as a result of selection for both direct and maternal effects, estimated as the sum of total direct trends and total maternal trends (TMT), were generally lower than total direct trends. This was because positive trends in direct genetic effects were offset by negative trends of maternal effects. Total genetic trends were 0.29 and 0.20 kg, 0.01 and 0.01 kg, 2.39 and 2.90 kg, 3.08 and 4.03 kg, and 3.94 and 4.88 kg, at birth, average preweaning daily gain, weaning, yearling and eighteen months, in Gudali and Wakwa, respectively.

Estimated annual breeding values for the direct and maternal genetic effects are illustrated in Figures 1 to 10. With the exception of EBVs for direct genetic effect for birth weight (Figure 1) in Gudali, two trend patterns appear clearly in all other figures: an earlier downward trend in EBVs followed by an upward trend. The birth weight in Gudali experienced an upward trend from 1968 (-0.19 kg) to 1972 (0.16 kg) and then dropped in 1973 (-0.13 kg). It experienced thereafter an upward trend and attained a maximum annual trend of 0.37 kg in 1985. In Wakwa, the direct genetic trend for birth weight followed a downward trend from 1968 (0.01 kg) to 1973 (-0.71 kg), followed thereafter by an upward trend and attained an annual maximum genetic response of 0.44 kg in 1985.

The downward trend in EBVs for ADG and WWT, and YWT and EWT direct genetic effects in Gudali was from 1968 to 1972 and 1968 to 1970, respectively. It was followed thereafter by an upward trend, attaining annual maximum genetic responses of 20.0 g/day, 6.3, 6.3 and 4.0 kg/year for ADG, WWT, YWT and EWT, respectively, in 1982 (Figures 3, 5, 7, 9). The pattern of EBVs for maternal genetic effects was the reverse of that for direct trends for all traits but for EWT, where it was virtually zero. On the other hand, the downward trend for EBVs for direct genetic effects for ADG, WWT, YWT and EWT in Wakwa occurred between 1968 and 1969. It was followed by an upward trend, attaining maximum annual genetic responses of 10.0 g/day, 4.2, 3.8 and 5.4 kg/year in 1983 for ADG, WWT, YWT and EWT, respectively (Figures 4, 6, 8, 10). As was the case in Gudali, the direction of maternal trends was the opposite of that of direct trends but for the EWT trend.

Considerable fluctuations in EBVs for direct and maternal genetic effects occurred and are illustrated in Figures 1 to 10 as reflected by predominant peaks. This is probably an indication that estimates of annual genetic trends tended to hide substantial variations across years and herds. With the exception of the EWT trend in Wakwa, the general tendency was that, as EBVs for direct effects increased, corresponding maternal EBVs decreased. This observation is in agreement with findings by Johnson et al. (16) for birth weight, preweaning gain and 205-day weight traits in Angus and birth weight in Herefords. The initial downward trends can be attributed to the limited number of animals in the population during the earlier phase of the experiments, which resulted in a reduction in genetic variability and selection intensity. Culling of animals at this stage was therefore relaxed and, consequently, genetically inferior animals were allowed to reproduce in order to increase the size of the population. The upward trend can be

Table III

Direct and maternal genetic trends (standard error) for preweaning and postweaning traits in Gudali cattle from 1968 to 1988

Trait	DTD	TDT	R ²	MTD	TMT	R ²	TTD	h ² _R
BWT	0.022** (0.004)	0.418	0.60	-0.007** (0.001)	-0.133	0.60	0.285	0.33
ADG	0.0005* (0.0001)	0.0095	0.18	-0.0001 ^{ns} (0.0001)	-0.0019	-0.03	0.008	0.23
WWT	0.228** (0.053)	4.351	0.49	-0.103* (0.030)	-1.957	0.24	2.394	0.29
YWT	0.326** (0.06)	5.542	0.65	-0.145** (0.03)	-2.465	0.58	3.077	0.39
EWT	0.245** (0.06)	4.165	0.47	-0.013* (0.006)	-0.221	0.21	3.944	0.37

DTD = direct trend (kg/year); TDT = total direct trend; R² = regression fit for genetic trend; MTD = maternal trend (kg/year); TMT = total maternal trend; TTD = total genetic trend (TDT + TMT); h²_R = realized heritability

BWT = birth weight (kg); ADG = preweaning average daily weight gain (kg/d); WWT = weaning weight (kg); YWT = yearling weight (kg); EWT = eighteen-month weight (kg)

* p < 0.05; ** p < 0.01; ^{ns} not significant

Table IV

Direct and maternal genetic trends (standard error) preweaning and postweaning traits in Wakwa cattle from 1968 to 1988

Trait	DTD	TDT	R ²	MTD	TMT	R ²	TTD	h ² _R
BWT	0.027* (0.01)	0.540	0.16	-0.017* (0.007)	-0.340	0.20	0.200	0.21
ADG	0.0008* (0.0003)	0.016	0.23	-0.0003* (0.0001)	-0.006	0.20	0.010	0.03
WWT	0.199* (0.08)	3.983	0.28	-0.064* (0.03)	-1.088	0.15	2.895	0.32
YWT	0.238** (0.06)	4.046	0.53	-0.001** (0.0002)	-0.017	0.53	4.029	0.50
EWT	0.243** (0.036)	4.131	0.61	0.044 ^{ns} (0.02)	0.748	0.12	4.879	0.46

DTD = direct trend (kg/year); TDT = total direct trend; R² = regression fit for genetic trend; MTD = maternal trend (kg/year); TMT = total maternal trend; TTD = total genetic trend (TDT + TMT); h²_R = realized heritability

BWT = birth weight (kg); ADG = preweaning average daily weight gain (kg/d); WWT = weaning weight (kg); YWT = yearling weight (kg); EWT = eighteen-month weight (kg)

* p < 0.05; ** p < 0.01; ^{ns} Not significant

attributed to an increase in selection intensity because of improved methodology, and an increase in the population size resulting in greater genetic variability. In the later part of the selection program, most of the calves born in the herds had become proven sires and dams. The positive and negative swings in EBVs might be attributed to fluctuations in selection differentials, possibly because of alterations in selection objectives and management policies. Replenishment of stock, especially Gudali, by later introductions could equally have contributed to fluctuations in EBVs. The early increase in EBVs in the Wakwa breed might be attributed to the fact that the selection program in the breed started during the early stage of breed formation when there were greater variations in the growth traits. Consequently, there was a higher response of the traits to selection in Wakwa than in Gudali, which

was gradually constituted during the selection period. Tawah et al. (32) also predicted a decline in trends in Wakwa due to a reduction in herd size because of continuous distribution of animals to farmers, high mortalities due to dermatophilosis, and lack of a clear breed selection policy. Consequently, while selection differentials were on the rise in Gudali because of an increase in population size and genetic variability, it was the opposite in Wakwa.

It is also most likely that the low genetic overall responses might be attributed to the genetic antagonism found between direct and maternal genetic effects as a result of reported high negative genetic correlations between direct and maternal effects in both breeds (7). As a result of this genetic antagonism, the estimates of overall genetic trends were lower because the positive estimated

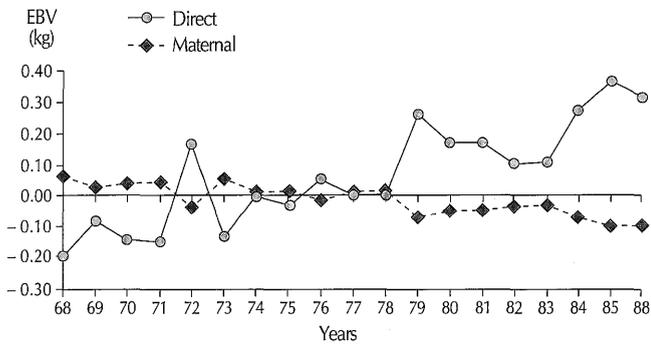


Figure 1: Direct and maternal genetic trends for birth weight in Gudali beef cattle. EBV = estimated breeding value.

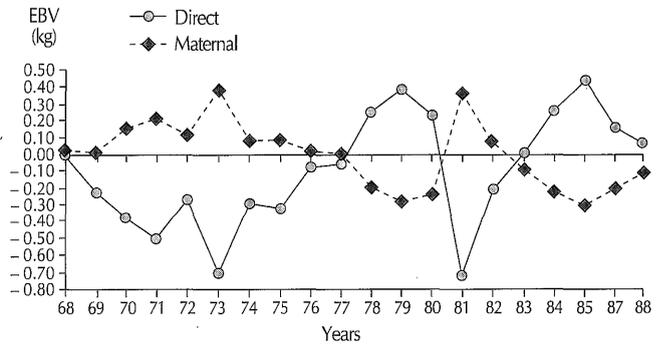


Figure 2: Direct and maternal genetic trends for birth weight in Wakwa beef cattle. EBV = estimated breeding value.

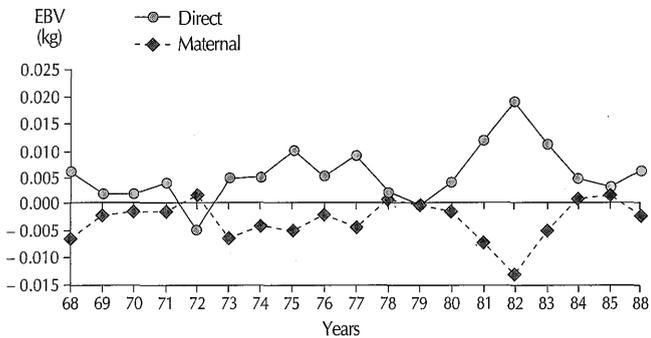


Figure 3: Direct and maternal genetic trends for preweaning average daily weight gain in Gudali beef cattle. EBV = estimated breeding value.

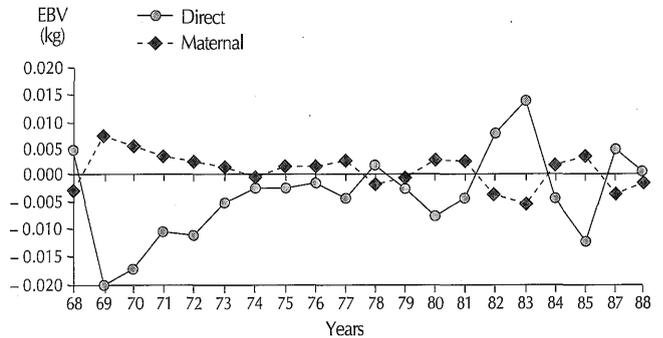


Figure 4: Direct and maternal genetic trends for preweaning average daily weight gain in Wakwa beef cattle. EBV = estimated breeding value.

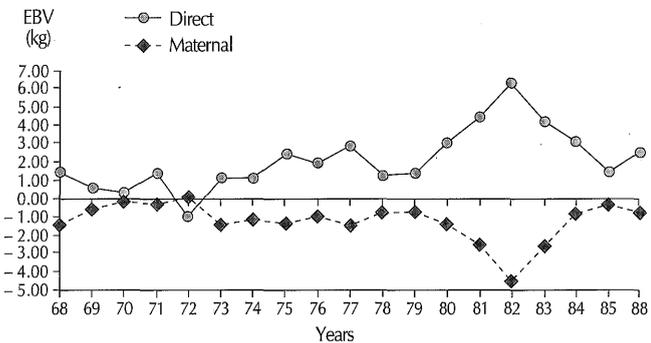


Figure 5: Direct and maternal genetic trends for weaning weight in Gudali beef cattle. EBV = estimated breeding value.

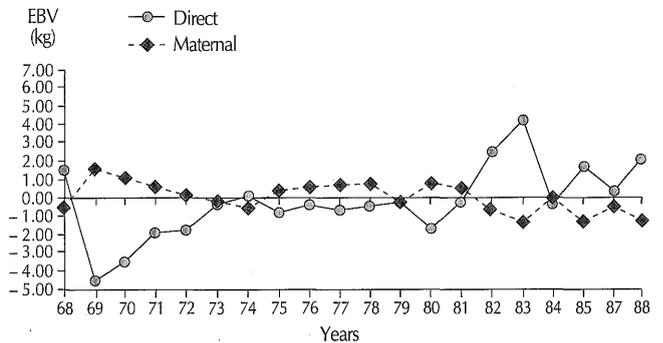


Figure 6: Direct and maternal genetic trends for weaning weight in Wakwa beef cattle. EBV = estimated breeding value.

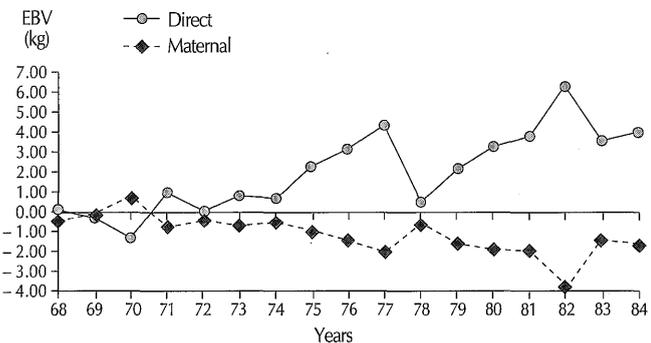


Figure 7: Direct and maternal genetic trends for yearling weight in Gudali beef cattle. EBV = estimated breeding value.

