

# 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 : Joseph Domenech

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, J. Chantal, Ph. Chardonnet,

Y. Cognié, D. Cuisance, C. Demarquilly, A. Diallo,

Ph. Dorchies, G. Duvallet, B. Faye, A. Gaston,

H. Guerin, A. Gueye, J.-F. Guillot, J. Hardouin,

J. Itard, E. Landais, J. Le Dividich, P.-C. Lefèvre,

C. Le Goff, Ph. Lhoste, G. Libeau, F. Ménissier,

C. Meyer, P.-P. Pastoret, B. Peyre de Fabrègues,

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

G. Tacher, F. Thiaucourt, M. Thibier, J. Thimonier,

B. Toutain, P.-L. Toutain, J.-J. Tulasne, 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

Anne Defois

14, rue de Provigny

94236 Cachan Cedex, France

(voir pages intérieures pour les tarifs)

abo@Lavoisier.fr

<http://www.Lavoisier.fr>

© Cirad, Montpellier, 2003

Imprimé par Jouve (France)

n° d'ordre : 320415A

Dépôt légal : janvier 2003

# Sommaire

## PATHOLOGIE INFECTIEUSE

5-13 **Epidémiologie de la tuberculose et de la brucellose des bovins en zone périurbaine d'Abéché, Tchad.** Delafosse A., Goutard F., Thébaud E. (*en français*)

15-20 **Profil épidémiologique, antigénique et pathogénique des diarrhées dans une population de bovins au Brésil.** Ambrosim J.A., Almeida F.S., Rigobelo E.C., Castro A.F.P., Schocken-Iturrino R.P., Quintana J.L., Avila F.A. (*en anglais*)

## PATHOLOGIE PARASITAIRE

21-30 **Vecteurs potentiels de *Trypanosoma evansi* chez le dromadaire au Tchad oriental.** Doutoum Abdesalam A., Delafosse A., Elsen P., Amsler-Delafosse S. (*en français*)

31-34 **Fasciolose bovine à Cuba. Etude rétrospective à l'abattage et analyse des pertes par saisie de foies.** Reinaldo González L., Pérez Ruano M., Brito S. (*en français*)

35-38 **Effet de traitement par injection de moxidectine sur la prévalence et la production d'œufs de strongles chez des bovins dans un système de pâturage communal en Ouganda.** Magona J.W., Musisi G. (*en anglais*)

## RESSOURCES ALIMENTAIRES

39-45 ***Afzelia africana* Smith ex Persoon dans le Nord-Cameroun. Etat actuel des peuplements et utilisation pastorale.** Onana J., Devineau J.-L. (*en français*)

47-52 **Etude du comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC., légumineuse fourragère.** Mbaye N., Diop A.T., Guèye M., Diallo A.T., Sall C.E., Samb P.I. (*en français*)

53-62 **Utilisation optimale de ressources alimentaires localement disponibles pour l'engraissement des ovins au sein des exploitations mixtes agriculture-élevage du plateau central du Burkina Faso.** Zoundi J.S., Nianogo A.J., Sawadogo L. (*en français*)

## RESSOURCES ANIMALES

63-67 **Estimation des paramètres génétiques et phénotypiques de la production laitière des vaches de race Frisonnes Holstein au Maroc.** Boujenane I. (*en anglais*)

68 **Note de lecture** (*en français*)

69-78 **Estimation des réserves corporelles chez le dromadaire.** Faye B., Bengoumi M., Messad S., Chilliard Y. (*en français*)

79-84 **Performances zootechniques des caprins au Niger : étude comparative de la chèvre rousse de Maradi et de la chèvre à robe noire dans la zone de Maradi.** Marichatou H., Mamane L., Banoïn M., Baril G. (*en français*)

# Contents

## INFECTIOUS DISEASES

5-13 **Epidemiology of Bovine Tuberculosis and Brucellosis on the Periphery of Abeche, Chad.** Delafosse A., Goutard F., Thébaud E. (*in French*)

15-20 **Epidemiological, Antigenic and Pathogenic Profile of Bovine Diarrhea in a Brazilian Cattle Population.** Ambrosim J.A., Almeida F.S., Rigobelo E.C., Castro A.F.P., Schocken-Iturrino R.P., Quintana J.L., Avila F.A. (*in English*)

## PARASITIC DISEASES

21-30 **Potential Vectors of *Trypanosoma evansi* in Camels in Eastern Chad.** Doutoum Abdesalam A., Delafosse A., Elsen P., Amsler-Delafosse S. (*in French*)

31-34 **Bovine Fasciolosis in Cuba: Retrospective Study at Slaughter and Economical Losses Assessed from Liver Condemnation.** Reinaldo González L., Pérez Ruano M., Brito S. (*in French*)

35-38 **Effect of Injectable Moxidectin Treatment of Cattle on Prevalence and Strongyle Egg Output under Communal Grazing Management in Uganda.** Magona J.W., Musisi G. (*in English*)

## FEED RESOURCES

39-45 ***Afzelia africana* Smith ex Persoon in North Cameroon. Present State of Populations and Pasture Use.** Onana J., Devineau J.-L. (*in French*)

47-52 **Germinative Behavior of *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC. Seeds, a Leguminous Fodder Crop, and Trials to Suppress Integumentary Inhibition.** Mbaye N., Diop A.T., Guèye M., Diallo A.T., Sall C.E., Samb P.I. (*in French*)

53-62 **Optimal Use of Locally Available Feed Resources for Sheep Fattening in Mixed Crop-Livestock Farming Systems in the Central Plateau of Burkina Faso.** Zoundi J.S., Nianogo A.J., Sawadogo L. (*in French*)

## ANIMAL RESOURCES

63-67 **Estimates of Genetic and Phenotypic Parameters for Milk Production in Moroccan Holstein-Friesian Cows.** Boujenane I. (*in English*)

68 **Reading note** (*in French*)

69-78 **Assessment of Body Reserves in Camels.** Faye B., Bengoumi M., Messad S., Chilliard Y. (*in French*)

79-84 **Zootechnical Performances of Goats in Niger: Comparative Study of the Maradi Russet Goat with the Black-Coat Goat in Maradi Area.** Marichatou H., Mamane L., Banoïn M., Baril G. (*in French*)

# Sumario

## PATOLOGIA INFECCIOSA

5-13 Epidemiología de la tuberculosis y de la brucelosis de los bovinos en la zona periurbana de Abeche (Chad). Delafosse A., Goutard F., Thébaud E. (*en francés*)

15-20 Perfil epidemiológico, antigénico y patogénico de la diarrea bovina en una población de ganado brasileño. Ambrosim J.A., Almeida F.S., Rigobelo E.C., Castro A.F.P., Schocken-Iturrino R.P., Quintana J.L., Avila F.A. (*en inglés*)

## PATOLOGIA PARASITARIA

21-30 Vectores potenciales de *Trypanosoma evansi* en los dromedarios de Chad oriental. Doutoum Abdesalam A., Delafosse A., Elsen P., Amsler-Delafosse S. (*en francés*)

31-34 Fasciolosis bovina en Cuba. Estudio retrospectivo en matadero y análisis de las pérdidas por retiro de los hígados. Reinaldo González L., Pérez Ruano M., Brito S. (*en francés*)

35-38 Efecto del tratamiento con moxidectina inyectable en ganado sobre la prevalencia de huevos de estróngilos. Magona J.W., Musisi G. (*en inglés*)

## RECURSOS ALIMENTICIOS

39-45 *Azelia africana* Smith ex Persoon en el norte de Camerún. Estado actual de las poblaciones y uso pastoril. Onana J., Devineau J.-L. (*en francés*)

47-52 Estudio del comportamiento germinativo y ensayos sobre el levantamiento de la inhibición tegumentaria de las semillas de la leguminosa forragera *Zornia glochidiata* Reichb. Ex DC. Mbaye N., Diop A.T., Guèye M., Diallo A.T., Sall C.E., Samb P.I. (*en francés*)

53-62 Uso optimizado de los recursos alimenticios disponibles localmente para el engorde de ovinos en el seno de explotaciones mixtas agricultura-cría en la meseta central de Burkina Faso. Zoundi J.S., Nianogo A.J., Sawadogo L. (*en francés*)

## RECURSOS ANIMALES

63-67 Estimaciones de los parámetros genéticos y fenotípicos para la producción de leche en vacas Holstein-Friesian en Marruecos. Boujenane I. (*en inglés*)

68 Nota de lectura (*en francés*)

69-78 Estimación de las reservas corporales en el dromedario. Faye B., Bengoumi M., Messad S., Chilliard Y. (*en francés*)

79-84 Rendimientos zootécnicos de los caprinos de Níger: estudio comparativo de la cabra roja de Maradi con su pariente de pelaje negro en la zona de Maradi. Marichatou H., Mamane L., Banoin M., Baril G. (*en francés*)

# 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**  
Anne Defois  
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>

# Epidémiologie de la tuberculose et de la brucellose des bovins en zone périurbaine d'Abéché, Tchad

A. Delafosse<sup>1\*</sup> F. Goutard<sup>2</sup> E. Thébaud<sup>1</sup>

## Mots-clés

Bovin – *Mycobacterium bovis* –  
*Mycobacterium avium* – Tuberculose –  
Brucellose – Epidémiologie – Tchad.