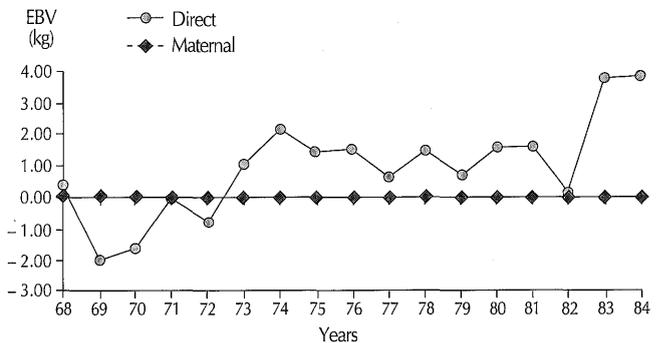


Figure 8: Direct and maternal genetic trends for yearling weight in Wakwa beef cattle. EBV = estimated breeding value.

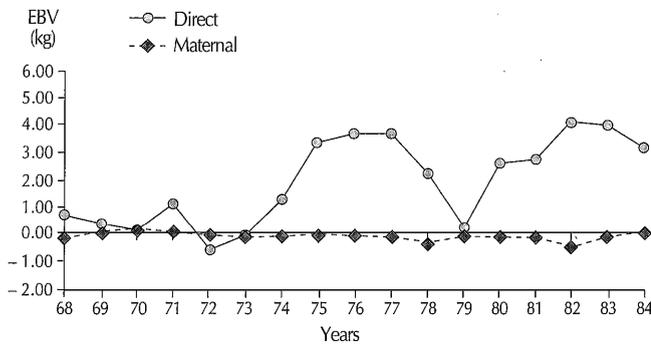


Figure 9: Direct and maternal genetic trends for eighteen-month weight in Gudali beef cattle. EBV = estimated breeding value.

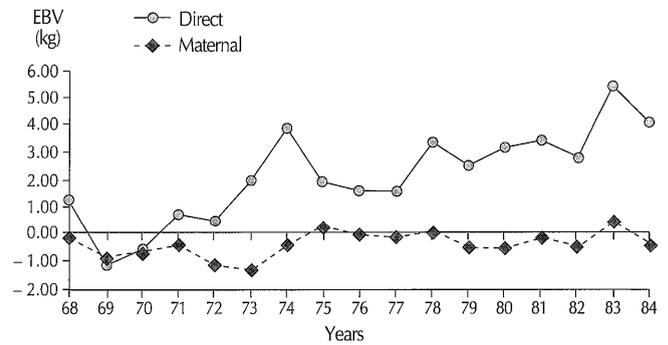


Figure 10: Direct and maternal genetic trends for eighteen-month weight in Wakwa beef cattle. EBV = estimated breeding value.

breeding values obtained for direct genetic effects were offset by the corresponding negative contributions from maternal genetic effects. It could be further explained by the fact that maternal contribution measures one half of the trend for direct effects plus the full trend in the maternal environment due to genetic and non-genetic effects. Accordingly, a negative trend in maternal genetic effects and (or) non-genetic effects such as heifer rearing practices would certainly bring about the lower (negative) maternal trend as was reported by Deese and Roger (4), and Hohenboken and Brinks (14). On the other hand, the present trends obtained are merely results from retrospective analyses over a period when the contemporary group comparison method was used in ranking bulls. As stated earlier, contemporary comparison has been shown to produce bias results (10, 17) and not to adjust for group averages in situations where genetic changes have taken place (35, 36). Consequently, it is possible that inferior bulls were maintained in the herds. In addition, selection for single traits in Gudali and Wakwa beef cattle were seldom practiced. Apart from selecting for growth, selection usually involved, among others, functional and structural soundness of udders, feet, legs, eyes and fertility, viability and disposition. Other factors likely to lower the genetic trends include interactions of genotype and environment, direct maternal effects, high mortality rates (23) for less than two-year-old calves, low parturition rates (35), prolonged mating of heifers as a result of poor growth, long generation intervals (7.1 years in Gudali and 8.7 years in Wakwa; 32), preference placed on certain sires leading to their being maintained for an extended period of time in the herds, and use of dubious young bulls.

The observed trends in the present study were lower than theoretical attainable trends. Tawah et al. (33) reported higher sire estimated transmitting ability (ETA) and dam estimated breeding values for birth and weaning weights in Gudali. The authors also reported higher dam EBV and sire ETA for birth and weaning weights, respectively, in Wakwa. Sire ETA and dam EBV reported for birth and weaning weights in Wakwa were, however, lower than reported estimates in this study. It is most likely that the differences in the trends are due to differences in models and analytical procedures used and sample size. Direct trends for weaning weight in Gudali were higher than direct trends reported by Khombe et al. for the weaning weight of Mashona cattle breed of Zimbabwe (18). The overall genetic trends reported in the present study were also higher than trends of 0.003, -0.013, 0.097 and 0.097 kg/year in the Gobra breed reported by Diop and Van Vleck (5) for birth, weaning, yearling and final weights, respectively. However, present estimates were low compared to those obtained for temperate beef cattle breeds (3, 19, 20, 25, 26, 27, 34).

Realized heritability essentially describes selection response and might not provide valid information on real heritability (8). The estimates obtained in the present study were moderate to high but for the estimate for average preweaning daily gain in Wakwa. These moderate to high estimates might therefore be indicators of higher responses to selection when management and husbandry practices are improved with selection intensity remaining constant.

CONCLUSION

Significant positive direct trends reported for preweaning daily gain, weaning and yearling weights traits in both Gudali and Wakwa indicated that selection for improvement was effective. Significant positive trends reported for birth and eighteen-month weights also indicated that direct selection for weaning and yearling weights could bring about positive correlated responses in these traits. Direct genetic trends were generally higher than corresponding maternal components, indicating that the emphasis placed on direct performance was not successful in increasing maternal performance. Consequently, selecting mainly for direct performance could result in maternal breeding values contributing very little or even negatively to the overall genetic gain. While the direct genetic trend contributes positively to the overall genetic gain, the corresponding maternal component contributes negatively to it. Intense selection for individual growth, when the antagonism between direct and maternal genetic effects is pronounced, could therefore result in a substantial loss in maternal performance. This aspect appears paradoxical and will have to be further investigated.

Acknowledgments

The authors thank the Institute of Agricultural Research for Development (IARD) and Ministry of Livestock, Fisheries and Animal Industries of Cameroon, the French Institute of Animal Production and Veterinary Medicine (CIRAD-EMVT) and the South African National Research Foundation (NRF) for funding the work. The participation at various times of Dr Lhoste, late Drs Mandon and Bregeat, Drs Sergent and Saint-Martin, IEMVT scientists, is greatly appreciated. The study would not have been possible without the record keeping attention of Messrs Haman Saidou, Zanga E. and Kamdoun J.M. Thanks are also extended to Dr Tanya V.N. for his great interest in the work. Finally, we thank Dr Ayuk Takem J.A., Director General of IARD, for authorizing publication of the work.

REFERENCES

1. BLAIR H.T., POLLAK E.J., 1984. Estimation of genetic trend in a selected population with and without the use of a control population. *J. Anim. Sci.*, **58**: 878-886.
2. BOLDMAN K.G., KRIESE L.A., VAN VLECK L.D., KACHMAN S.D., 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and co-variances. Lincoln, NE, USA, USDA-ARS.
3. CRUMP R.E., SIMM G., NICHOLSON D., FINDLAY R.H., BRYAN J.G.E., THOMPSON, R., 1997. Results of multivariate individual animal model genetic evaluations of British pedigree beef cattle. *J. Anim. Sci.*, **65**: 190-207.
4. DEESE R.E., KOGER M., 1967. Maternal effects on preweaning growth rate in cattle. *J. Anim. Sci.*, **26**: 250-253.
5. DIOP M., VAN VLECK L.D., 1998. Estimates of genetic parameters for growth traits of Gobra cattle. *J. Anim. Sci.*, **66**: 349-355.
6. EBANGI A.L., ERASMUS G.J., MBAH D.A., TAWAH C.L., MESSINE O., 2002. Factors affecting growth performance in purebred Gudali and two-breed synthetic Wakwa beef cattle in a tropical environment. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **55** : 149-157.
7. EBANGI A.L., ERASMUS G.J., MBAH D.A., TAWAH C.L., MESSINE O., 2001. Genetic parameter estimates for growth traits in purebred Gudali and two-breed synthetic Wakwa beef cattle in a tropical environment. *J. Cameroon Acad. Sci.*, **1**: 86-93.
8. FALCONER D.S., MACKAY T.F.C., 1996. Introduction to quantitative genetics. Harlow, UK, Longman.
9. GIANOLA D., 1999. Statistical methods in animal breeding: Wherefrom and whereto? In: 50th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Zurich, Switzerland, 22-26 August 1999.
10. HARGROVE G.L., LEGATES J.E., 1971. Biases in dairy sire evaluation attributable to genetic trends and female selection. *J. Dairy Sci.*, **54**: 1041-1051.
11. HENDERSON C.R., 1973. Sire evaluation and genetic trends. In: Proc. Anim. Breed. Genet. Symp. in Honor of Dr J.L. Lush. Champaign, IL, USA, Am. Soc. Anim. Sci. and Am. Dairy Sci. Assoc., p. 10-41.
12. HENDERSON C.R., 1975. Best unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics*, **31**: 423-447.
13. HENDERSON C.R., QUAAS R.L., 1976. Multiple traits evaluation using relatives records. *J. Anim. Sci.*, **43**: 1188-1197.
14. HOHENBOKEN H.D., BRINKS J.S., 1971. Relationships between direct and maternal effects on growth in Herefords. II. Partitioning of covariance between relatives. *J. Anim. Sci.*, **32**: 26-34.
15. JAMES J.W., 1966. Cumulative selection differentials and realized heritabilities with overlapping generations. *Anim. Prod.*, **42**: 411-415.
16. JOHNSON Z.B., WRIGHT D.W., BROWN C.J., BERTRAND J.K., BROWN A.H. JR., 1992. Effects of including relationships in the estimation of parameters of beef calves. *J. Anim. Sci.*, **70**: 78-88.
17. KEMP R.A., SCHAEFFER L.A., WILTON J.W., 1984. Comparison of beef sire evaluation models for an organised progeny test. *J. Anim. Sci.*, **58**: 1313-1320.
18. KHOMBE C.T., HAYES J.F., CUE R.I., WADE K.M., 1995. Estimation of direct additive and maternal additive genetic effects for weaning weight in Mashona cattle of Zimbabwe using an individual animal model. *Anim. Prod.*, **60**: 41-48.
19. KOCH R.M., GREGORY K.E., CUNDIFF L.V., 1974. Selection in beef cattle. I. Selection applied and generation interval. *J. Anim. Sci.*, **39**: 450-458.
20. KOCH R.M. GREGORY K.E., CUNDIFF L.V., 1974. Selection in beef cattle. II. Selection response. *J. Anim. Sci.*, **39**: 459-470.
21. LHOSTE P., 1968. Comportement saisonnier du bétail zébu en Adamaoua camerounais. II. La croissance avant sevrage pour les veaux de race locale et les métis demi-sang Brahma. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **21** : 499-517.
22. LHOSTE P., 1977. Genetic improvement of Adamawa zebu (Cameroon) for beef production. In: First international workshop on livestock research in a humid tropical environment, Bouake, Côte d'Ivoire, p. 761-769.
23. LHOSTE P., PIERSON J., 1973. Etude des mortalités et cas d'urgence à la station de recherches zootechniques de Wakwa (Cameroun). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **26** : 431-442.
24. MANDON A., 1957. Le zebu Brahma au Cameroun. Premiers résultats de son introduction en Adamawa. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **10** : 129-145.
25. MRODE R.A., 1988. Selection experiments in beef cattle. 2. A review of responses and correlated responses. *Anim. Breed. Abstr.*, **56**: 155-167.
26. NADARAJAH K., NOTTER D.R., MARLOWE T.J., ELLER A.L., 1987. Evaluation of phenotypic and genetic trends in weaning weight in Angus and Herefords populations in Virginia. *J. Anim. Sci.*, **64**: 1349-1361.
27. NWAKALOR L.N., BRINKS J.S., RICHARDSON G.V., 1976. Estimated genetic improvement in weaning weight of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, **43**: 396-403.
28. PAMO E.T., YONKEU S., 1987. A study of trends in some climatic parameters within the pastoral environment of Wakwa, Adamawa, Cameroon (French). *Revue sci. tech., Sér. Sci. agro.*, **2**: 19-33.
29. QUAAS R.L., 1976. Computing the diagonal elements and inverse of a large numerator relationship matrix. *Biometrics*, **32**: 949-953.
30. QUAAS R.L., POLLAK E.J., 1980. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. *J. Anim. Sci.*, **51**: 1277-1287.
31. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE, 1991. SAS/STAT guide for personal computers, Vers. 6.03. Cary, NC, USA, SAS Institute.
32. TAWAH C.L., MBAH D.A., REGE J.E.O., OUMATE H., 1994. Genetic evaluation of birth and weaning weight of Gudali and two-breed synthetic Wakwa beef cattle populations under selection in Cameroon: genetic and phenotypic trends. *Anim. Prod.*, **58**: 25-34.
33. TAWAH C.L., MBAH D.A., REGE J.E.O., OUMATE H., 1993. Genetic evaluation of birth and weaning weight of Gudali and two-breed synthetic Wakwa beef cattle populations under selection in Cameroon: genetic and phenotypic parameters. *Anim. Prod.*, **57**: 73-79.
34. WRIGHT H.B., POLLAK E.J., QUAAS R.L., 1987. Estimation of variance and covariance components to determine heritabilities and repeatability of weaning weight in American Simmental cattle. *J. Anim. Sci.*, **65**: 975-981.
35. ZOLLINGER W.A., NIELSEN M.K., 1984. An evaluation of bias in estimated breeding values for weaning weight in Angus beef cattle field records. I. Estimates of within herd genetic trends. *J. Anim. Sci.*, **58**: 545-549.
36. ZOLLINGER W.A., NIELSEN M.K., 1984. An evaluation of bias in estimated breeding values for weaning weight in Angus beef cattle field records. II. Estimates of bias due to genetic trends. *J. Anim. Sci.*, **58**: 550-555.

Accepté le 13.10.2003

Résumé

Ebangi A.L., Erasmus G.J., Tawah C.L., Mbah D.A. Progrès génétiques pour la croissance dans une expérience de sélection portant sur deux races bovines bouchères, pure et synthétique, dans un environnement tropical

Des données recueillies entre 1968 et 1988 sur les bovins de la Station zootechnique et de recherche de Wakwa, à Ngaoundéré au Cameroun, au cours d'une expérience de sélection portant sur une race pure (Goudali) et une race synthétique (Wakwa) ont été analysées avec des procédures statistiques de modèles mixtes. L'estimation du progrès génétique a montré que les tendances moyennes annuelles génétiques directes étaient positives et significatives ($p < 0,01$) pour le gain de poids moyen quotidien avant sevrage, le poids à la naissance, le poids au sevrage, le poids à un an et le poids à dix-huit mois chez les deux races. Les tendances annuelles des effets maternels correspondant à ces caractères, à l'exception du gain de poids moyen quotidien avant sevrage chez les Goudali et du poids à dix-huit mois chez les Wakwa, étaient significatives ($p < 0,05$) mais négatives. La différence entre les réponses directes correspondantes chez les Goudali et les Wakwa n'était pas significative. En conclusion, l'amélioration génétique par sélection des caractères de croissance est possible dans un environnement tropical difficile, aussi bien chez la race synthétique que chez la race locale. L'antagonisme génétique entre les effets génétiques directs et maternels est troublant et nécessite des études plus approfondies.

Mots-clés: Bovin Goudali – Bovin Wakwa – Animal à viande – Gain génétique – Cameroun.

Resumen

Ebangi A.L., Erasmus G.J., Tawah C.L., Mbah D.A. Tendencias genéticas para el crecimiento en un experimento de selección, involucrando una raza de carne pura y una raza de carne sintética a partir de dos razas en un medio tropical

Los datos recogidos entre 1968 y 1988 durante un experimento de selección, involucrando ganado puro Gudali y Wakwa, este último sintético a partir de dos razas, en la Estación de Investigación y Producción Animal de Wakwa en Ngaoundere, Camerún, fueron analizados mediante procedimientos de modelos mixtos. Una asesoría del progreso genético indicó promedios anuales positivos y significativos ($p < 0,01$) de las tendencias genéticas directas para la ganancia de peso promedio pre destete (ADG), peso al nacimiento (BWT), peso al destete (WWT), peso al año (YWT) y a los dieciocho meses (EWT) en ambas razas. Las tendencias maternas anuales correspondientes, con excepción de ADG en Gudali y EWT en Wakwa, fueron significativas ($p < 0,05$) pero negativas. Las diferencias entre las respuestas directas correspondientes en Gudali y Wakwa no fueron significativas. Se concluyó que el mejoramiento a través de la selección de los caracteres de crecimiento fue posible tanto en las razas sintéticas como las autóctonas en un medio tropical rudo. El antagonismo genético entre los efectos genéticos maternos y directos representó una preocupación mayor y por lo tanto requiere una investigación ulterior.

Palabras clave: Gudali ganado bovino – Wakwa ganado bovino – Animal de carne – Mejora genética – Camerún.

Elevage et performances de reproduction et de croissance de l'athérure africain. Résultats sur l'étude de sa reproduction en captivité

D. Edderai ¹ P. Houben ²

Mots-clés

Atherurus africanus – Porc-épic – Rongeur – Elevage de gibier – Viande de gibier – Gabon.

Résumé

L'athérure africain (*Atherurus africanus*, Gray 1842) est l'espèce la plus prisée des consommateurs de viande de brousse au Gabon. Les travaux menés par le projet Développement au Gabon de l'élevage de gibier ont permis d'établir un référentiel technique sur l'élevage de ce rongeur. Les animaux sont élevés dans des enclos ou des fûts métalliques. Ils reçoivent une alimentation à base de tubercules et d'arachides. La reproduction se pratique toute l'année avec des animaux âgés au moins de onze mois. Le couple est laissé ensemble deux mois. Après un peu moins de 100 jours, les femelles donnent naissance à un seul jeune qui est sevré à 45 jours. A 10 mois, les animaux pèsent 2 450 g et peuvent être commercialisés. L'athérure est robuste et les taux de mortalité sont faibles. Toutefois, certains paramètres de reproduction et le coût de l'aliment limitent les perspectives économiques de cet élevage.

■ INTRODUCTION

Au Gabon, la consommation de gibier est une habitude alimentaire particulièrement répandue et des consommations annuelles par habitant de 17 kg ont été mentionnées (13). Le phénomène « viande de brousse » est cependant considéré comme la principale menace pour la faune en Afrique centrale, car le renouvellement des espèces exploitées risque de ne plus se faire, voire ne se fait déjà plus (1, 3, 4, 13).

Parmi les espèces couramment consommées, la plus appréciée (Indgijelley M., 1997, rapport Apft, non publié) (5, 13) et la plus

représentée sur les étals de gibier est l'athérure africain (27 p. 100 des pièces présentes sur les marchés de Libreville ; 13). Cela en a donc fait une espèce de choix pour le projet Développement au Gabon de l'élevage de gibier (Dgeg), mis en œuvre par Vétérinaires sans frontières et financé par l'Union européenne.

L'athérure africain (*Atherurus africanus*, Gray 1842) est un rongeur du groupe des hystricognathes, appartenant à la famille des hystricidés. On le trouve dans les forêts humides du golfe de Guinée et du bassin du Congo (7). Exclusivement nocturne, il reste tapi le jour dans des cachettes naturelles (7, 10). Son alimentation est surtout constituée de racines, de tubercules, de fruits et de graines, auxquels s'ajoutent occasionnellement des invertébrés (5, 7).

Le poids des adultes varie de 2,5 à 4 kg. La longueur du corps, du museau à la base de la queue, peut atteindre 50 cm. La queue, recouverte d'écailles, peut mesurer jusqu'à 25 cm et se termine par un pinceau de soies blanches. Le corps est entièrement recouvert d'épines brunes pouvant mesurer jusqu'à 18 cm, à l'exception de la tête, des membres et de la face ventrale recouverts de poils épineux, plus clairs sur le ventre (figure 1).

1. Cirad-emvt, projet Développement d'alternatives au braconnage en Afrique centrale, BP 2572, Yaoundé, Cameroun
Tél : (237) 759 85 75 ; e-mail : david-edderai@netcourrier.com

2. Cirad-emvt, projet Développement d'alternatives au braconnage en Afrique centrale, BP 9129, Libreville, Gabon
Tél./fax : (241) 76 04 22 ; e-mail : dabac@assala.net



Figure 1 : l'athérule.

■ MATERIEL ET METHODES

Cette étude conduite entre octobre 1997 et décembre 2000 à la station d'élevage de gibier du Dgeg, située à Owendo en périphérie de Libreville, a porté sur 55 femelles et 41 mâles. Les animaux avaient été capturés par piégeage au câble entre mai 1995 et février 1998 ou bien ils étaient nés en captivité (n = 47).

Logement

Les athérules étaient élevés dans trois types d'infrastructure. Le premier type consistait en des enclos intérieurs fermés s'inscrivant dans un bâtiment général grillagé. Ils étaient constitués d'une chambre de 1 m² surmontée d'un couvercle. Des unités doubles (communication entre deux chambres par une trappe) servaient aux accouplements (figure 2). Les parois internes étaient cimentées pour éviter le rognage. Leur hauteur était de 80 ou 100 cm. Dans ce dernier cas, les couvercles ne pouvaient pas être rognés, mais la manipulation des animaux était malaisée. Les couvercles en bois laissaient passer le minimum de lumière, compte tenu des mœurs nocturnes de l'animal, tout en permettant une ventilation suffisante à l'intérieur des pièces. Le sol cimenté était en pente pour amener les eaux de nettoyage vers un orifice d'évacuation. En effet, en captivité étroite les athérules sont assez sales ; ce type d'enclos était lavé trois fois par semaine. Les mangeoires et les abreuvoirs en ciment qui reposaient à même le sol étaient fréquemment souillés par des déjections. Ils étaient vidés chaque jour. Une fois par semaine, une désinfection avec du Grésil® ou de l'eau de

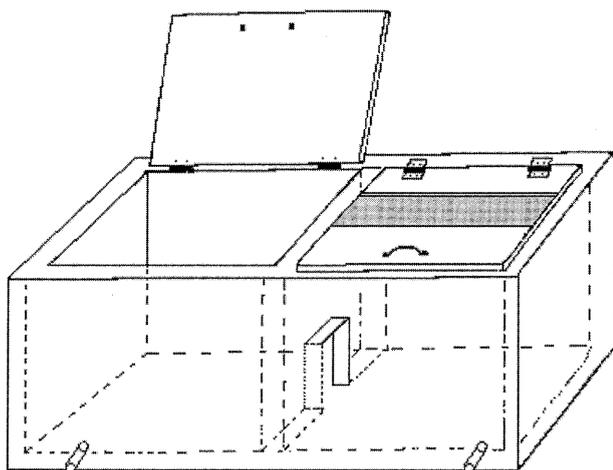


Figure 2 : enclos fermé pour accouplement.

Javel était pratiquée. La densité maximale sur 1 m² était de deux adultes ou quatre jeunes sevrés (subadultes). Trois unités doubles et vingt-six unités simples de ce type étaient présentes à Owendo.

Le deuxième type consistait en des enclos extérieurs ouverts suivant un principe de semi-liberté. Ils étaient composés d'un parcours extérieur de 4 m² communiquant avec une aire de 0,5 m² surmontée d'un couvercle où les animaux pouvaient se réfugier, être isolés ou s'abriter des intempéries (figure 3). L'abri mesurait 1 m x 0,5 m x 0,55 m ; les murs étaient en dur et le couvercle en tôle. La partie externe était délimitée par un mur de 65 cm de haut surmonté d'un grillage de 1,15 m scellé sur le dessus du mur pour empêcher les athérules de prendre pied sur un éventuel rebord. Le sol était en terre (l'athérule ne creuse pas). Un grillage était apposé en guise de toit car certains animaux parvenaient à grimper le long du grillage et auraient pu fuir. Des branchages et cachettes étaient disposés dans le parcours extérieur. La mangeoire et l'abreuvoir, placés dans l'abri, étaient vidés quotidiennement. Ces enclos n'étaient nettoyés que lorsqu'ils étaient libérés (soit après deux mois d'occupation par le couple). Ni les excréments, ni les débris alimentaires n'étaient collectés pendant l'occupation des enclos. La nature robuste des athérules et leur tendance à déféquer au même endroit leur permettaient de bien supporter ces conditions. Par ailleurs, il n'était pas rare que des ressources alimentaires y apparaissent spontanément, notamment des feuilles de patates qui étaient consommées par les animaux. Huit unités de ce type étaient présentes à Owendo. Elles servaient à la réalisation d'accouplements.

Le troisième type consistait en des fûts aménagés ; ces structures d'élevage, basées sur l'utilisation de matériaux de récupération, étaient moins coûteuses. Les fûts métalliques de 88 cm de longueur et 58 cm de diamètre avaient été travaillés (figure 4) :

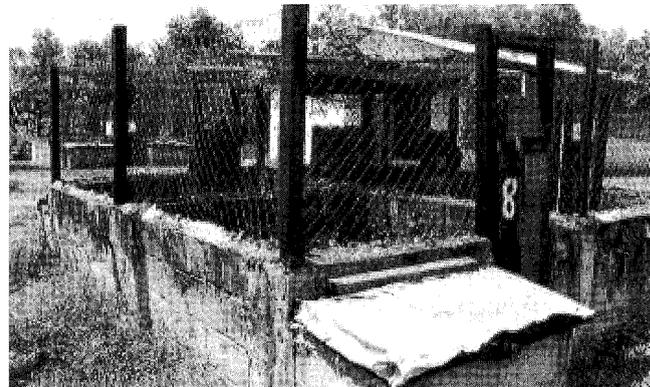


Figure 3 : enclos extérieur.