## Résumé

Cette étude a eu pour objectif de préciser l'épidémiologie de la tuberculose et de la brucellose des bovins dans le bassin laitier d'Abéché (préfecture du Ouaddaï, Tchad oriental). La population étudiée a été constituée d'animaux de plus d'un an pour la tuberculose et de femelles de plus d'un an pour la brucellose. L'échantillon a été sélectionné à l'aide d'un sondage à deux degrés (village puis éleveur). Le diagnostic a été réalisé par intradermotuberculination (simple puis comparative) pour la tuberculose et par une analyse sérologique [épreuve à l'antigène tamponné (EAT), puis fixation du complément (FC)] pour la brucellose. Un questionnaire destiné à caractériser l'élevage a été systématiquement rempli et un recueil de commémoratifs a été réalisé sur les animaux sélectionnés. Ces facteurs ont été inclus dans une analyse statistique multivariée. Huit cent quarante-huit animaux répartis dans 58 cheptels ont été testés par intradermotuberculination simple et 151 par intradermotuberculination comparative. Les prévalences réelles des infections à *Mycobacterium bovis* et à *M. avium* dans la population étudiée ont été évaluées respectivement à  $0,8 \pm 0,6$  p. 100 et à  $2,0 \pm 0,9$  p. 100 ( $\alpha = 5$  p. 100). La prévalence cheptel de l'infection à *M. bovis* a été évaluée à  $12,4 \pm 8,5$  p. 100 et celle de l'infection à *M. avium* à  $17,8 \pm 9,8$  p. 100. Pour le diagnostic de la brucellose, 634 animaux répartis dans 56 cheptels ont été testés par EAT. Trente-cinq échantillons provenant de 21 cheptels ont été analysés par FC. La prévalence réelle de la brucellose a été évaluée à  $2,6 \pm 1,2$  p. 100 ( $\alpha = 5$  p. 100). La prévalence cheptel a été estimée à  $20,0 \pm 10,5$  p. 100. Les principaux facteurs de risques identifiés pour la tuberculose bovine ont été un âge élevé, l'origine de l'animal (naissance en dehors du cheptel) et la garde d'animaux appartenant à d'autres éleveurs. Les principaux facteurs de risques identifiés pour la tuberculose aviaire ont été le nombre de volailles et la nature des bouviers (enfants de l'éleveur). Les principaux facteurs de risques identifiés pour la brucellose ont été l'ethnie (Arabe) et la nature des bouviers (enfants de l'éleveur). La tuberculose et la brucellose bovines semblent se développer lentement dans de nombreux cheptels, les conditions de l'élevage extensif limitant la diffusion au sein des cheptels contaminés. Ce profil épidémiologique permet une éradication de ces zoonoses à condition d'y associer un contrôle des animaux avant leur introduction dans les cheptels assainis. Cette approche pourrait être retenue en cas de développement de la production laitière en périphérie d'Abéché.

## ■ INTRODUCTION

Le Tchad oriental est l'une des grandes zones d'élevage du pays (37). Le troupeau bovin de cette région est majoritairement transhumant mais un élevage sédentaire existe, en particulier à la périphérie des villes. Du fait de sa faible importance numérique cet élevage a été très peu étudié et est donc mal connu. Il constitue pourtant la principale source d'approvisionnement des villes en lait (et produits dérivés) en saison sèche.

1. Laboratoire de Farcha, BP 433, N'djaména, Tchad

2. Ecole nationale vétérinaire, 23 chemin des Capelles, 31076 Toulouse, France

\* Auteur pour la correspondance

Tél./fax : +33 (0)5 45 61 72 57 ; e-mail : delaf@wanadoo.fr

La tuberculose et la brucellose bovines sont des zoonoses majeures qui peuvent avoir un impact important sur la santé publique, la transmission se faisant généralement par la consommation de lait cru contaminé (1, 6, 26). De plus, ces maladies peuvent avoir une incidence économique notable lorsqu'elles sont répandues. Ainsi, les pertes liées à la tuberculose en France, avant l'application des mesures de lutte, ont été estimées à 3 p. 100 de la production bovine (21). De même, des travaux effectués dans la région du lac Tchad ont montré que près de la moitié des femelles infectées par la brucellose avortent ce qui, en cas de forte prévalence, réduit de manière importante la fertilité du cheptel (34, 35, 36).

Au Tchad oriental, la situation de ces zoonoses est mal connue. La tuberculose est fréquemment suspectée à l'abattoir d'Abéché mais l'existence de la maladie n'a jamais été confirmée par des examens de laboratoire. Une enquête sur la brucellose menée dans les années 50 a confirmé l'existence de la maladie (31). Plus récemment, une prévalence de 2,1 p. 100 à l'épreuve à l'antigène tamponné a été observée sur un échantillon de 554 dromadaires. Des antécédents d'avortements ont été signalés chez 50,0 p. 100 des femelles pubères séropositives (7).

L'étude a eu pour objectif d'évaluer l'importance de la tuberculose et de la brucellose bovines dans la zone périphérique d'Abéché, principale ville du Tchad oriental, et de préciser l'épidémiologie de ces maladies. Elle a été réalisée sur un financement du Fonds français d'aide et de coopération (Fac) dans le cadre du projet d'Appui au secteur de l'élevage au Tchad oriental (Aseto).

## ■ MATERIEL ET METHODES

### Cadre de l'enquête

Les agro-éleveurs sédentaires ou semi-sédentaires installés en périphérie d'Abéché sont d'ethnies Arabe ou Maba et possèdent le plus souvent de petits cheptels (22 têtes en moyenne) (40). Les éleveurs sont installés dans des villages regroupant plusieurs familles ou dans des campements, ou *ferik*, lorsqu'il s'agit de nomades en voie de sédentarisation. La population bovine sédentaire a été évaluée en 1999 à 540 000 têtes pour le Tchad oriental dont 163 000 pour la seule sous-préfecture d'Abéché rural (9). Une zone de 30 kilomètres de rayon, correspondant approximativement au bassin laitier d'Abéché, a été retenue pour l'enquête (figure 1).

### Population étudiée et méthode d'échantillonnage

La population étudiée a été constituée des troupeaux de plus de cinq têtes de bovins, situés en périphérie d'Abéché. Il a été arbitrairement décidé de limiter la population étudiée, d'une part, aux animaux de plus d'un an pour l'étude portant sur la tuberculose et, d'autre part, aux femelles de plus d'un an pour l'étude portant sur la brucellose. Les mâles ont été exclus de l'étude sur la brucellose en raison de leur faible impact sur l'épidémiologie de la maladie (1).

La population étudiée n'étant pas connue, il a été décidé d'utiliser une méthode d'échantillonnage ne nécessitant pas de recensement exhaustif des individus. Un sondage à deux degrés a été retenu : le premier degré a été constitué par le village et le second par l'éleveur. Une base de sondage regroupant tous les villages de la zone d'étude a été constituée à partir d'une carte Ign au 200 000<sup>e</sup>. Par ailleurs, une stratification sur la distance séparant le village de la ville d'Abéché a été réalisée afin d'améliorer la représentativité de l'échantillon. Deux strates ont ainsi été définies : dans la strate 1, les villages étaient dans un rayon de 10 km et, dans la strate 2, les villages étaient dans un rayon de 10 à 30 km. Quarante-deux villages répartis dans les deux strates ont été recensés : 12 dans la première et 30 dans la seconde. Un tirage aléatoire a été réalisé avec un

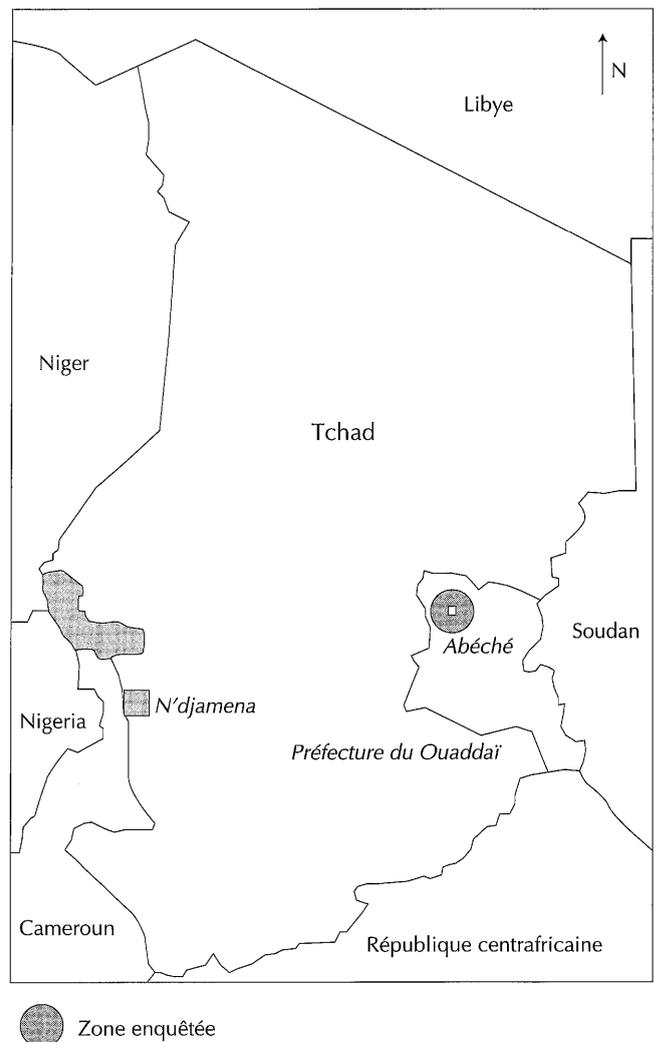


Figure 1 : zone enquêtée.

taux de sondage identique dans chaque strate. Dans chaque village sélectionné, un ou deux éleveurs (en fonction de l'importance du site) ont été choisis au hasard. Tous les animaux des cheptels sélectionnés qui répondaient aux critères d'inclusion ont été retenus.