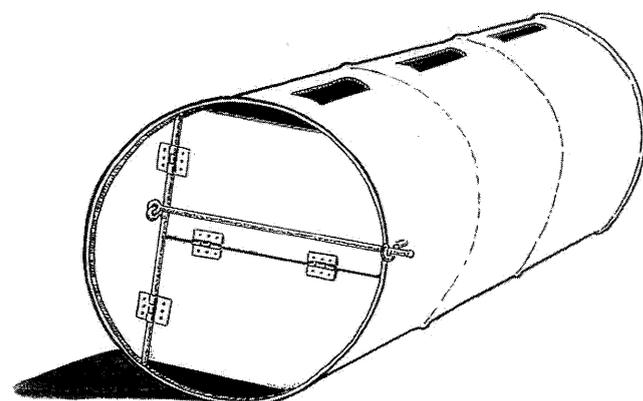


Figure 4 : fût aménagé.

Tableau I

Poids des athérures adultes (> 2 300 g)

	Poids moyen (g)	Poids maximum (g)	Poids minimum (g)
Mâles (n = 30)	2 849,34 ± 321,14	3 800	2 300
Femelles (n = 44)	2 779,22 ± 326,94	3 950	2 000

des ouvertures percées sur le dessus et sur les deux faces permettaient le renouvellement de l'air et l'évacuation de l'air chaud ; et des couvercles, scindé en trois parties soudées sur des fers à béton et articulées avec des charnières, permettait une ouverture modulable. Une tige en fer à béton servait de système de fermeture. Les fûts étaient superposés pour loger plus d'animaux par unité de surface (type « batterie »). Ceux du niveau inférieur reposaient sur des palettes et une légère inclinaison vers l'arrière était appliquée à l'ensemble, permettant ainsi l'écoulement des urines et des eaux de nettoyage. Les fûts étaient lavés trois fois par semaine. Les athérures toléraient parfaitement cette douche forcée et semblaient même l'apprécier ! Les fûts étaient disposés dans un bâtiment grillagé avec une toiture en paille pour limiter l'échauffement, ce qui était très important compte tenu de la nature métallique de ce type de logement. Au maximum, deux individus adultes pouvaient être placés dans un fût et 17 fûts ont ainsi été aménagés à Owendo.

Alimentation

Les animaux adultes ont reçu chaque jour 500 ml d'eau plus la ration alimentaire suivante : 150 g de patates coupées en tranches, 15 g d'arachide, 25 g de granulé complet pour lapins, 1 branche d'amarante et 75 g de papaye mûre trois fois par semaine. Par ailleurs, toutes les deux semaines et pendant trois jours consécutifs, un complément minéral et vitaminé a été distribué dans l'eau de boisson.

Reproduction

Pour la réalisation des accouplements, les couples monogames ont été réunis pendant deux mois. Puis les femelles ont été isolées. Les mâles tuent systématiquement les nouveau-nés et ne doivent pas être présents lors de la mise bas. Si aucune mise bas ne survenait après 110 jours, les auteurs considéraient que l'accouplement avait échoué. Il était indispensable de fournir aux animaux une cachette pendant l'accouplement (niche en bois ou tube en Pvc). Au total, 63 accouplements monogames ont été réalisés, 19 mâles et 32 femelles ont participé à ces accouplements, et six accouplements polygames ont été effectués : 4 avec 2 femelles, 1 avec 3 femelles et 1 avec 4 femelles. Tous ont eu lieu en enclos extérieurs. Là aussi, les individus ont été isolés après deux mois. Pour chaque accouplement, ont été enregistrés la durée de mise en accouplement ainsi que l'intervalle entre la mise en accouplement et la mise bas. Aucun coït n'a pu être observé.

Les jeunes à la naissance ont été laissés seuls avec leur mère jusqu'au sevrage qui intervenait à 45 jours. Ils ont été pesés le jour de la naissance, au sevrage, puis toutes les deux semaines jusqu'à six mois et une fois par mois jusqu'à un an. Les adultes ont été pesés tous les deux mois. Les individus mis en accouplement ont été pesés le jour de la mise en accouplement puis le jour de l'isolement. Chaque animal a été identifié par une boucle auriculaire.

■ RESULTATS

Reproduction en captivité

Le dimorphisme sexuel des athérures s'exprime au niveau des organes génitaux externes. Le gabarit des mâles et des femelles est sensiblement le même (tableau I).

Maturité sexuelle

L'âge des animaux a été donné à la mise en accouplement. Celui-ci a pu être déterminé pour les animaux nés dans la station de l'étude ou pour les animaux capturés jeunes (poids < 1 800 g) d'après leur poids.

Les deux femelles les plus jeunes ayant mis bas étaient âgées de 11 et 11,5 mois et pesaient 2 500 g à la mise en accouplement. Les mises bas se sont déroulées respectivement 119 et 111 jours après la mise en accouplement, indiquant une fécondation rapide après la constitution des couples (cf. durée de la gravidité ci-dessous). La maturité sexuelle de la femelle athérure semble donc intervenir entre 11 et 12 mois. Le poids des femelles n'a pas semblé déterminant dans l'apparition de la maturité sexuelle : quatre femelles âgées de 7 à 8 mois, pesant entre 2 500 et 2 700 g et mises à la reproduction n'ont pas mis bas après ce premier accouplement. Chacune a finalement mis bas à un âge compris entre 17 et 23 mois, consécutivement à leurs secondes mises en accouplement.

Chez les mâles, des accouplements féconds ont été obtenus avec trois individus âgés respectivement de 8,5, 9,5 et 10 mois. Toutefois, avec le mâle âgé de 8,5 mois, la mise bas a eu lieu 145 jours après la mise en accouplement, ce qui pouvait traduire une fécondation tardive après la mise en accouplement. Il semble donc raisonnable de considérer que la maturité sexuelle des mâles survient entre 9 et 10 mois. Là encore, l'âge semble déterminant dans l'apparition de la maturité sexuelle puisque des mâles plus lourds (2 550 à 2 800 g) mais plus jeunes (< 8,5 mois) n'ont pas fécondé les femelles.

Constitution des couples, réalisation des accouplements

Selon les résultats de cette étude, il n'a pas été possible de montrer que l'écart de poids entre le mâle et la femelle avait influencé le taux de réussite des accouplements ou la précocité avec laquelle ils s'opéraient. La sélection peut se porter sur des couples où le mâle est plus lourd, plus léger ou d'un poids identique à celui de la femelle. Le type d'infrastructure n'a pas non plus semblé influencer les résultats obtenus pour les accouplements. Enfin, on pouvait aussi bien amener le mâle chez la femelle, la femelle chez le mâle ou encore introduire le couple simultanément dans l'enclos d'accouplement. L'ensemble des données relatives à ces conclusions ainsi que leurs analyses statistiques sont présentés dans le tableau II.

Saisonnalité

La répartition mensuelle des naissances (n = 47) (figure 5) montre qu'elles ont eu lieu tous les mois de l'année. Les deux pics de naissance observables sur la figure 5 n'étaient que la conséquence d'accouplements plus nombreux sur deux périodes de l'année (mars-avril et septembre-octobre). En effet, les périodes de mise en accouplement ont été essentiellement guidées par la disponibilité des géniteurs et non par le mois ou la saison. C'est donc l'effet du hasard si après trois années plus d'accouplements ont eu lieu à ces périodes.

Afin de savoir si une saison était plus propice à la fécondation des femelles, le nombre saisonnier d'accouplements monogames ont été mis en regard avec le nombre de mises bas issues de ces accouplements (figure 6). Les taux de réussite des accouplements ont été de 55,6 p. 100 en petite saison sèche (n = 18), 50 p. 100 en grande saison des pluies (n = 18), 70 p. 100 en grande saison des pluies (n = 10) et 76,5 p. 100 en petite saison des pluies (n = 17). Un test

Tableau II

Résultats et analyses des paramètres d'accouplement de l'athérure

Paramètre Evalué	Echantillon total	Sous-groupe de l'échantillon	Nb.	% réussite des acc. ¹	Test d'ind. ²	Interv. moy. Macc-Mbas ³ (j)	Analyse de variance ⁴
Ecart de poids	63	Mâle pesant au moins 150 g de plus que la femelle	33	60,6	2,23 (n.s. ⁵)	128,7	0,06 (n.s.)
		Mâle et femelle avec au plus 100 g d'écart	15	73,3		130,7	
		Femelle pesant au moins 150 g de plus que le mâle	15	46,6		129,9	
Type d'infrastructure	63	Enclos intérieurs	22	63,6	1,29	129	0,38
		Enclos extérieurs	35	65,7	(n.s.)	129	(n.s.)
		Fûts	6	33,3		118,5	
Rapproch. Individus	63	Mâle et femelle sont réunis le jour de l'accouplement	19	52,6	0,093 (n.s.)	131,6	0,33 (n.s.)
		Femelle est amenée chez mâle	32	65,6		126,4	
		Mâle est amené chez femelle	12	66,7		127,9	

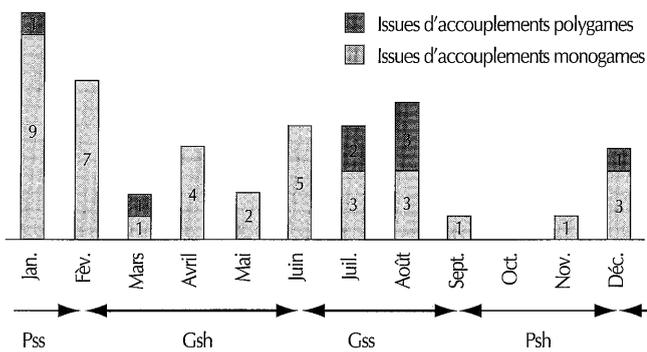
¹ Accouplements² Test d'indépendance (valeur de χ^2)³ Intervalle moyen : mises en accouplement-mises bas⁴ Valeur de F⁵ Non significatif

Figure 5 : répartition mensuelle des naissances ($n = 47$). Pss = petite saison sèche (mi-décembre à mi-février) ; Gsh = grande saison humide (mi-février à mi-juin) ; Gss = grande saison sèche (mi-juin à mi-septembre) ; Psh = petite saison humide (mi-septembre à mi-décembre).

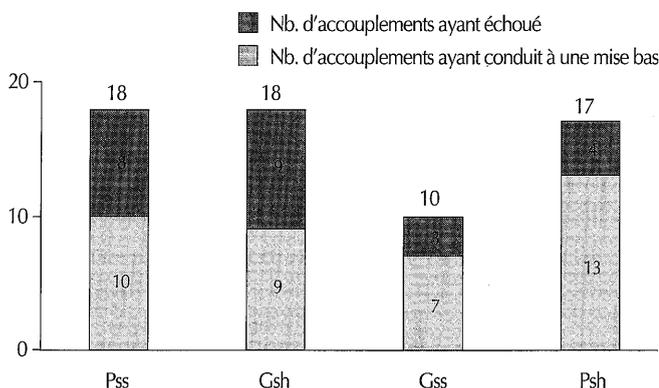


Figure 6 : nombre d'accouplements monogames en fonction de la saison.

d'indépendance à trois degrés de liberté donne $\chi^2 = 3,197 < \chi^2_{0,95}$. Ainsi, au regard de ces données, il n'a pas été possible de mettre en évidence une influence de la saison de mise en accouplement sur le taux de réussite des accouplements. La reproduction en captivité de l'athérure ne semble donc pas être saisonnière au Gabon. Cette observation va dans le même sens que celle de Rahm (10).

Durée de la gravidité

Les trois intervalles les plus courts enregistrés entre la mise en accouplement et la mise bas ont été compris entre 100 et 106 jours. Rappelons que la durée du cycle sexuel des femelles est inconnue. La valeur moyenne de cet intervalle a été $128 \pm 17,7$ jours ($n = 47$). Aucun test de gravidité n'est actuellement disponible (malgré des observations hebdomadaires des modifications vulvaires, du mucus vaginal, et des fluctuations de la température et du pH vaginal sur les femelles gravides).

Proliférite, sex-ratio

Pour chacune des 47 mises bas enregistrées, un seul jeune est né, avec 24 mâles et 23 femelles, soit un sex-ratio mâle/femelle de 1,04/1.

Retour en chaleur après mise bas

Deux femelles mises en accouplement en cours de lactation ont été fécondées, ce qui ne va pas dans le sens de l'existence d'un anœstrus de lactation chez cette espèce. Pour ces deux cas, il a semblé que les fécondations s'étaient produites entre les 20^e et 40^e jours post-partum. Trois femelles dont les jeunes sont morts le jour de la mise bas ont été remises en accouplement immédiatement après. L'une d'elles a mis bas 112 jours plus tard. Là aussi, ce résultat ne va pas dans le sens de l'existence d'un anœstrus post-partum chez cette espèce.