### Recueil et traitement des données

Un questionnaire destiné à caractériser l'élevage a été systématiquement rempli. Un recueil de commémoratifs a été réalisé sur tous les animaux qui ont fait l'objet d'un diagnostic de tuberculose ou de brucellose. L'âge, l'origine, l'état d'entretien (estimé par l'enquêteur par une note allant de 1 pour « très mauvais » à 5 pour « très bon »), les antécédents d'avortement ou de pathologie respiratoire ont été ainsi relevés.

### Méthodes de diagnostic

#### Tuberculose

La méthode utilisée a été l'injection par voie intradermique de tuberculine. Le diagnostic a été réalisé dans un premier temps par intradermotuberculation simple (Ids). C'est une méthode dont la sensibilité (Se) et la spécificité (Sp) sont supérieures à 90 p. 100 (1, 21). Elle consiste à injecter, dans l'épaisseur du derme de l'encolure, de la tuberculine (0,1 ml de tuberculine Ppd titrée à 20 000 Uct/ml) et à apprécier, au bout de 72 h, la réaction au point d'injection. L'augmentation du pli de peau a été évaluée à l'aide d'un cutimètre à ressort (Hauptner®). Le résultat a été considéré

comme positif lorsque l'épaississement du pli de peau a été supérieur ou égal à 4 mm, comme douteux lorsqu'il a été supérieur ou égal à 2 mm et inférieur à 4 mm, et négatif lorsqu'il a été inférieur à 2 mm. Les animaux positifs ou douteux ont été identifiés à l'aide de boucles auriculaires.

Dans un deuxième temps, le diagnostic a été réalisé par intradermotuberculination comparative (Idc). C'est une méthode dont la spécificité est excellente ( $> 95$  p. 100) mais qui est peu sensible (50 à 80 p. 100) (21, 33). Elle consiste à injecter dans l'épaisseur du derme, au niveau de l'encolure, des tuberculines bovines (0,1 ml de tuberculine purifiée Ppd titrée à 20 000 Uct/ml) et aviaire (titre 25 000 UI/ml) en deux points séparés de 20 cm et à apprécier, au bout de 72 h, les réactions aux points d'injections. L'Idc provoquant une baisse de la réactivité des animaux sensibilisés, un délai minimum de 40 jours entre les deux tests a été respecté. L'Idc a été réalisée sur tous les animaux bouclés (positifs et douteux à l'Idc) qui ont pu être retrouvés. L'utilisation de cette technique a visé à différencier les infections par *M. bovis* des infections par d'autres mycobactéries (notamment celles du groupe aviaire). L'interprétation du résultat a été réalisée par la différence entre les épaississements des plis de peau après injection des tuberculines bovine (B) et aviaire (A). Un épaississement  $(B - A) \geq 4$  mm impliquait une réaction positive à la tuberculine bovine ; un épaississement  $(B - A) \geq 2$  mm et  $< 4$  mm impliquait une réaction douteuse à la tuberculine bovine ; un épaississement  $(A - B) \geq 4$  mm impliquait une réaction positive à la tuberculine aviaire ; un épaississement  $(A - B) \geq 2$  mm et  $< 4$  mm impliquait une réaction douteuse à la tuberculine aviaire ; un épaississement  $(B - A) > -2$  mm et  $< 2$  mm impliquait une réaction atypique.

#### Brucellose

Les prises de sang ont été effectuées à la veine jugulaire sur tube sec, chaque tube ayant été identifié avec le numéro de l'éleveur et

le numéro de l'animal. Les sérums ont été prélevés à l'aide de pipettes jetables stériles après coagulation du caillot.

Le diagnostic a été réalisé avec une épreuve à l'antigène tamponné (EAT) ou test au rose bengale. C'est un test rapide, simple, économique, réputé très sensible ( $\geq 95$  p. 100) et relativement peu spécifique ( $\geq 90$  p. 100) (1). Afin de détecter les faux positifs, une réaction de fixation du complément a été effectuée sur les prélèvements positifs ou douteux au rose bengale. La réaction a été considérée comme positive lorsque le titre de sérum a été supérieur à 20 Ucees/ml. Ce test est considéré comme très sensible ( $\geq 95$  p. 100) et très spécifique ( $\geq 95$  p. 100) (1).

#### Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée pour prendre en compte simultanément divers facteurs pouvant influencer sur la prévalence de la tuberculose et de la brucellose. Les variables d'intérêts, codées en présence/absence, ont été la positivité aux tests de diagnostic (tuberculose : (1) Idc positif à la tuberculine bovine, (2) Idc positif à la tuberculine aviaire, (3) Idc réaction atypique ; brucellose : positif en fixation du complément). Les variables explicatives ont été des caractéristiques individuelles et collectives (tableau I).

La sélection des effets fixes a été réalisée par une régression logistique ordinaire à partir de pré-modèles comprenant toutes les variables explicatives et toutes les interactions du premier ordre. Le critère de sélection a été une procédure descendante visant à minimiser le critère d'Akaike (Aic, Akaike Information Criterion) et à simplifier les modèles afin d'en faciliter l'interprétation. L'ajustement a été réalisé avec le logiciel R<sup>®</sup> (modules Glm et Gee).

Les effets fixes ont ensuite été inclus dans des modèles Gee (équations généralisées d'estimation) permettant de prendre en compte la non-indépendance des unités statistiques regroupées au sein de troupeaux (23, 32).

**Tableau I**  
Variables explicatives incluses dans l'analyse statistique

Nature	Initulé	Type	Modalités
Caractéristiques individuelles (animaux)	Origine	Qualitative nominale	Né dans le troupeau/autres <sup>1</sup>
	Age	Quantitative	-
	Sexe	Qualitative nominale	Mâle/femelle
	Etat d'entretien	Qualitative ordinale	Note d'état (1 à 5)
Localisation (par rapport à Abéché)	Latitude	Qualitative nominale	Nord/sud
	Longitude	Qualitative nominale	Est/ouest
	Eloignement	Qualitative nominale	$> 10$ km/ $\leq 10$ km
Caractéristiques du cheptel (effectifs)	Bovins	Quantitative	-
	Petits ruminants	Quantitative	-
	Equidés (ânes, chevaux)	Quantitative	-
	Volailles	Quantitative	-
Caractéristiques éleveur/pratiques	Ethnie	Qualitative nominale	Maba/Arabe
	Habitat	Qualitative nominale	Campement/village
	Confiage <sup>2</sup>	Qualitative nominale	Oui/non
	Déplacements saisonniers <sup>3</sup>	Qualitative nominale	Oui/non
	Logement nuit	Qualitative nominale	Parc/piquet/liberté
	Surveillance cheptel	Qualitative nominale	Éleveur/autres <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Achat, don ou confiage

<sup>2</sup> Pratique traditionnelle consistant à prendre en gardiennage des animaux appartenant à d'autres éleveurs

<sup>3</sup> Au moins un déplacement  $> 10$  km au cours des trois années précédant l'enquête

<sup>4</sup> Généralement enfants de l'éleveur

## ■ RESULTATS

### Epidémiologie descriptive

Les résultats ont été exprimés pour chaque maladie aux deux niveaux étudiés : animal et cheptel. La prévalence cheptel a été définie comme le rapport du nombre de cheptels infectés (comportant au moins un cas) sur le nombre total de cheptels.

#### Tuberculose

##### ■ Résultats bruts

Au niveau individuel, huit cent quarante-huit animaux, provenant de 58 cheptels, ont été testés par Ids. Trente et un bovins (3,7 p. 100) ont présenté une réaction positive et 165 (19,5 p. 100) une réaction douteuse. Cent cinquante et un bovins (dont 23 positifs et 128 douteux à l'Ids) ont pu être retrouvés puis testés par Idc. Huit (5,3 p. 100) ont présenté une réaction positive et 9 (6,0 p. 100) une réaction douteuse à la tuberculine bovine. Onze (7,3 p. 100) ont présenté une réaction positive et 18 (11,9 p. 100) une réaction douteuse à la tuberculine aviaire. Cent cinq (69,5 p. 100) ont présenté une réaction atypique. Sur 23 animaux positifs à l'Ids, 4 (17,4 p. 100) ont été positifs à la tuberculine bovine et 3 (13,0 p. 100) à la tuberculine aviaire. Sur 128 animaux douteux à l'Ids, 4 (3,1 p. 100) ont été positifs à la tuberculine bovine et 8 (6,2 p. 100) à la tuberculine aviaire. Aucun animal positif ou douteux à la tuberculine bovine n'a eu des symptômes pouvant être associés à la tuberculose (toux quinteuse, cachexie).