Stérilité, fertilité, réussite des accouplements monogames

D'une manière générale, animal a été considéré stérile lorsque trois tentatives d'accouplements avaient échoué pour un même

individu en âge de procréer. Les auteurs ont en effet rencontré des cas où les femelles ne sont devenues gravides qu'à la troisième tentative. Sur les 32 femelles en âge de procréer mises en accouplement monogame au moins une fois, six ne sont jamais devenues gravides, mais seulement trois le sont devenu après trois tentatives d'accouplement. Le taux de stérilité des femelles à Owendo a donc été de 10,34 p. 100 (n = 29). Sur les 19 mâles sexuellement matures utilisés, un seul n'a jamais été père, mais il n'avait été mis en accouplement qu'une seule fois. Le taux de stérilité des mâles a donc été de 0 p. 100 (n = 18).

Si l'on considère que le taux de fertilité des femelles athérures à Owendo a été égal au nombre de femelles ayant exprimé leur potentiel reproducteur divisé par le nombre de femelles en âge de reproduire (11 mois minimum) mises en accouplement, le taux de fertilité des femelles a été de 81,25 p. 100 (n = 32). Sur les 63 accouplements monogames pour lesquels le mâle et la femelle ont été réunis pendant deux mois, 39 gestations ont été obtenues, soit un taux de réussite global des accouplements de 61,9 p. 100.

Cas particulier des accouplements polygames

Les résultats obtenus sur les six tentatives d'accouplements polygames sont présentés dans le tableau III.

Croissance des jeunes

Les jeunes naissent avec les yeux ouverts et sont capables de marcher deux heures après leur naissance. Le corps est partiellement glabre et l'on ne devine que l'émergence d'épais poils qui donneront naissance aux futures épines. Celles-ci auront totalement poussé dès l'âge de trois semaines. Les jeunes commencent à ingérer des aliments solides dès la première semaine. Les poids et les

paramètres de croissance (gains moyens quotidiens) des jeunes athérures sont présentés dans le tableau IV et les figures 7 et 8.

Cohabitation de plusieurs individus

Le regroupement d'adultes du même sexe a parfois entraîné des bagarres occasionnant de profondes blessures. Toutefois, ces bagarres ne semblaient pas être favorisées par un écart ou une similitude d'âge et/ou de poids entre individus. Elles survenaient de façon non systématique, soudaine et imprévisible. Pour les jeunes, des groupes unisexes allant jusqu'à six individus ont été constitués. Il était préférable d'éviter des écarts de poids supérieurs à 1 kg au sein de tels groupes afin de limiter les risques de bagarres ou les phénomènes de compétition dans l'accès à la

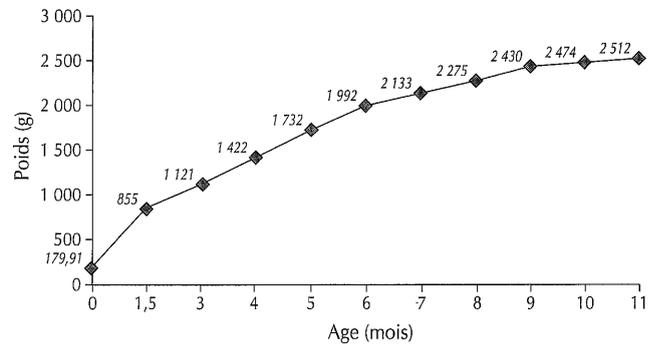


Figure 7 : courbe de poids des jeunes athérures.

Tableau III

Résultats des accouplements polygames

Nb. de femelles dans le groupe	Nb. de mises bas enregistrées	Intervalle entre mises bas (jours)
2	0	—
4	2	27
2	0	—
2	1	—
2	2	46
3	3	24 puis 12

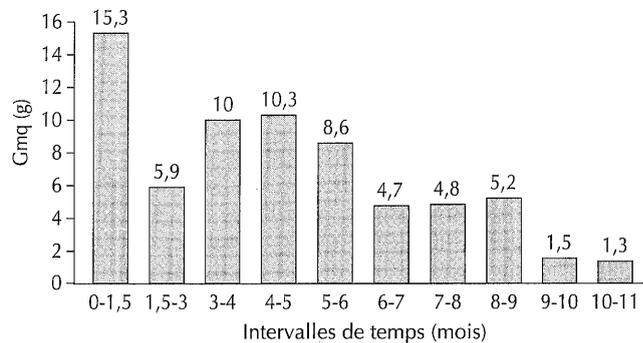


Figure 8 : gains de poids moyens quotidiens (gmq) mensuels des athérures.

Tableau IV

Paramètres de la croissance des athérures (g)

	Poids à la naissance	Poids au sev. (45 j)	Poids moyen à 6 mois	Poids moyen à 10 mois	Gmq ¹ moyen naiss.-sev. ²	Gmq moyen sev.-6 mois	Gmq moyen 6-10 mois
Mâles	180,5 ± 21,9 (n = 24)	865 ± 195,6 (n = 20)	1 999 ± 372,2 (n = 15)	2 499 ± 285,4 (n = 8)	15,2 ± 4,2 (n = 20)	8,3 ± 2,0 (n = 15)	5,4 ± 2,3 (n = 8)
Femelles	179,9 ± 21,7 (n = 23)	840 ± 173,6 (n = 22)	1 972 ± 394 (n = 17)	2 447 ± 264,9 (n = 11)	14,7 ± 3,8 (n = 22)	8,1 ± 2,2 (n = 17)	3,1 ± 2,4 (n = 11)

¹ Gains moyens quotidiens

² Entre la naissance et le sevrage

nourriture. Les jeunes non sevrés qui se sont accidentellement trouvés en contact avec d'autres athérures que leur propre mère ont été systématiquement tués par ceux-là.

Soins vétérinaires, pathologie

Les problèmes pathologiques ont été rares. En 1998, aucune pathologie mortelle n'a été enregistrée ($n = 66$) et une seule en 1997 (abcès interne), ce qui montre la grande rusticité de cette espèce. Les soins prodigués le plus fréquemment ont été consécutifs à des traumatismes par morsure encourus lors de bagarres. Les blessures infligées ont été fréquemment profondes (pertes cutanées majeures, énucléation), mais la cicatrisation des animaux s'est toujours bien déroulée. Des soins locaux quotidiens avec un antiseptique cutané (Bétadine Solution®), complété par un traitement antibiotique à large spectre par voie générale, ont été administrés. Par ailleurs, deux animaux adultes ont présenté un syndrome vestibulaire. Aucun signe d'otite externe n'a pu être mis en évidence. Un traitement antibiotique et anti-inflammatoire stéroïdien n'a eu aucun effet. Les deux animaux sont morts dans les deux semaines suivant l'apparition des signes.

Les principales molécules employées et les posologies appliquées sont présentées dans le tableau V. Les produits antiparasitaires ont été utilisés en prophylaxie routinière et administrés tous les six mois à l'ensemble du cheptel. Les injections intramusculaires ont été faites à la base de la queue. Il est aussi possible d'effectuer des prélèvements sanguins à la veine fémorale après contention chimique. Dans les cas où des produits ont été administrés dans l'eau de boisson, l'addition de sel à 8 g/l a permis d'augmenter la prise hydrique des animaux. L'immobilisation chimique a été obtenue par injection intramusculaire soit d'un mélange de xylazine et de kétamine aux posologies respectives de 1 et 5 mg/kg, soit d'un mélange de zolazépam et de tilétamine (Zolétil®) à 20 mg/kg. L'acépromazine est peu efficace et la xylazine utilisée seule entraîne des effets très variables (2).

Mortalité

Les différents taux de mortalités enregistrés sur la durée de l'étude ont été les suivants : 8,5 p. 100 pour le taux de mortinatalité, soit le nombre de mort-nés/nombre de jeunes mis au monde ($n = 47$) ; 2,2 p. 100 pour le taux de mortalité néonatale, soit le nombre de morts avant sevrage/nombre de nés vivants ($n = 46$) ; et 7,37 p. 100 pour le taux de mortalité des animaux sevrés ($n = 95$). Ces taux ne tiennent pas compte des cinq cas de mortalité accidentelle enregistrés pendant la période : attaque de jeunes non sevrés par des congénères adultes et accidents anesthésiques.

DISCUSSION

Les résultats de cette étude ont permis de valider la faisabilité de la reproduction de l'athérure en captivité. L'âge de la maturité sexuelle est un paramètre qui restait inconnu chez l'athérure (5). Selon Rahm (10) et Kingdon (7), elle intervient à l'âge de deux ans, ce qui correspond selon ces auteurs à la fin de la croissance. Selon Emmons (3), l'éruption de la troisième molaire observée sur des animaux pesant au moins 2,5 kg traduit le passage à l'âge adulte. A Owendo, les auteurs ont constaté l'éruption de la troisième molaire sur des femelles âgées de 4,5 à 6,5 mois, pesant entre 1 500 et 1 700 g, mais dont aucun des accouplements réalisés avec ces individus n'a donné de mise bas. La dentition n'a pas semblé être un indicateur de la maturité sexuelle. Cependant, les résultats acquis au cours de cette étude semblent indiquer que la maturité sexuelle de l'athérure est plus précoce qu'il ne l'avait été supposé.

Les conditions de la réalisation des accouplements sont plus souples que pour d'autres rongeurs élevés en captivité, comme l'aulacode (*Thryonomys swinderianus*) ou les cricétomes (*Cricetomys gambianus* et *C. emini*). En effet, chez ces deux rongeurs, il est important que le mâle soit plus lourd que les femelles (12 ; Codjia J.T.C., commun. pers. ; Dgeg, données non publiées), alors que ce paramètre ne semble pas importer chez l'athérure. De même, les conditions de réunion des individus ne semblent pas influencer sur la réussite des accouplements, tandis que le mâle aulacode doit être introduit dans l'enclos d'accouplement au moins 24 h avant les femelles (6, 8). Chez les cricétomes, c'est le contraire : le mâle est emmené dans la cage de la femelle (Codjia J.T.C., commun. pers.).

L'impossibilité d'observer des coïts suivis de mises bas rend l'appréciation exacte de la durée de la gravidité irréalizable. Toutefois, la taille de l'échantillon et les données recueillies permettent d'approcher ce paramètre avec une légère erreur par excès, la durée minimale enregistrée entre la mise en accouplement et la mise bas ayant été de 100 jours. Ce résultat est similaire à celui rapporté par Kingdon (7), qui mentionne une durée de la gravidité de 14 semaines chez l'athérure, et par Rahm (10), qui a enregistré une mise bas 110 jours après la mise en accouplement et a aussi observé un intervalle de 110 jours entre deux mises bas pour une même femelle. Il semble donc raisonnable de penser que la durée de la gravidité chez l'athérure est légèrement inférieure à 100 jours.

La durée de la gravidité est longue chez l'athérure, ce qui semble être une caractéristique commune aux hystricognathes (14). Parmi les hystricidés, les valeurs extrêmes connues sont 52 jours pour le genre

Tableau V

Principales molécules utilisées sur les athérures

Molécule	Présentation commerciale	Posologie	Voie d'administration
Lévamisole	Thelmizole 20%®	1 g / 5 l d'eau	Eau de boisson
Fenbendazole	Panacur®	20 mg/kg	Per os
Oxytétracycline	Terralon®	20 mg/kg	Intramusculaire
Benzylpénicilline + dihydrostreptomycine	Shotapen®	0,1 ml/kg	Intramusculaire
Enrofloxacin	Baytril®	5 mg/kg	Sous-cutanée
Flunixin	Finadyne®	1 mg/kg	Intramusculaire
Déxaméthasone	Dexafort®	0,1-0,15 ml/kg	Intramusculaire
Bromure de prifinium	Prifinial®	1,25 mg/kg	Intramusculaire

Galea et 222 à 283 jours pour le genre *Dinomys* (14). Ces longues durées de la gravidité sont en rapport avec un développement fœtal lent, particulièrement au début de la gravidité ou s'opère surtout le développement des annexes (11). La longue durée de la gravidité chez les hystricognathes est aussi corrélée au bon développement des nouveau-nés (pelage, yeux ouverts, alimentation solide très précoce, etc.). L'athérure s'inscrit parfaitement dans ce cadre.

Les résultats obtenus semblent indiquer que l'athérure ne produit qu'un seul petit par portée, confirmant les résultats obtenus par Jori (5) et Rahm (10). Des cas de gravidité gémellaire ont été enregistrés (5), mais il semble peu probable que des prolificités supérieures à deux animaux se produisent, comme cela a été mentionné par certains auteurs (7, 9). L'existence d'un œstrus post-partum chez l'athérure n'est pas surprenante. Il s'agit, là encore, d'une caractéristique connue chez les hystricognathes, dont la finalité serait d'atténuer l'impact d'une longue durée de la gravidité sur la productivité des femelles (15).