Au niveau groupe, le nombre moyen d'Ids réalisées par cheptel a été de 14,6 (4 au minimum et 30 au maximum ; écart-type = 7). Des réactions douteuses ont été relevées dans 50 cheptels (86,2 p. 100) et des réactions positives dans 21 (36,2 p. 100). Cinquante et un cheptels (87,9 p. 100) ont présenté au moins un animal positif ou douteux à l'Ids. Quarante-huit cheptels, dont 20 avaient présenté au moins une réaction positive et 47 au moins une réaction douteuse à l'Ids, ont pu être testés par Idc. Le nombre moyen d'Idc par cheptel

a été de 3,1 (1 au minimum et 11 au maximum, écart-type = 2). Sept cheptels (14,6 p. 100) ont présenté au moins une réaction positive et 8 (16,7 p. 100) au moins une réaction douteuse à la tuberculine bovine. Neuf cheptels (18,7 p. 100) ont présenté au moins une réaction positive et 13 (27,1 p. 100) au moins une réaction douteuse à la tuberculine aviaire. Des réactions atypiques ont été observées dans 39 cheptels (81,2 p. 100). Sur 20 cheptels positifs à l'Ids, 6 (30,0 p. 100) ont été positifs à la tuberculine bovine et 3 (15,0 p. 100) à la tuberculine aviaire. Sur 47 cheptels douteux à l'Ids, 6 (12,5 p. 100) ont été positifs à la tuberculine bovine et 9 (19,1 p. 100) à la tuberculine aviaire.

##### ■ Estimation de la prévalence des infections à *Mycobacterium bovis* et à *M. avium* dans la population étudiée

Les valeurs théoriques des prévalences apparentes mesurées avec l'Ids et l'Idc peuvent être obtenues avec les formules (38) :

$$P_{Ids} = P_{réelle} \times (Se_{Ids} + Sp_{Ids} - 1) + (1 - Sp_{Ids})$$

$$P_{Idc} = VPP_{Ids} \times (Se_{Idc} + Sp_{Idc} - 1) + (1 - Sp_{Idc})$$

$$VPP_{Ids} = (Se_{Ids} \times P_{réelle}) / [(Se_{Ids} \times P_{réelle}) + (1 - Sp_{Ids})(1 - P_{réelle})]$$

où  $P_{Ids}$  = prévalence apparente mesurée par Ids dans l'échantillon initial (*M. bovis* : réactions positives Ids ; *M. avium* : réactions douteuses Ids) ;  $P_{Idc}$  = prévalence apparente mesurée par Idc (*M. bovis* : dans groupe positif Ids ; *M. avium* : dans groupe douteux Ids) ;  $P_{réelle}$  = prévalence réelle dans l'échantillon initial ;  $Se_{Ids}$  = sensibilité Ids ;  $Sp_{Ids}$  = spécificité Ids ;  $Se_{Idc}$  = sensibilité Idc ;  $Sp_{Idc}$  = spécificité Idc ;  $VPP_{Ids}$  = valeur prédictive positive de l'Ids.

Dès lors, les prévalences réelles des infections à *M. bovis* et *M. avium* et les couples sensibilité/spécificité des tests ont pu être évalués en déterminant, par itérations successives, les valeurs qui minimisent l'écart entre les prévalences apparentes théoriques et observées lors de l'enquête (tableau II).

Tableau II

Prévalences réelles des infections à *Mycobacterium bovis* et *M. avium* dans la population étudiée (estimations obtenues à partir d'hypothèses sur les valeurs intrinsèques des tests)

	<i>M. bovis</i>		<i>M. avium</i>		
	Individu	Troupeau	Individu	Troupeau	
Prév. réelle estimée (%)	0,8	12,4	2,0	17,8	
Intervalle confiance ( $\alpha = 5\%$ )	[0,2 - 1,4]	[3,9 - 20,9]	[1,1 - 2,9]	[8,0 - 27,6]	
<b>Intradermoréaction simple (Ids)</b>					
Sensibilité	Hypothèse	0,90 à 1,00	$\geq 0,94$	0,90 à 1,00	$\geq 0,91$
	Estimée	0,94	0,94	0,91	0,92
Spécificité	Hypothèse	0,90 à 1,00	$\leq 0,97$	0,80 à 1,00	$\leq 0,83$
	Estimée	0,97	0,72	0,82	0,15
Prév. apparente (%) <sup>1</sup>	Observée	3,66	36,20	19,46	86,21
	Estimée	3,73	36,18	19,46	86,25
<b>Intradermoréaction comparative (Idc)</b>					
Sensibilité	Hypothèse	0,50 à 0,80	$\geq 0,82$	0,50 à 0,80	$\geq 0,475$
	Estimée	0,82	0,82	0,475	0,62
Spécificité	Hypothèse	0,95 à 1,00	$\leq 0,99$	0,95 à 1,00	$\leq 0,98$
	Estimée	0,99	0,94	0,98	0,91
Prév. apparente (%) <sup>2</sup>	Observée	17,39	30,00	6,25	19,15
	Estimée	17,34	30,48	6,26	19,06

<sup>1</sup> *Mycobacterium bovis* : réactions positives à l'Ids ; *M. avium* : réactions douteuses à l'Ids

<sup>2</sup> Obtenue à partir des groupes positif à l'Ids (*M. bovis*) et douteux à l'Ids (*M. avium*)

Il a été nécessaire, pour ce calcul, d'émettre des hypothèses sur la valeur du couple sensibilité/spécificité des tests aux deux niveaux étudiés (individu et cheptel). La sensibilité cheptel a été considérée comme supérieure ou égale à la sensibilité individuelle et la spécificité cheptel comme inférieure ou égale à la spécificité individuelle (41).

### Brucellose

#### ■ Résultats bruts

Au niveau individuel (animal), six cent trente-quatre prises de sang ont été effectuées dans 56 cheptels. Vingt-quatre (4,0 p. 100) et 13 (2,0 p. 100) bovins ont été trouvés, respectivement, positifs et douteux à l'EAT. Sur ces 37 échantillons, 35 (23 positifs et 12 douteux) ont été testés par la fixation du complément (2 sérums hémolysés n'ont pu être analysés). Vingt bovins, dont 16 ont été positifs à l'EAT et 4 douteux, ont été trouvés positifs au test de fixation du complément.

Des antécédents d'avortements ont été signalés chez 35,0 p. 100 (7 sur 20) des vaches (> 4 ans) positives au test de fixation du complément, alors que cette proportion n'a été que de 7,0 p. 100 (42 sur 597) chez celles qui ont été négatives à l'EAT (différence significative, test du  $\chi^2$ ,  $p \leq 0,001$ ). Aucune association n'a été relevée entre la positivité à la fixation du complément et la présence d'hygromas.

Au niveau du groupe (cheptel), le nombre moyen d'examen sérologiques par cheptel a été de 11,3 (écart-type = 5,0 ; minimum = 3 ; maximum = 27). Vingt et un cheptels sur 56 (37,5 p. 100) ont présenté au moins une réaction positive et/ou douteuse à l'EAT et 14 (25,0 p. 100) au moins une réaction positive. Onze cheptels sur 21 (52,4 p. 100) ont présenté au moins un cas de réaction positive à la FC. Ils sont tous provenus de cheptels qui avaient eu au moins une réaction positive à l'EAT. Le nombre moyen de FC par cheptel a été de 1,7 (écart-type = 1,0 ; minimum = 1 ; maximum = 5).

#### ■ Estimation de la prévalence de la brucellose dans la population étudiée

La prévalence réelle de la brucellose a été estimée en utilisant la même procédure que celle décrite pour la tuberculose (tableau III).

Tableau III

Prévalence réelle de la brucellose dans la population étudiée

	Brucellose	
	Individu	Troupeau
Prév. réelle estimée (%)	2,6	20,0
Intervalle confiance ( $\alpha = 5\%$ )	[1,4 - 3,8]	[9,5 - 30,5]
<b>Epreuve à l'antigène tamponné (EAT)</b>		
Sensibilité	Hypothèse	0,95 à 1,00 $\geq 0,995$
	Estimée	0,995
Spécificité	Hypothèse	0,90 à 1,00 $\leq 0,988$
	Estimée	0,988
Prév. apparente (%) <sup>1</sup>	Observée	3,79
	Estimée	3,76
<b>Fixation du complément</b>		
Sensibilité	Hypothèse	0,95 à 1,00 $\geq 0,995$
	Estimée	0,995
Spécificité	Hypothèse	0,95 à 1,00 $\leq 0,985$
	Estimée	0,985
Prév. apparente (%) <sup>2</sup>	Observée	69,57
	Estimée	69,00

<sup>1</sup> Obtenue à partir de l'échantillon initial

<sup>2</sup> Obtenue à partir du groupe positif à l'EAT

### Facteurs de risques

Le risque de positivité à la tuberculine bovine a augmenté avec l'âge et lorsque l'animal n'était pas né dans le cheptel. Il a également augmenté chez les éleveurs pratiquant le confiage (tableau IV). Le risque de positivité à la tuberculine aviaire a augmenté

Tableau IV

Facteurs de risques identifiés

Facteurs de risques	Coefficients modèles Gee			
	<i>Mycobacterium bovis</i>	<i>M. avium</i>	Réactions atypiques	Brucellose
<b>Individuels</b>				
Age	0,3278**	NS	-0,4876***	-0,6415*
Etat	NS	NS	0,3667*	NS
Origine (1 = né troupeau)	-10,8867*	NS	-1,3611*	NS
<b>Collectifs</b>				
Ethnie (1 = Maba)	NS	NS	NS	-7,4556**
Habitat (1 = campement)	NS	NS	NS	-7,4531*
Surveillance cheptel (1 = autres)	NS	1,5683*	1,6739**	4,4015**
Confiage	4,5428**	-1,5038*	NS	NS
Cheptel	Bovins	NS	NS	-0,4180*
	Volailles	NS	0,0891*	NS
Localisation	Nord	NS	NS	-7,6015*

\*\*\*  $p < 0,001$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$ ; NS :  $p > 0,05$

avec le nombre de volailles et lorsque l'éleveur n'assurait pas la surveillance du cheptel et ne pratiquait pas le confiage. Le risque de réactions atypiques a diminué avec l'âge et a augmenté avec la note d'état de l'animal. Il a également augmenté lorsque l'animal n'était pas né dans le cheptel et quand l'éleveur n'assurait pas la surveillance du troupeau. Le risque de positivité à la brucellose a diminué avec l'âge et a augmenté lorsque l'éleveur n'assurait pas la surveillance des animaux. L'origine ethnique de l'éleveur (Arabe), un habitat villageois, un faible nombre de bovins et une localisation méridionale par rapport à Abéché ont également augmenté ce risque.

## ■ DISCUSSION

### *Méthodologie*

La base de sondage a été élaborée à l'aide de cartes datant des années 50. Le paysage démographique de la région s'étant largement modifié, de nombreuses installations humaines n'ont pu être prises en compte. De plus, il a été décidé d'inclure, dans un souci de représentativité, les campements des éleveurs en cours de sédentarisation non indiqués sur les cartes. Dans quelques cas, la sélection du village a donc relevé d'un choix raisonné plutôt que d'un véritable tirage aléatoire.

Un biais de recrutement des éleveurs lié à quelques refus de participation a pu également intervenir. La lourdeur des investigations a poussé certains éleveurs à repousser d'emblée le protocole alors que d'autres, peu nombreux, se sont désistés lors de l'Idc. Par ailleurs, quelques éleveurs ont refusé les prélèvements de sang pour le diagnostic de la brucellose.

Lors de l'Idc, le pli de peau contrôle a été mesuré le jour de la lecture sur l'autre face de l'encolure. Cette pratique a pu biaiser certaines interprétations de l'Idc. La méthode d'interprétation de l'Idc est légèrement différente de celle, habituellement préconisée, qui considère la réaction comme douteuse à la tuberculine bovine lorsque la différence d'augmentation des plis de peau est comprise entre 1 et 4 mm (21). Le type d'interprétation utilisé ici a conduit à limiter les réactions douteuses au profit de réactions considérées comme atypiques.

Enfin, les résultats obtenus n'ont été représentatifs que des populations étudiées (zone périurbaine d'Abéché ; bovins de plus d'un an pour la tuberculose ; génisses et vaches de plus d'un an pour la brucellose) et, de ce fait, toute extrapolation à l'ensemble de la population bovine du Tchad oriental doit être évitée.

### *Epidémiologie descriptive*

#### *Tuberculose*

L'étude a permis d'estimer à 0,8 p. 100 la prévalence réelle de l'infection des bovins par *Mycobacterium bovis*. Cette valeur est proche de celles relevées entre 1976 et 1991 dans divers pays sahéliens avec des prévalences apparentes à l'Idc de 1,2 p. 100 au sud de la Mauritanie (43), de 2 p. 100 au Niger (2) et de 3,9 p. 100 au nord du Burkina Faso (38, 44).

L'association de conditions climatiques défavorables à la survie du germe et des pratiques de l'élevage extensif, caractérisé par de faibles densités animales, pourrait expliquer la faible propagation de l'infection.

Lorsque le climat devient plus humide ou que les conditions d'élevage s'intensifient, on observe souvent une augmentation de la prévalence de la tuberculose bovine. A Madagascar et en Tanzanie, de fortes prévalences ont été relevées dans les régions où le climat et

les pratiques d'élevage sont modifiées par l'altitude (19, 33). En Erythrée, pays au climat désertique, une prévalence apparente à l'Idc de 14,5 p. 100 a été observée dans les élevages laitiers périurbains (30). Au Ghana, la prévalence réelle de l'infection dans les élevages laitiers périurbains a été estimée à 13,8 p. 100 (3).

La prévalence cheptel a été estimée à 12,4 p. 100. Un décalage entre les prévalences mesurées sur les animaux et les cheptels est classiquement observé dans les conditions de l'élevage extensif. Dans le nord de la Tanzanie, une enquête portant sur deux populations distinctes, élevages traditionnels et laitiers périurbains, a permis de relever des prévalences apparentes à l'Idc de 0,6 et 0,9 p. 100 sur les animaux, alors que 21 p. 100 des troupeaux traditionnels étaient positifs contre 10 p. 100 des troupeaux laitiers (45). En Erythrée, seuls 41,7 p. 100 des cheptels laitiers étaient positifs à l'Idc alors que la prévalence individuelle était de 14,5 p. 100 (30).

Il est probable que les conditions de l'élevage extensif n'autorisent qu'une lente propagation de l'infection dans les cheptels tout en permettant le passage d'un cheptel à l'autre lors de contact au pâturage ou à l'occasion de l'introduction d'animaux. A l'opposé, en élevage laitier, la forte densité animale dans les bâtiments permettrait une diffusion plus rapide au sein des cheptels contaminés alors que le cloisonnement des élevages limiterait la contagion entre cheptels.

Aucune répercussion clinique de la maladie n'a pu être enregistrée : les animaux positifs n'ont pas présenté de toux et ont généralement été en bon état d'entretien. La tuberculose a donc semblé essentiellement exister sous forme d'infection. Il est probable que les conditions difficiles d'élevage entraînent une disparition rapide des animaux malades. Cette mortalité précoce pourrait limiter les possibilités de contamination et expliquerait la faible proportion d'animaux infectés.

La prévalence réelle de la tuberculose aviaire a été estimée à 2,0 p. 100. Cette valeur a été plus faible que celles relevées au sud de la Mauritanie (avec une prévalence apparente à l'Idc de 17,2 p. 100) (43), au nord du Burkina Faso (13,8 p. 100) (38, 44) et de la Côte d'Ivoire (4,7 p. 100) (11). Cette différence est principalement liée à la méthodologie employée lors de ces travaux où toute réaction positive à la tuberculine aviaire avait été attribuée à *M. avium*. Aucune répercussion clinique n'a pu être enregistrée, ce qui rejoint la faible pathogénicité de *M. avium* pour les bovins (21).

Les animaux qui ont présenté des réactions atypiques ont pu être sensibilisés par des mycobactéries non tuberculeuses. Ce groupe comprend en premier lieu des mycobactéries du complexe *terrae* dont *M. farcinogenes*, agent du farcin du bœuf, et *M. avium* subsp. *paratuberculosis*, agent de l'entérite paratuberculeuse des bovidés (21, 22). A proximité de la zone de l'étude, à l'ouest du Soudan, la prévalence du farcin a été évaluée à 31,9 p. 100 (15). D'autres espèces, dont *M. aquae*, agent de la thélite nodulaire, sont également susceptibles de provoquer des infections bénignes de la peau, des mamelles, du poumon ou du foie (22).

#### *Brucellose*

La prévalence réelle de la brucellose bovine a été évaluée à 2,6 p. 100. Cette valeur a été plus faible que celles observées au Tchad entre 1976 et 1978 (34, 35, 36). Au Nord, dans la région du lac Tchad, une valeur de 25,0 p. 100 avait été relevée, par fixation du complément, sur un échantillon de 4 931 femelles provenant de cheptels transhumants. Au Sud, des prévalences apparentes à l'EAT de 15,4 et 36,0 p. 100 avaient été mesurées lors d'enquêtes portant sur des cheptels sédentaires et transhumants. Cette différence tient principalement à l'objectif de ces études qui visait à explorer des foyers de brucellose abortive et non à décrire la situation épidémiologique à partir d'un échantillon retenu par tirage aléatoire.

La prévalence obtenue ici est par ailleurs comparable à celles mesurées lors de diverses enquêtes sérologiques effectuées en Afrique du Sud et en zone sahélienne du Burkina Faso, du Nigeria et du Niger (2, 4, 12, 13).