Pour les accouplements polygames, des mises bas assez rapprochées (12 jours) ont été enregistrées dans un cas seulement et n'ont pas permis de supposer qu'il y avait eu des accouplements « synchrones ». Dans les autres cas où plus d'une mise bas a suivi ces accouplements, l'intervalle entre les mises bas a été important. Il ne semble donc pas y avoir de synchronisation dans l'entrée en chaleur des femelles et, dans ce cas, il est plutôt question d'accouplements différés que de polygamie. On peut émettre l'hypothèse selon laquelle le mâle saillit une première femelle, la seconde n'entrant en chaleur qu'après mais, dans la mesure où la durée du cycle des femelles est encore inconnue, ceci doit être vérifié. D'autres expériences doivent être menées sur les accouplements polygames chez cette espèce afin d'affiner les connaissances à ce sujet.

A l'issue de ces travaux, il ressort tout de même que les caractéristiques physiologiques de la reproduction chez l'athérure en font une espèce peu propice pour l'élevage à but alimentaire. La longue durée de la gravidité et la faible prolificité limitent les potentialités productives d'un tel élevage. La ration alimentaire utilisée est constituée de produits facilement disponibles et permet toutefois des performances de croissance satisfaisantes. La commercialisation de ces animaux peut être envisagée dès 9 mois. Leur poids est alors proche du poids adulte tandis que la courbe de croissance s'infléchit fortement à partir de 10 mois.

La durée de mise en accouplement est longue (deux mois) et les accouplements polygames ne sont pas maîtrisés. Ceci ne favorise pas l'utilisation optimale des mâles géniteurs. Tant que des connaissances sur le cycle des femelles qui permettraient une meilleure gestion de la mise au mâle ne seront pas disponibles, la durée de mise en accouplement semble difficile à diminuer. Des mises bas ont été enregistrées 160 jours après la mise en accouplement, ce qui traduit une fécondation juste avant la séparation du couple.

Le taux de réussite des accouplements est encore trop faible (61,9 p. 100), même s'il reste satisfaisant pour une espèce en cours de domestication. L'augmentation de la durée de mise en accouplement pourrait augmenter ce taux, mais n'irait pas dans le sens d'une utilisation optimale des mâles reproducteurs.

L'intervalle naissance-naissance pourrait être diminué en exploitant l'œstrus post-partum. Mais le comportement infanticide des athérures impose alors de séparer au moins temporairement la femelle de son jeune pour la mise au mâle. Les premières observations menées en ce sens au Dgeg (mise en accouplement de la femelle 8 h consécutives par tranche de 24 h) indiquent que le jeune athérure accuse alors un retard de croissance conséquent (2 mois) qui annihile le gain généré par l'augmentation de productivité des femelles.

■ CONCLUSION

Adapté à l'environnement gabonais, l'athérure s'habitue bien au contact de l'homme et s'élève facilement en captivité étroite. Le marché semble infini tant il est apprécié par les consommateurs. Toutefois, la faisabilité économique de cet élevage doit encore être démontrée avant d'envisager sa diffusion en milieu réel. En effet, en l'état actuel des connaissances, certaines caractéristiques de la reproduction (monogamie, longue durée de la gravidité, faible prolificité) ainsi que le coût de l'alimentation s'opposent à la rentabilité. Des travaux complémentaires doivent être conduits afin d'identifier d'autres ressources alimentaires mais aussi pour compléter les connaissances sur la reproduction de cette espèce, notamment la détermination des caractéristiques du cycle sexuel des femelles. Mais, puisque cette espèce ne produit qu'un jeune par portée après une longue durée de la gravidité, certaines populations d'athérures sauvages pourraient être menacées dans leur renouvellement au regard de la pression de chasse qu'elles subissent. Les résultats des travaux du Dgeg pourraient alors être utilisés dans une perspective plus environnementale, en vue de contribuer à la reconstitution de populations décimées.

BIBLIOGRAPHIE

- BRUGIERE D., 1997. Grande faune du Gabon. Situation actuelle et perspectives. *Courr. Nat.*, **166** : 34-38.
- EDDERAI D., ARAN A., WORINGER E., HOUBEN P., 2001. Résultats préliminaires sur l'immobilisation chimique de rongeurs africains : l'athérure (*Atherurus africanus*, Gray 1842) et le cricétome (*Cricetomys emini*, Waterhouse 1840). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **54** : 169-174.
- EMMONS L.H., 1983. A field study of the African brush-tailed porcupine, *Atherurus africanus*, by radiotelemetry. *Mammalia*, **47** : 183-195.
- FEER F., 1993. The potential for sustainable hunting and rearing of game in tropical forests. In: Haldick C.M. et al., Eds, Tropical forests, people and food. MAB Ser., Vol. 13. Paris, France, UNESCO, p. 691-707.
- JORI F., LOPEZ-BEJAR M., HOUBEN P., 1998. The biology and use of the African brush-tailed porcupine (*Atherurus africanus*, Gray 1842) as food animal. A review. *Biodiversity Conserv.*, **7** : 1417-1426.
- JORI F., NOEL J.M., 1996. Guide pratique d'élevage d'aulacodes au Gabon. Lyon, France, Vétérinaires sans frontières, 45 p.
- KINGDON J., 1997. The Kingdon field guide to African mammals. San Diego, CA, USA, Academic Press, p. 188.
- MENSAH G.A., BAPTIST R., 1986. Aspects pratiques en élevage d'aulacodes (*Thryonomys swinderianus*). I. Modes d'accouplement et durée de la gestation. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **39** : 239-242.
- NOWAK R.M., PARADISO J.L., 1983. *Rodentia*: family Hystricidae. In Walker's Mammals of the world, 4th Edn. London, UK, John Hopkins University Press, p. 794-796.
- RAHM U., 1962. L'élevage et la reproduction en captivité de l'*Atherurus africanus* (rongeur Hystricidae). *Mammalia*, **26** : 1-9.
- ROBERTS C.M., PERRY J.S., 1974. Hystricomorph embryology. In: Rowlands I.W., Weir B.J., Eds, The biology of hystricomorph rodents, Symp. zool. Soc. Lond., No 34. London, UK, Academy Press, p. 333-360.
- SCHRAGE R., YEWADAN L.T., 1995. Abrégé d'aulacodiculture. Eschborn, Allemagne, Gtz/GmbH, p. 58.
- STEEL E.L., 1994. Study of the value and volume of bushmeat commerce in Gabon (Report). Libreville, Gabon, WWF.
- WEIR B.J., 1974. Reproductive characteristics of hystricomorph rodents. In: Rowlands I.W., Weir B.J., Eds, The biology of hystricomorph rodents, Symp. zool. Soc. Lond., No 34. London, UK, Academy Press, p. 264-299.
- WEIR B.J., ROWLANDS I.W., 1974. Functional anatomy of the hystricomorph ovary. In: Rowlands I.W., Weir B.J., Eds, The biology of hystricomorph rodents, Symp. zool. Soc. Lond., No 34. London, UK, Academy Press, p. 303-332.

Reçu le 12.09.2002, accepté le 21.11.2003

Summary

Edderai D., Houben P. Rearing, and Reproduction and Growth Performances of the African Brush-Tailed Porcupine. Study Results on Its Reproduction in Captivity

The African brush-tailed porcupine (*Atherurus africanus*, Gray 1842) is bushmeat consumers' most appreciated species in Gabon. Works conducted under the Game Breeding Development Program in Gabon (DGEG) helped set up technical references on how to breed this rodent. Animals are bred in covered pens or metallic barrels. Feeding is based on tubers and peanuts. Reproduction occurs all year round with animals at least 11 months old. The pair stays two months together. After a little less than 100 days, females give birth to a single young that is weaned at 45 days. At 10 months, animals weigh 2450 g and can be put up for sale. The brush-tailed porcupine is robust and mortality rates are low. However, some reproduction parameters and feed costs constrain the economic prospects of this type of breeding.

Key words: *Atherurus africanus* – Porcupine – Rodent – Game farming – Game meat – Gabon.

Resumen

Edderai D., Houben P. Cría y rendimiento de la reproducción y del crecimiento del *Atherurus africanus*, roedor africano. Resultado sobre el estudio de su reproducción en cautiverio

El roedor africano *Atherurus africanus*, Gray 1842, es la especie más apreciada por los consumidores de carne silvestre en Gabón. Los estudios llevados por el proyecto Desarrollo en Gabón sobre la cría de animales de caza permitieron establecer una guía de referencia técnica sobre la cría de este roedor. Los animales son criados en corrales o en barriles metálicos. Reciben una alimentación basada en tubérculos y en cacahuetes. La reproducción se practica todo el año con animales de al menos once meses de edad. La pareja permanece junta dos meses. Poco después de 100 días, las hembras paren un sólo joven, el cual es destetado a los 45 días. A los 10 meses, los animales pesan 2450 g y pueden ser comercializados. Este roedor es robusto y las tasas de mortalidad son bajas. Sin embargo, ciertos parámetros de reproducción y el costo de la alimentación limitan las perspectivas económicas de esta producción.

Palabras clave: *Atherurus africanus* – Puerco-espín – Roedor – Cría de animal de caza – Carne de animal de caza – Gabón.

■ Index 2002 des auteurs

- Abakar O.
n° 2 p. 117-128, n° 2 p. 129-136
- Abba D.
n° 3 p. 235-240
- Abdicho S.
n° 4 p. 253-257
- Abdu P.
n° 4 p. 265-268
- Adamou-N'diaye M.
n° 2 p. 159-163
- Akakpo A.J.
n° 3 p. 183-187
- Akpo L.E.
n° 4 p. 275-283
- Alary V.
n° 4 p. 285-297
- Ali-Emmanuel N.
n° 3 p. 183-187
- Almeida F.S.
n° 1 p. 15-20
- Ambrosim J.A.
n° 1 p. 15-20
- Amsler-Delafosse S.
n° 1 p. 21-30
- Asongwed-Awa A.
n° 4 p. 269-274
- Assogba M.N.
n° 2 p. 105-108
- Avila F.A.
n° 1 p. 15-20
- Ba Diao M.
n° 3 p. 221-228, n° 4 p. 299-304
- Bah S.
n° 2 p. 99-104
- Bakkali M.M.
n° 2 p. 89-92
- Balenghien T.
n° 4 p. 253-257
- Banoïn M.
n° 1 p. 79-84
- Baril G.
n° 1 p. 79-84
- Barry A.M.
n° 2 p. 99-104
- Bastiaensen P.
n° 3 p. 189-195
- Batawui K.
n° 3 p. 189-195
- Bengoumi M.
n° 1 p. 69-78
- Bicout D.
n° 4 p. 253-257
- Bocoum Z.
n° 2 p. 89-92
- Bonnet P.
n° 2 p. 139-147, n° 4 p. 253-257
- Boujenane I.
n° 1 p. 63-67
- Brito S.
n° 1 p. 31-34
- Cardinale E.
n° 4 p. 259-264
- Casabianca F.
n° 3 p. 197-209
- Castro A.F.P.
n° 1 p. 15-20
- Chabchoub A.
n° 2 p. 93-97

- Chilliard Y.
n° 1 p. 69-78
- Costa M.S.
n° 3 p. 169-173
- De Deken R.
n° 3 p. 189-195
- Delafosse A.
n° 1 p. 5-13, n° 1 p. 21-30
- Devineau J.-L.
n° 1 p. 39-45
- Diaite A.
n° 2 p. 109-115
- Diallo A.T.
n° 1 p. 47-52
- Diao B.
n° 3 p. 221-228, n° 4 p. 299-304
- Diedhiou M.
n° 2 p. 139-147
- Dieng M.
n° 2 p. 109-115
- Diokou A.
n° 2 p. 109-115
- Diop A.T.
n° 1 p. 47-52
- Dongmo Ngoutsop A.L.
n° 2 p. 117-128, n° 2 p. 129-136
- Dorny P.
n° 2 p. 99-104
- Doutoum Abdesalam A.
n° 1 p. 21-30
- Dromigny J.-A.
n° 4 p. 259-264
- Ebangi A.L.
n° 2 p. 149-157, n° 3 p. 235-240, n° 4 p. 305-312
- Edderai D.
n° 4 p. 313-320
- Elsen P.
n° 1 p. 21-30
- Erasmus G.J.
n° 2 p. 149-157, n° 4 p. 305-312
- Esievo K.A.N.
n° 4 p. 265-268
- Ezanno P.
n° 3 p. 211-219
- Fall A.
n° 2 p. 109-115
- Faye B.
n° 1 p. 69-78, n° 3 p. 211-219, n° 3 p. 229-233
- Gbangboche A.B.
n° 2 p. 159-163
- Ghorbel A.
n° 2 p. 93-97
- Ghram A.
n° 2 p. 93-97
- Goutard F.
n° 1 p. 5-13
- Grouzis M.
n° 4 p. 275-283
- Guèye M.
n° 1 p. 47-52
- Hanzen C.
n° 2 p. 159-163
- Hendrickx G.
n° 3 p. 189-195
- Houben P.
n° 4 p. 313-320
- Hubert B.
n° 3 p. 197-209
- Ickowicz A.
n° 3 p. 211-219
- Kané M.
n° 2 p. 89-92