Comme pour la tuberculose, l'intensification des méthodes d'élevage et le climat semblent avoir une influence sur l'épidémiologie de la maladie (10). En Erythrée, la prévalence apparente au rose bengale était de 8,2 p. 100 dans les cheptels laitiers périurbains contre 5,0 p. 100 dans les cheptels traditionnels (28). Au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire, les prévalences apparentes étaient plus élevées dans les zones méridionales au climat plus humide (13). Enfin, de fortes prévalences ont été relevées dans les zones humides du Ghana, du Nigeria, du Sud Soudan et de la Somalie méridionale (16, 27, 42, 46).

La prévalence cheptel a été estimée à 20,0 p. 100. Comme pour la tuberculose, les conditions de l'élevage extensif expliquent certainement le décalage entre la prévalence individuelle et la prévalence cheptel par ailleurs fréquemment constaté dans les élevages traditionnels en Afrique tropicale (10). Ainsi, en Erythrée, le couple prévalence individuelle/prévalence cheptel a été évalué à 5,0 p. 100/46,1 p. 100 dans les élevages traditionnels et à 8,2 p. 100/35,9 p. 100 dans les élevages laitiers périurbains (28).

Un tiers des vaches séropositives ont eu des antécédents d'avortements, ce qui correspond à la faible fréquence de la forme abortive de la brucellose en Afrique tropicale (10). Aucune d'elles n'a présenté d'hygroma alors qu'il s'agit d'un symptôme très fréquemment décrit dans cette zone géographique (10). Ainsi, des symptômes articulaires avaient été observés chez deux bovins séropositifs sur trois lors d'une étude menée dans la région du lac Tchad (34, 35, 36). Cette différence pourrait s'expliquer par un défaut de détection ou par la virulence de la souche, différents biotypes de *B. abortus* ayant été isolés en Afrique (1).

## Facteurs de risques

### Tuberculose

Les animaux positifs à la tuberculine bovine ont généralement été âgés, ce qui rejoint les résultats obtenus dans d'autres élevages traditionnels d'Afrique tropicale (11, 19, 38, 43, 44). Cette observation s'explique certainement par la faible incidence de la maladie, l'éventualité d'une exposition à l'infection augmentant avec le temps.

La taille du cheptel n'est pas un facteur de risque pour la tuberculose bovine, ce qui diffère des résultats obtenus en Erythrée, en Zambie, en Italie et en Grande-Bretagne (5, 8, 14, 24, 30). Cette différence est probablement liée à l'intensification des systèmes d'élevage dans ces pays, l'augmentation de la taille du cheptel entraînant une forte densité animale dans les bâtiments favorables à la transmission de la maladie (25).

Le risque d'infection est plus faible chez les animaux nés dans le troupeau. Cette observation souligne l'importance de la contamination des cheptels par l'acquisition ou la garde d'animaux. Un jeune âge n'est pas un facteur de risque pour l'infection à *M. avium*, contrairement aux observations réalisées au Burkina Faso, en Côte d'Ivoire et en Mauritanie (11, 38, 43, 44). Cette différence tient probablement à la méthodologie utilisée dans ces études où toute réaction positive à la tuberculine aviaire avait été attribuée à *M. avium* alors qu'une partie des réactions positives a été classée ici comme douteuse ou atypique.

Le risque d'infection par *M. avium* semble augmenter lorsque la surveillance du cheptel n'est pas assurée par l'éleveur mais confiée aux enfants, ce qui pourrait s'expliquer par une conduite moins attentive à l'origine de contacts étroits avec le réservoir (les volailles).

La prise en charge d'animaux appartenant à d'autres éleveurs semble légèrement protectrice, ce qui pourrait s'expliquer par une période d'exposition au risque plus faible chez les animaux introduits tardivement dans le cheptel.

Enfin, le risque augmente avec le nombre de volailles, ce qui souligne l'importance du réservoir domestique dans l'épidémiologie de l'infection.

Un jeune âge est un facteur de risque pour les réactions atypiques, ce qui rejoint les observations effectuées en Afrique occidentale (11, 38, 43, 44). Cette observation rend peu probable l'hypothèse d'infections par *M. farcinogenes* ou *M. avium* subsp. *paratuberculosis* car elles touchent en priorité les animaux les plus âgés (15, 17). Cette forte proportion de réactions atypiques chez les jeunes pourrait être liée à la transmission de mycobactéries responsables d'affections de la mamelle, telle que *M. acquae*, avant le sevrage. Ces bactéries étant peu pathogènes, les veaux auraient ensuite tendance à se décontaminer. Le risque de réaction atypique semble plus élevé chez les animaux en bon état d'entretien, ce qui pourrait tenir à une meilleure réactivité à une stimulation antigénique. Comme pour la tuberculose aviaire, la surveillance du cheptel par les enfants est un facteur de risque. Cette observation tient probablement au mode de conduite, sans que l'on puisse poser d'hypothèse valide sur les pratiques responsables.

### Brucellose

Le risque d'infection ne semble pas augmenter avec l'âge contrairement à ce qui a été décrit au Sri Lanka (39), au Kenya (18), au Ghana (20) et dans le sud du Soudan (16). Cette augmentation du risque d'infection avec l'âge correspond logiquement à une plus grande probabilité d'exposition au risque chez les animaux âgés. Ce schéma pourrait ne pas être valable dans le cas de l'élevage extensif en zone sahélienne, car la brucellose semble se diffuser lentement au sein des cheptels contaminés et plus rapidement d'un cheptel à l'autre. Ce profil épidémiologique suggère une contamination préférentielle au pâturage, probablement au hasard des rencontres avec des matières virulentes (produits d'avortements) abandonnées sur place. Les femelles les plus âgées, généralement en lactation et retenues à proximité des habitations, pourraient être moins soumises au risque d'infection.

L'ethnie semble être un facteur de risque important. Des observations similaires ont été relevées au Sud Soudan et en Afrique occidentale où les cheptels des éleveurs Foulbé étaient les plus atteints (13, 16). Cette observation tient probablement à des pratiques d'élevage spécifiques à l'ethnie et favorables à la transmission de la brucellose.

Le risque d'infection semble plus élevé dans les cheptels de villageois, ce qui pourrait être lié au regroupement des cheptels individuels en troupeau collectif pour la conduite au pâturage.

Le risque associé à la surveillance des animaux par des enfants s'explique probablement par un manque d'expérience avec une conduite moins suivie au pâturage ou un défaut d'élimination des matières virulentes lors d'avortements.

La taille du cheptel n'est pas un facteur de risque contrairement à ce qui a été relevé dans divers travaux (16, 26, 29). Dans les conditions d'élevage du Tchad oriental, l'augmentation du nombre de bovins n'entraîne pas d'augmentation de la densité animale responsable de la diffusion plus rapide de l'infection au sein des cheptels contaminés.

## CONCLUSION

La situation épidémiologique de la tuberculose et de la brucellose bovines est caractérisée par un décalage entre une faible préva-

lence individuelle et une prévalence cheptel plus élevée. Ces maladies se développent donc à bas bruit dans de nombreux cheptels, les conditions d'élevage limitant la propagation de l'infection dans les cheptels contaminés.

Dans le contexte du Tchad oriental, l'impact de ces zoonoses sur la productivité des cheptels et la santé publique est donc certainement faible du fait de la rareté des formes évolutives pouvant contaminer l'homme à travers la consommation de lait cru. Leur existence fait cependant courir un risque aux populations humaines, une augmentation du nombre de cas pouvant intervenir lors d'intensification des conditions d'élevage.

Le profil épidémiologique observé permet une lutte fondée sur l'élimination du réservoir en l'associant au contrôle des animaux introduits dans les cheptels assainis. Cette approche pourrait être retenue en cas de développement de la production laitière périurbaine. Des investigations complémentaires devraient être entreprises dans les élevages transhumants du Tchad oriental.

### Remerciements

Les auteurs remercient les éleveurs ainsi que les personnels du laboratoire de Farcha et du projet Aseto pour leur contribution. Le test de fixation du complément a été réalisé grâce à l'appui du professeur Chantal (service de maladies contagieuses, Ecole nationale vétérinaire de Toulouse).

### BIBLIOGRAPHIE

1. ACHA P.N., SZYFRES B., 1989. Zoonoses et maladies transmissibles communes à l'homme et aux animaux, 2<sup>e</sup> éd. Paris, France, OIE, 1083 p.
2. BLOCH N., DIALLO I., 1991. Enquête sérologique et allergologique sur les bovins au Niger. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **44** : 117-122.
3. BONSU O.A., LAING E., AKANMORI B.D., 2000. Prevalence of tuberculosis in cattle in the Dangme-West district of Ghana, public health implications. *Acta trop.*, **76**: 9-14.
4. BOTHA C.J., WILLIAMSON C.C., 1989. A serological survey of bovine brucellosis in four districts of Bophuthatswana. *J. S. Afr. vet. Assoc.*, **60**: 50.
5. COOK A.J., TUCHILI L.M., BUVE A., FOSTER S.D., GODFREY-FAUSETT P., PANDEY G.S., MCADAM K.P., 1996. Human and bovine tuberculosis in the Monze District of Zambia – A cross-sectional study. *Br. vet. J.*, **152**: 3-5.
6. COSIVI O., MESLIN F.X., DABORN C.J., GRANGE J.M., 1995. Epidemiology of *Mycobacterium bovis* infection in animals and humans, with particular reference to Africa. *Revue sci. tech.*, **14**: 733-746.
7. DELAFOSSE A., DOUTOUM A.A., 2001. Epidémiologie de la trypanosomose des dromadaires au Tchad oriental. N'djaména, Tchad, ministère de l'Élevage, 244 p.
8. DENNY G.O., WILESMITH J.W., 1999. Bovine tuberculosis in Northern Ireland: a case-control study of herd risk factors. *Vet. Rec.*, **144**: 305-310.
9. Estimation des effectifs du cheptel au Tchad oriental, 1999. N'djaména, Tchad, ministère de l'Élevage, 52 p.
10. FERNEY J., CHANTAL J., 1976. Clinical and epidemiological aspects of bovine brucellosis in tropical Africa. *Dev. Biol. Stand.*, **31**: 274-278.
11. GIDEL R., ALBERT J.P., RETIF M., 1969. Enquête sur la tuberculose bovine au moyen de tests tuberculiques dans diverses régions d'Afrique occidentale (Haute Volta et Côte d'Ivoire). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **22** : 337-355.
12. GIDEL R., ALBERT J.P., LE MAO G., RETIF M., 1974. La brucellose en Afrique occidentale et son incidence sur la santé publique. Résultats de dix enquêtes épidémiologiques effectuées en Côte d'Ivoire, Haute-Volta et Niger de 1970 à 1973. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **27** : 403-418.
13. GIDEL R., ALBERT J.P., LE MAO G., RETIF M., 1976. Epidemiology of human and animal brucellosis in Western Africa. The results of six studies in the Ivory Coast, Upper Volta, and Nigeria. *Dev. Biol. Stand.*, **31**: 187-200.
14. GOODCHILD A.V., CLIFTON-HADLEY R.S., 2001. Cattle-to-cattle transmission of *Mycobacterium bovis*. *Tuberculosis*, **81**: 23-41.
15. HAMID M.E., MOHAMED G.E., ABU-SAMRA M.T., EL-SANOUSI S.M., BARRI M.E., 1991. Bovine farcy: a clinico-pathological study of the disease and its aetiological Agent. *J. comp. Pathol.*, **105**: 287-301.
16. HELLMANN E., STAAK C., BAUMANN M., 1984. Bovine brucellosis among two different cattle populations in Bahr el Ghazal Province of Southern Sudan. *Tropenmed. Parasitol.*, **35**: 123-126.
17. JAKOBSEN M.B., ALBAN L., NIELSEN S.S., 2000. A cross-sectional study of paratuberculosis in 1155 Danish dairy cows. *Prev. vet. Med.*, **46**: 15-27.
18. KADOHIRA M., MCDERMOTT J.J., SHOUKRI M.M., KYULE M.N., 1997. Variations in the prevalence of antibody to *Brucella* infection in cattle by farm, area and district in Kenya. *Epidemiol. Infect.*, **118**: 35-41.
19. KAZWALA R.R., KAMBARAGE D.M., DABORN C.J., NYANGE J., JIWA S.F., SHARP J.M., 2001. Risk factors associated with the occurrence of bovine tuberculosis in cattle in the Southern Highlands of Tanzania. *Vet. Res. Commun.*, **2**: 609-614.
20. KUBUAFOR D.K., AWUMBILA B., AKANMORI B.D., 2000. Seroprevalence of brucellosis in cattle and humans in the Akwapim-south district of Ghana: public health implications. *Acta trop.*, **76**: 45-48.
21. La tuberculose, 1990. Lyon, France, Ecoles nationales vétérinaires françaises, 152 p.
22. LE MINOR L., VERON M., 1989. Bactériologie médicale, 2<sup>e</sup> Ed. Paris, France, Médecine-Sciences, 1107 p.
23. LIANG K.Y., ZEGER S.L., 1986. Longitudinal data analysis using generalized linear models. *Biometrika*, **73**: 13-22.
24. MARANGON S., MARTINI M., DALLA POZZA M., NETO F., 1998. A case-control study on bovine tuberculosis in the Veneto region (Italy). *Prev. vet. Med.*, **34**: 87-95.
25. MORRIS R.S., PFEIFFER D.U., JACKSON R., 1994. The epidemiology of *Mycobacterium bovis* infections. *Vet. Microbiol.*, **40**: 153-177.
26. NICOLETTI P., 1984. The epidemiology of brucellosis in animals. *Dev. Biol. Stand.*, **56**: 623-628.
27. OCHOLI R.A., EZEKOLI C.D., AKEREJOLA O.O., SAROR D.I., 1996. Use of the enzyme-linked immunosorbent assay for screening cattle for *Brucella* antibodies in Nigeria. *Vet. Q.*, **18**: 22-24.
28. OMER M.K., SKJERVE E., HOLSTAD G., WOLDEHIWET Z., MACMILLAN A.P., 2000. Prevalence of antibodies to *Brucella* spp. in cattle, sheep, goats, horses and camels in the State of Eritrea; influence of husbandry systems. *Epidemiol. Infect.*, **125**: 447-453.
29. OMER M.K., SKJERVE E., WOLDEHIWET Z., HOLSTAD G., 2000. Risk factors for *Brucella* spp. infection in dairy cattle farms in Asmara, State of Eritrea. *Prev. vet. Med.*, **46**: 257-265.
30. OMER M.K., SKJERVE E., WOLDEHIWET Z., HOLSTAD G., 2001. A cross-sectional study of bovine tuberculosis in dairy farms in Asmara, Eritrea. *Trop. Anim. Health Prod.*, **33**: 295-303.
31. PERREAU P., 1978. Epidémiologie et importance économique des brucelloses en Afrique tropicale. In : 2<sup>e</sup> Conférence internationale des institutions de médecine vétérinaire tropicale, GTZ, Berlin, octobre 1976, 503 p.
32. PRENTICE R., 1988. Correlated binary regression with covariates specific to each binary observation. *Biometrics*, **44**: 1033-1048.
33. QUIRIN R., RASOLOFO V., ANDRIAMBOLOLONA R., RAMBOASOLO A., RASOLONAVALONA T., RAHARISOLO C., RAKOTOARITAHINA H., CHANTEAU S., BOISIER P., 2001. Validity of intradermal tuberculin testing for the screening of bovine tuberculosis in Madagascar. *Onderstepoort J. vet. Res.*, **68**: 231-238.
34. Rapport annuel, 1976. N'djaména, Tchad, Laboratoire de Farcha, 282 p.
35. Rapport annuel, 1977. N'djaména, Tchad, Laboratoire de Farcha, 370 p.
36. Rapport annuel, 1978. N'djaména, Tchad, Laboratoire de Farcha, 354 p.
37. Réflexion prospective sur l'élevage au Tchad, 1998. N'djaména, Tchad, ministère de l'Élevage, 77 p.
38. REY J.L., 1976. Enquête tuberculique humaine et animale dans le Yaga (département du Sahel, Haute Volta). Bobo Dioulasso, Haute Volta, Occge, 9 p.
39. SILVA I., DANGOLLA A., KULACHELVY K., 2000. Seroepidemiology of *Brucella abortus* infection in bovines in Sri Lanka. *Prev. vet. Med.*, **46**: 51-59.
40. Situation de la tuberculose et de la brucellose des bovins en zone périurbaine d'Abéché (préfecture du Ouaddaï, Tchad), 2000. N'djaména, Tchad, Laboratoire de Farcha, 49 p.
41. TOMA B., DUFOUR B., SANAA M., BENET J.J., ELLIS P., MOUTOU F., LOUZA A., 1996. Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies transmissibles majeures. Maisons-Alfort, France, Aema, 551 p.

42. TURKSON P.K., BOADU D.Q., 1992. Epidemiology of bovine brucellosis in the coastal savanna zone of Ghana. *Acta trop.*, **52**: 39-43.
43. VILLON A., BONEL J., 1975. Enquête sur la tuberculose humaine et la tuberculose bovine dans les 1<sup>e</sup> et 2<sup>e</sup> régions de la république islamique de Mauritanie du 11 mars au 3 avril 1975. Bobo Dioulasso, Haute Volta, Occge, 12 p.
44. VILLON A., 1976. Enquête sur la tuberculose bovine dans le Liptako et l'Oudalan (département du Sahel, Haute Volta). Bobo Dioulasso, Haute Volta, Occge, 19 p.

45. WEINHAUPL I., SCHOPF K.C., KHASCHABI D., KAPAGA A.M., MSAMI H.M., 2000. Investigations on the prevalence of bovine tuberculosis and brucellosis in dairy cattle in Dar es Salaam region and in zebu cattle in Lugoba area, Tanzania. *Trop. Anim. Health Prod.*, **32**: 147-154.
46. WERNERY U., KERANI A.A., VIERTTEL P., 1979. Bovine brucellosis in the southern regions of the Somali Democratic Republic. *Trop. Anim. Health Prod.*, **11**: 31-5.