- Kifle D.
n° 2 p. 139-147
- Konte M.
n° 4 p. 259-264
- Lage A.P.
n° 3 p. 169-173
- Lancelot R.
n° 4 p. 253-257
- Landolsi F.
n° 2 p. 93-97
- Lasfar F.
n° 2 p. 93-97
- Laval G.
n° 2 p. 139-147, n° 4 p. 253-257
- Leite R.C.
n° 3 p. 169-173
- Lesnoff M.
n° 2 p. 139-147, n° 4 p. 253-257
- Madani T.
n° 3 p. 197-209
- Magona J.W.
n° 1 p. 35-38
- Mamane L.
n° 1 p. 79-84
- Marichatou H.
n° 1 p. 79-84
- Masse D.
n° 4 p. 275-283
- Mbah D.A.
n° 2 p. 149-157, n° 3 p. 235-240, n° 4 p. 305-312
- Mbaye N.
n° 1 p. 47-52
- Messad S.
n° 1 p. 69-78, n° 3 p. 229-233, n° 4 p. 285-297
- Messine O.
n° 2 p. 149-157
- Meyer C.
n° 2 p. 117-128, n° 2 p. 129-136
- Mkaouer L.
n° 2 p. 93-97
- Moudachirou M.
n° 3 p. 183-187
- Musisi G.
n° 1 p. 35-38
- Napala A.
n° 3 p. 189-195
- Ndiaye M.
n° 4 p. 259-264
- Nianogo A.J.
n° 1 p. 53-62
- Njoya A.
n° 4 p. 269-274
- Nok A.J.
n° 4 p. 265-268
- Ogodja O.J.
n° 2 p. 159-163
- Oladele S.B.
n° 4 p. 265-268
- Onana J.
n° 1 p. 39-45
- Pandey V.S.
n° 2 p. 99-104
- Pareek P.K.
n° 3 p. 241-245
- Pellegrin A.O.
n° 3 p. 169-173
- Pérez Ruano M.
n° 1 p. 31-34
- Perrier Gros-Claude J.-D.
n° 4 p. 259-264
- Purohit G.N.
n° 3 p. 241-245

- Quetin-Leclercq J.
n° 3 p. 183-187
- Quintana J.L.
n° 1 p. 15-20
- Ravaglia E.
n° 3 p. 169-173
- Reinaldo González L.
n° 1 p. 31-34
- Rigobelo E.C.
n° 1 p. 15-20
- Sahani M.S.
n° 3 p. 241-245
- Sall C.E.
n° 1 p. 47-52
- Samb P.I.
n° 1 p. 47-52
- Sawadogo L.
n° 1 p. 53-62
- Schocken-Iturrino R.P.
n° 1 p. 15-20
- Seck M.T.
n° 2 p. 109-115
- Senghor C.D.
n° 3 p. 221-228, n° 4 p. 299-304
- Sereno J.R.B.
n° 3 p. 169-173
- Sidibé S.
n° 2 p. 89-92
- Simbé C.F.
n° 2 p. 89-92
- Sumant Vyas
n° 3 p. 241-245
- Taché C.
n° 4 p. 285-297
- Tall F.
n° 4 p. 259-264
- Tawah C.L.
n° 2 p. 149-157, n° 4 p. 305-312.
- Thébaud E.
n° 1 p. 5-13
- Thiaucourt F.
n° 4 p. 253-257
- Thys E.
n° 3 p. 221-228
- Tillard E.
n° 4 p. 285-297
- Touunkara K.
n° 2 p. 89-92
- Tourette I.
n° 3 p. 229-233
- Useh N.M.
n° 4 p. 265-268
- Vall E.
n° 2 p. 117-128, n° 2 p. 129-136
- Vissac B.
n° 3 p. 197-209
- Workalemahu A.
n° 2 p. 139-147
- Younan M.
n° 3 p. 177-181
- Youssao A.K.I.
n° 2 p. 105-108
- Zoundi J.S.
n° 1 p. 53-62

■ Index 2002 des mots-clés

AFZELIA AFRICANA

n° 1 p. 39-45

AGE

n° 2 p. 159-163

ALIMENT DE SUBSTITUTION

n° 1 p. 53-62

ANALYSE COUT AVANTAGE

n° 1 p. 53-62

ANALYSE FACTORIELLE

n° 4 p. 285-297

ANIMAL A VIANDE

n° 4 p. 305-312

ANIMAL NOUVEAU-NE

n° 1 p. 15-20

ANTIBIOTIQUE

n° 1 p. 15-20

ARTERITE

n° 2 p. 93-97

ASSOCIATION D'AGRICULTEURS

n° 4 p. 299-304

ATHERURUS AFRICANUS

n° 4 p. 313-320

BETAÏL

n° 4 p. 275-283

BOVIN

n° 1 p. 5-13, n° 1 p. 15-20,
n° 1 p. 31-34, n° 1 p. 35-38,
n° 2 p. 105-108, n° 2 p. 139-147,
n° 3 p. 169-173, n° 3 p. 183-187,
n° 3 p. 189-195, n° 3 p. 197-209,
n° 3 p. 221-228

BOVIN BORGOU

n° 2 p. 159-163

BOVIN FRISON HOLSTEIN

n° 1 p. 63-67

BOVIN GOUDALI

n° 2 p. 149-157, n° 4 p. 305-312

BOVIN KAPSIKI

n° 3 p. 235-240

BOVIN NAMCHI

n° 3 p. 235-240

BOVIN N'DAMA

n° 2 p. 109-115, n° 3 p. 211-219

BOVIN WAKWA

n° 2 p. 149-157, n° 4 p. 305-312

BRUCELLOSE

n° 1 p. 5-13

BUDGET

n° 3 p. 221-228

CAMELUS DROMEDARIUS

n° 1 p. 21-30, n° 1 p. 69-78,
n° 3 p. 177-181, n° 3 p. 229-233,
n° 3 p. 241-245

CAMPYLOBACTER

n° 4 p. 259-264

CAMPYLOBACTER FETUS SUBSP.
VENEREALIS

n° 3 p. 169-173

CAPRIN

n° 1 p. 79-84, n° 2 p. 99-104

CASSIA ALATA

n° 3 p. 183-187

CHEVAL BARBE

n° 2 p. 93-97

CHEVAL PUR-SANG ARABE

n° 2 p. 93-97

CHEVRE ROUSSE DE MARADI

n° 1 p. 79-84

CHEVREAU

n° 1 p. 79-84

- CLASSIFICATION
n° 4 p. 285-297
- CLIMAT SEMI-ARIDE
n° 4 p. 269-274
- COMMERCIALISATION
n° 3 p. 221-228
- CONFORMATION ANIMALE
n° 1 p. 69-78
- CONTROLE DES MALADIES
n° 4 p. 253-257
- CORRELATION GENETIQUE
n° 1 p. 63-67
- COTON
n° 2 p. 117-128, n° 2 p. 129-136
- CROISSANCE
n° 1 p. 79-84
- DEMOGRAPHIE
n° 2 p. 139-147
- DERMATOPHILUS CONGOLENSIS
n° 3 p. 183-187
- DIAGNOSTIC DE GESTATION
n° 3 p. 241-245
- DIARRHEE
n° 1 p. 15-20
- DROMADAIRE BIKANERI
n° 3 p. 241-245
- ECHOGRAPHIE
n° 3 p. 241-245
- ELEVAGE
n° 4 p. 285-297
- ELEVAGE DE GIBIER
n° 4 p. 313-320
- ELEVAGE EXTENSIF
n° 3 p. 211-219
- ENERGIE ANIMALE
n° 2 p. 117-128, n° 2 p. 129-136
- ENGRAISSEMENT
n° 1 p. 53-62
- EPIDEMIOLOGIE
n° 1 p. 5-13, n° 1 p. 15-20,
n° 2 p. 93-97, n° 2 p. 99-104,
n° 3 p. 169-173, n° 4 p. 253-257
- EQUIDAE
n° 2 p. 89-92, n° 2 p. 93-97
- ESPECE EN DANGER
n° 4 p.
- ETAT CORPOREL
n° 1 p. 69-78, n° 3 p. 197-209
- FACTEUR DE CROISSANCE
n° 2 p. 149-157
- FASCIOLA GIGANTICA
n° 2 p. 105-108
- FASCIOLA HEPATICA
n° 1 p. 31-34
- FASCIULOSE
n° 1 p. 31-34
- FERTILITE
n° 2 p. 159-163, n° 3 p. 211-219
- FŒTUS
n° 3 p. 241-245
- GAIN EN POIDS VIF
n° 3 p. 235-240
- GAIN GENETIQUE
n° 4 p. 305-312
- GERMINATION
n° 1 p. 47-52
- GLOSSINA
n° 3 p. 189-195
- GRAINE
n° 1 p. 47-52
- HELMINTHE
n° 2 p. 99-104
- HERITABILITE
n° 1 p. 63-67

- IMMUNODIAGNOSTIC
n° 2 p. 89-92
- INFECTION EXPERIMENTALE
n° 2 p. 109-115
- INFLUENZAVIRUS EQUIN
n° 2 p. 89-92
- INNOVATION
n° 2 p. 117-128, n° 2 p. 129-136,
n° 3 p. 189-195
- INSECTICIDE
n° 3 p. 189-195
- INTERVALLE ENTRE
PARTURITIONS
n° 2 p. 159-163
- JACHERE
n° 4 p. 275-283
- LAIT
n° 3 p. 221-228, n° 4 p. 285-297
- LAIT DE CHAMELLE
n° 3 p. 229-233
- LANTANA CAMARA
n° 3 p. 183-187
- LEGUMINEUSE FOURRAGERE
n° 1 p. 47-52
- MAMMITE
n° 3 p. 177-181
- MATIERES GRASSES DU LAIT
n° 1 p. 63-67
- MENSURATION CORPORELLE
n° 1 p. 69-78
- METHODE D'APPLICATION
n° 3 p. 189-195
- METHODE D'ELEVAGE
n° 3 p. 197-209
- METHODE DE LUTTE
n° 2 p. 99-104, n° 3 p. 189-195
- MITRACARPUS SCABER
n° 3 p. 183-187
- MODELE
n° 4 p. 253-257
- MORBIDITE
n° 2 p. 105-108
- MORTALITE
n° 3 p. 211-219
- MOXIDECTINE
n° 1 p. 35-38
- MYCOBACTERIUM AVIUM
n° 1 p. 5-13
- MYCOBACTERIUM BOVIS
n° 1 p. 5-13
- NEMATODA
n° 1 p. 35-38, n° 2 p. 99-104
- OVIN DJALLONKE
n° 1 p. 53-62
- OXYTETRACYCLINE
n° 3 p. 183-187
- PARCOURS
n° 4 p. 275-283
- PARTICIPATION DE LA FEMME
n° 4 p. 299-304
- PATURAGES
n° 1 p. 35-38
- PENICILLINE
n° 3 p. 183-187
- PERFORMANCE ANIMALE
n° 2 p. 109-115, n° 2 p. 149-157,
n° 3 p. 197-209
- PERFORMANCE DE
REPRODUCTION
n° 1 p. 79-84, n° 3 p. 197-209
- PERIPNEUMONIE CONTAGIEUSE
BOVINE
n° 2 p. 139-147, n° 4 p. 253-257
- PERTE
n° 1 p. 31-34
- PILIOSTIGMA RETICULATUM
n° 1 p. 53-62

PLANTE D'ABROUTISSEMENT
n° 1 p. 39-45

PLANTE FOURRAGERE
n° 1 p. 39-45, n° 4 p. 269-274,
n° 4 p. 275-283

PLANTE LIGNEUSE
n° 1 p. 39-45

POLITIQUE DE L'EDUCATION
n° 4 p. 299-304

POLYCULTURE ELEVAGE
n° 4 p. 269-274

PORC-EPIC
n° 4 p. 313-320

POULET
n° 4 p. 259-264, n° 4 p. 265-268

PROCAINE
n° 3 p. 183-187

PRODUCTION LAITIERE
n° 4 p. 299-304

QUALITE
n° 3 p. 229-233, n° 4 p. 275-283

RACE EN DANGER
n° 3 p. 235-240

REGENERATION
n° 1 p. 39-45

RENDEMENT LAITIER
n° 1 p. 63-67

REPRODUCTION
n° 2 p. 159-163, n° 3 p. 241-245

RESISTANCE AUX ANTIBIOTIQUES
n° 4 p. 259-264

RESISTANCE AUX MALADIES
n° 2 p. 109-115

RESISTANCE AUX PRODUITS
CHIMIQUES
n° 1 p. 15-20

ROLE DES FEMMES
n° 4 p. 299-304

RONGEUR
n° 4 p. 313-320

SAVANE
n° 2 p. 117-128, n° 2 p. 129-136

SEMENCE
n° 4 p. 269-274

SENNA ALATA
n° 3 p. 183-187

SIMULATION
n° 4 p. 253-257

STREPTOCOCCUS AGALACTIAE
n° 3 p. 177-181

STRUCTURE DE LA POPULATION
n° 1 p. 39-45, n° 2 p. 139-147

SYSTEME D'EXPLOITATION
AGRICOLE
n° 4 p. 285-297

SYSTEME SYLVOPASTORAL
n° 3 p. 197-209

TAUREAU
n° 3 p. 169-173

TECHNIQUE
FLUOROIMMUNOLOGIQUE
n° 3 p. 169-173

TERRE DE PATURAGE
n° 4 p. 275-283

THERAPEUTIQUE
n° 3 p. 177-181

TRAITE MANUELLE
n° 3 p. 229-233

TRAITEMENT
n° 3 p. 221-228

TRYPANOSOMA
n° 3 p. 189-195

TRYPANOSOMA CONGOLENE
n° 2 p. 109-115

TRYPANOSOMA EVANSI
n° 1 p. 21-30

TUBERCULOSE

n° 1 p. 5-13

UREE

n° 1 p. 53-62

VACHE LAITIERE

n° 1 p. 63-67, n° 4 p. 269-274

VEAU

n° 3 p. 235-240

VECTEUR DE MALADIE

n° 1 p. 21-30

VIANDE

n° 4 p. 313-320

VIROSE

n° 2 p. 93-97

VIRUS DE LA MALADIE DE

NEWCASTLE

n° 4 p. 265-268

ZEBU

n° 4 p. 269-274

ZORNIA GLOCHIDIATA

n° 1 p. 47-52

■ Index 2002 géographique

AFRIQUE
n° 4 p. 253-257

ALGERIE
n° 3 p. 197-209

BENIN
n° 2 p. 105-108, n° 2 p. 159-163,
n° 3 p. 183-187

BRESIL
n° 1 p. 15-20, n° 3 p. 169-173

BURKINA FASO
n° 1 p. 53-62

CAMEROUN
n° 1 p. 39-45, n° 2 p. 117-128,
n° 2 p. 129-136, n° 2 p. 149-157,
n° 3 p. 235-240, n° 4 p. 269-274,
n° 4 p. 305-312

CUBA
n° 1 p. 31-34

ETHIOPIE
n° 2 p. 139-147

FLEUVE NIGER
n° 2 p. 105-108

GABON
n° 4 p. 313-320

GUINEE
n° 2 p. 99-104

INDE
n° 3 p. 241-245

KENYA
n° 3 p. 177-181

MALI
n° 2 p. 89-92

MAROC
n° 1 p. 63-67, n° 1 p. 69-78

MAURITANIE
n° 3 p. 229-233

NIGER
n° 1 p. 79-84

NIGERIA
n° 4 p. 265-268

OUGANDA
n° 1 p. 35-38

PANTANAL
n° 3 p. 169-173

REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE
n° 2 p. 117-128, n° 2 p. 129-136

REUNION
n° 4 p. 285-297

SENEGAL
n° 1 p. 47-52, n° 2 p. 109-115,
n° 3 p. 211-219, n° 3 p. 221-228,
n° 4 p. 259-264, n° 4 p. 275-283,
n° 4 p. 299-304

TCHAD
n° 1 p. 5-13, n° 1 p. 21-30,
n° 2 p. 117-128, n° 2 p. 129-136

TOGO
n° 3 p. 189-195

TUNISIE
n° 2 p. 93-97

Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux

ABONNEMENT/SUBSCRIPTION

France	Union européenne <i>European Union</i>	Pays ACP <i>ACP countries</i>	Autres pays étrangers <i>Other foreign countries</i>
76 € (≈ 498 FF)	93 € (≈ 610 FF)	60 € (≈ 393 FF)	100 € (≈ 656 FF)

Je désire m'abonner à la Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux
(4 numéros par an)

*I wish to subscribe to the Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux
(4 issues a year)*

nom/name:.....prénom/first name:.....
adresse/address:
.....
ville/city:.....pays/country:.....

Je vous joins mon règlement, soit / I enclose payment of

.....€

Date

à l'ordre de LAVOISIER
payable to LAVOISIER

Je désire recevoir un numéro spécimen
Please send me a free sample

A retourner à / Return to
LAVOISIER
Brigitte Delestaing
14, rue de Provigny
94236 Cachan Cedex, France

tél : +33 (0)1 47 40 67 00
fax : +33 (0)1 47 40 67 03
abo@Lavoisier.fr
<http://www.Lavoisier.fr>

Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux

ABONNEMENT/SUBSCRIPTION

France	Union européenne <i>European Union</i>	Pays ACP <i>ACP countries</i>	Autres pays étrangers <i>Other foreign countries</i>
76 € (≈ 498 FF)	93 € (≈ 610 FF)	60 € (≈ 393 FF)	100 € (≈ 656 FF)

Je désire m'abonner à la Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux
(4 numéros par an)

*I wish to subscribe to the Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux
(4 issues a year)*

nom/name:.....prénom/first name:.....
adresse/address:
.....
ville/city:.....pays/country:.....

Je vous joins mon règlement, soit / I enclose payment of

.....€

Date

à l'ordre de LAVOISIER
payable to LAVOISIER

Je désire recevoir un numéro spécimen
Please send me a free sample

A retourner à / Return to
LAVOISIER
Brigitte Delestaing
14, rue de Provigny
94236 Cachan Cedex, France

tél : +33 (0)1 47 40 67 00
fax : +33 (0)1 47 40 67 03
abo@Lavoisier.fr
<http://www.Lavoisier.fr>

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

La *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* publie trimestriellement des articles et des communications originaux de recherche appliquée, des synthèses sur la santé (pathologie infectieuse et parasitaire) et les productions animales (ressources animales et alimentaires) dans les régions tropicales et subtropicales. Des notes courtes sont également acceptées pour exposer un sujet d'actualité. Le dernier numéro de chaque année comprend des index : auteurs, mots-clés, géographique.

- Le Rédacteur en chef accuse réception des manuscrits, puis les soumet au Comité de lecture. Les manuscrits peuvent alors être acceptés, refusés ou soumis à des demandes de modifications qui doivent être prises en compte (sauf justifications documentées).

La Rédaction se réserve le droit de renvoyer aux auteurs, avant toute lecture, les manuscrits non conformes aux recommandations suivantes :

- Le français est obligatoire pour tous les auteurs français ou francophones. L'anglais peut être utilisé dans tous les autres cas.

- Le manuscrit est soumis en **3 exemplaires** complets dont un original. Le texte est dactylographié en **double interligne**, toutes les pages sont numérotées. Une **disquette** (3.5 inches) l'accompagne : le fichier texte est séparé du fichier tableaux et les deux fichiers sont au format Microsoft Word.

- **Contenu des 1^e et 2^e pages :** 1) un titre précis complet en français et en anglais ; 2) un titre courant ne dépassant pas 60 caractères ou espaces en français et en anglais ; 3) noms, initiales des prénoms, adresses complètes des auteurs ; 4) nom, n° téléphone, n° fax, adresse E-mail de l'auteur assurant la correspondance ; 5) résumés : **en français et en anglais**, ne dépassent pas 250 mots et comportent les mêmes informations ; 6) cinq à huit mots-clés, selon le thésaurus Agrovoc de la FAO.

- **Plan des articles :** introduction, matériel et méthodes, résultats, discussion, conclusion, remerciements (s'il y a lieu), bibliographie.

N.B. : dans les parties matériel et méthodes, et résultats, le **temps passé** (en général le passé composé et le cas échéant l'imparfait) est obligatoire ; dans la partie discussion le présent peut être utilisé lorsque des travaux déjà publiés sont évoqués mais le passé reste obligatoire lorsqu'il est fait référence aux résultats de la présente étude.

- **Tableaux :** numérotés en chiffres romains, dans l'ordre de leur apparition dans le texte.

- **Figures** (photos, graphes, dessins, cartes) : sur **papier** et de qualité excellente, numérotées en chiffre arabe dans l'ordre de leur apparition, les légendes rassemblées sur feuille indépendante et compréhensibles par elles-mêmes. Les figures doivent également être fournies avec leur **fichier source** (Excell ou Powerpoint), sinon sauvegardées au format jpg, tif ou eps (résolution de 300 dpi pour largeur minimale de 150 mm). Les frais d'impression des figures en couleur sont à la charge des auteurs.

- **Bibliographie :** numérotée en chiffres arabes, ordre alphabétique selon le nom des auteurs qui sont tous mentionnés ; référencée par des chiffres arabes entre parenthèses dans le texte ; ex. : « ... (19)... (7, 21)... ». La présentation est scrupuleusement respectée et aucun élément (ex : ville, pays et maison d'édition pour un ouvrage) ne doit manquer, selon les modèles suivants :

1. BERTHE D., 1987. Epidémiologie et prophylaxie des maladies infectieuses majeures : bilan et perspectives. Thèse Doct. vét., Eismv, Dakar, Sénégal, 120 p.

2. DENIS J.P., 1971. L'intervalle entre les vèlages chez le zébu Gobra (Peulh sénégalais). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **24** : 635-647.

3. DJAMEN N.P., HAVARD M., DJONNEWA A., 2001. Vers une démarche d'aide à la décision adaptée aux exploitations agricoles du Nord-Cameroun. In : Second comité scientifique du Prasac, Maroua, Cameroun, 5-9 février 2001, 15 p.

4. RICORDEAU G., 1981. Genetics: breeding plans. In: Gall C., Ed., Goat production. London, UK, Academic Press, p. 111-161.

Les publications **anonymes** seront classées au premier mot du titre.

Utiliser les normes internationales ISO pour l'abréviation de périodiques.

Les **épreuves** sont envoyées au premier auteur ou au correspondant ; un délai de quelques jours est donné pour signaler des corrections.

Trente **tirés à part** gratuits sont envoyés uniquement au premier auteur ou au correspondant désigné lors de l'expédition de l'article.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

The *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* publishes on a quarterly basis the results of original applied research articles and communications, and scientific reviews in the field of animal health (infectious and parasitic diseases) and animal productions (animal feed and resources) in tropical and subtropical areas. Short notes covering current topics are also given consideration. Each year's last issue includes author, key word and geographic indexes.

- The Editor-in-Chief acknowledges receipt of the manuscripts and submits them to the Editorial Board. The manuscripts may then be accepted, rejected or revisions may be requested. These must have been addressed when submitting a new version.

The Editorial Board may return without refereeing any manuscript that does not comply to the following guidelines:

- French is mandatory for French and francophone authors. English may be used in all other cases.

- Complete manuscripts are submitted in **triplicate**, including one original. The text is typed, **double-spaced**, the pages are numbered. A **3.5" disquette** is included. The text and tables are in separate files with both files saved under Microsoft Word.

- **First and second page contents:** 1) a precise, complete title in English and in French; 2) a running title not exceeding 60 characters or spaces in English and in French; 3) authors' names, first name initials, complete addresses; 4) corresponding author's name, telephone and fax numbers, E-mail address; 5) abstracts: **in English and in French**, 250 words at most, and both contain the same information; 6) five to eight key words, according to the FAO AGROVOC thesaurus.

- **Article structure:** Introduction, materials and methods, results, discussion, conclusion, acknowledgments (when appropriate), references.

Note: In the Materials and Methods, and Results sections the **past tense** is mandatory. In the Discussion the present tense may be used when referring to already published results, but the past tense is mandatory when referring to results of the present study.

- **Tables:** Roman numerals are used, in the order they appear in the text.

- **Figures** (photos, graphs, drawings, maps): high-quality **hard copies**, Arabic numeration in the order they appear in the text, legends listed separately and meaningful by themselves. The figures must also be supplied with their **digital source** (input) files (Excell or Powerpoint), otherwise saved in JPG, TIF or EPS (e.g. 300 dpi for 150 mm minimum width). Authors are charged for the printing costs of color figures.

- **References:** numbered, in alphabetical order for a given author, with all the authors mentioned; they appear in the text within parentheses, e.g., "... (19)... (7, 21)...". A very special care is given to their presentation and no item may be omitted (e.g., do not forget the publisher's city and country when quoting a book), using the following examples as guidelines:

1. BERTHE D., 1987. Epidémiologie et prophylaxie des maladies infectieuses majeures : bilan et perspectives. Thèse Doct. vét., Eismv, Dakar, Sénégal, 120 p.

2. DENIS J.P., 1971. L'intervalle entre les vèlages chez le zébu Gobra (Peulh sénégalais). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **24** : 635-647.

3. DJAMEN N.P., HAVARD M., DJONNEWA A., 2001. Vers une démarche d'aide à la décision adaptée aux exploitations agricoles du Nord-Cameroun. In : Second comité scientifique du Prasac, Maroua, Cameroun, 5-9 février 2001, 15 p.

4. RICORDEAU G., 1981. Genetics: breeding plans. In: Gall C., Ed., Goat production. London, UK, Academic Press, p. 111-161.

Anonymous publications are listed under the title first word.

International ISO norms are used to abbreviate journal names.

Proofs are sent to the first author or to the correspondent, who then has a few days to return corrections.

Thirty **reprints** free of charge are sent solely to the first author or to the designated correspondent.