Reçu le 22.02.2001, accepté le 10.12.2002

## Summary

**Delafosse A., Goutard F., Thébaud E.** Epidemiology of Bovine Tuberculosis and Brucellosis on the Periphery of Abeche, Chad

This study was carried out to specify the epidemiology of bovine tuberculosis and brucellosis in the dairy basin of Abeche (district of Ouaddai, Eastern Chad). The populations studied for tuberculosis and brucellosis comprised over one-year-old animals and over one-year-old females only, respectively. The sample was selected with a two-degree survey (village then breeder). The diagnosis of tuberculosis was established by the single intradermal tuberculin test (SIT), followed by the intradermal comparative tuberculin test (ICTT), and that of brucellosis by a serological analysis [the rose bengal test (RBT), followed by the complement fixation test (CFT)]. A questionnaire was systematically filled out to characterize the type of husbandry, and the case history of selected animals was recorded. These factors were included in a multivariate analysis. A total of 848 animals located in 58 herds were tested by SIT, then 151 of them by ICTT. In the studied populations real prevalences of *Mycobacterium bovis* and *M. avium* infections were estimated at  $0.8 \pm 0.6\%$  and  $2.0 \pm 0.9\%$  ( $\alpha = 5\%$ ), respectively. Herd prevalences of *M. bovis* and *M. avium* infections were estimated at  $12.4 \pm 8.5\%$  and  $17.8 \pm 9.8\%$ , respectively. With regard to brucellosis, 634 animals located in 56 herds were tested by RBT, and 35 samples from 21 herds by CFT. Brucellosis real prevalence was estimated at  $2.6 \pm 1.2\%$  ( $\alpha = 5\%$ ) and herd prevalence at  $20.0 \pm 10.5\%$ . The main risk factors identified for bovine tuberculosis were an older age, the origin of the animal (birth outside of the herd) and the presence of animals from other breeders left in the care of the herd-person. The main risk factors identified for avian tuberculosis were the number of birds and the attendant type (breeder's children). The main risk factors identified for brucellosis were the ethnic group (Arab) and the attendant type (breeder's children). Bovine tuberculosis and brucellosis seem to develop slowly within many herds, but the conditions of extensive husbandry limit their spread to the boundaries of the contaminated herd. Given this epidemiologic profile, these diseases might be eradicated on condition that animals undergo a control before being introduced into a disease-free herd. Should dairy production develop in Abeche suburbs, this approach could be adopted.

**Key words:** Cattle – *Mycobacterium bovis* – *Mycobacterium avium* – Tuberculosis – Brucellosis – Epidemiology – Chad.

## Resumen

**Delafosse A., Goutard F., Thébaud E.** Epidemiología de la tuberculosis y de la brucelosis de los bovinos en la zona periurbana de Abeche (Chad)

El presente estudio tiene como objetivo el de precisar la epidemiología de la tuberculosis y de la brucelosis de los bovinos en el valle lechero de Abeche (distrito de Ouaddaï, Chad oriental). La población estudiada está constituida de animales de más de un año para la tuberculosis y de hembras de más de un año para la brucelosis. La muestra se seleccionó gracias a una encuesta a dos niveles (pueblo y luego criador). El diagnóstico se realizó mediante tuberculina intradérmica (simple y luego comparativa) para la tuberculosis y por análisis serológico [prueba del antígeno tampon (EAT), luego fijación de complemento (FC)] para la brucelosis. Se completó sistemáticamente un cuestionario destinado a caracterizar la crianza y se llevó a cabo un recuento conmemorativo sobre los animales seleccionados. Estos factores fueron incluidos en un análisis estadístico con variables múltiples. Se examinaron 848 animales, repartidos en 58 hatos con tuberculina intradérmica simple y 151 mediante tuberculina intradérmica comparativa. Las prevalencias reales de las infecciones por *Mycobacterium bovis* y *M. avium* en la población estudiada fueron evaluadas respectivamente en  $0,8 \pm 0,6\%$  y  $2,0 \pm 0,9\%$  ( $\alpha = 5\%$ ). La prevalencia por hato a la infección por *M. bovis* fue evaluada en  $12,4 \pm 8,5\%$ , la de la infección por *M. avium* en  $17,8 \pm 9,8\%$ . Para el diagnóstico de la brucelosis, se examinaron mediante EAT 634 animales repartidos en 56 hatos. Se analizaron 35 muestras provenientes de 21 hatos mediante FC. La prevalencia real de la brucelosis se evaluó a  $2,6 \pm 1,2\%$  ( $\alpha = 5\%$ ). La prevalencia del hato se estimó a  $20,0 \pm 10,5\%$ . Los principales factores de riesgo identificados para la tuberculosis bovina fueron edad elevada, origen del animal (nacimiento dentro o fuera del hato) y el mantenimiento de animales pertenecientes a otros criadores. Los principales factores de riesgo identificados para la tuberculosis aviar fueron la cantidad de aves y las características de los hijos del criador. Los principales factores de riesgo identificados para la brucelosis fueron el grupo étnico (Arabe) y las características de los hijos del criador. La tuberculosis y la brucelosis bovinas parecen desarrollarse lentamente en una gran cantidad de hatos, las condiciones de cria extensiva limitan la difusión dentro de los hatos contaminados. Este perfil epidemiológico permite una erradicación de estas zoonosis, a condición de que se le asocie un control de los animales antes de la introducción en los hatos sanos. Este enfoque podrá ser retenido en caso de desarrollo de la producción leche en la periferia de Abeche.

**Palabras clave:** Ganado bovino – *Mycobacterium bovis* – *Mycobacterium avium* – Tuberculosis – Brucelosis – Epidemiología – Chad.

# ***Code sanitaire international pour les animaux aquatiques et Diagnostic Manual for Aquatic Animal Diseases***



Elaboré par la Commission pour les maladies des poissons de l'OIE, le *Code sanitaire international pour les animaux aquatiques* a pour objectif de faciliter les échanges d'animaux aquatiques et de leurs produits. Ce *Code* expose en détail les normes minimales que les pays exportateurs et importateurs devraient respecter s'ils veulent éliminer le risque de propagation de maladies ; il comprend des chapitres portant sur l'analyse des risques à l'importation et sur les procédures d'import/export, et d'autres exposant en détail les règles applicables aux « Maladies à déclaration obligatoire à l'OIE ». Des chapitres moins détaillés traitent des maladies classées sous la rubrique « Autres maladies importantes » (de moindre incidence économique, ayant une répartition géographique limitée ou dont la découverte est trop récente pour qu'elles figurent dans la première liste). Ce *Code* traite également, dans d'autres sections, de la prévention et de l'hy-

giène, et présente des modèles de certificats sanitaires internationaux relatifs au commerce d'animaux aquatiques vivants ou morts.

Le *Diagnostic Manual for Aquatic Animal Diseases* décrit les techniques de diagnostic applicables à toutes les maladies figurant dans le *Code* et fournit une bibliographie ainsi que la liste des Laboratoires de référence de l'OIE pour les maladies des poissons, des mollusques et des crustacés. Le *Code* et le *Manual* ont été soumis aux spécialistes de la santé des animaux aquatiques des Pays Membres de l'OIE et leurs commentaires ont été pris en considération dans la version finale de ce document.

Le *Code* et le *Manual* sont disponibles sous la forme de deux ouvrages.

Le *Code* est disponible en français, en anglais et en espagnol tandis que le *Manual* l'est uniquement en anglais.

Le *Code* est disponible et gratuit en version web.

## ***Code***

5<sup>e</sup> éd., 2002  
Format : 21 x 29,7 cm  
ISBN : 92-9044-561-0  
Ref : F108  
Prix : 40 €

## ***Manual***

3<sup>e</sup> éd., 2000  
Format : 21 x 29,7 cm  
ISBN : 92-9044-538-6  
Ref : A091  
Prix : 40 €

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>

# Epidemiological, Antigenic and Pathogenic Profile of Bovine Diarrhea in a Brazilian Cattle Population

J.A. Ambrosim<sup>1</sup> F.S. Almeida<sup>1</sup> E.C. Rigobelo<sup>2</sup>  
A.F.P. Castro<sup>3</sup> R.P. Schocken-Iturrino<sup>4</sup>  
J.L. Quintana<sup>4</sup> F.A. Avila<sup>4</sup>

## Key words

Cattle – Newborn animal – Diarrhea –  
Epidemiology – Antibiotics –  
Resistance to chemicals – Brazil.

## Summary

Fecal samples collected from 266 calves of dairy breeds in the northern region of the State of São Paulo were examined to study the frequency of various enteropathogens and to determine the resistance of isolated strains to various antimicrobial agents. A total of 127 *Escherichia coli* strains were isolated, 60 of them enterotoxigenic, as well as 23 *Enterobacter cloacae* strains, 18 *Klebsiella pneumoniae* strains, 15 *Citrobacter freundii* strains, 7 *Salmonella* strains of different serotypes, and one *Pseudomonas aeruginosa* strain. Thirty-six preparations positive for *Cryptosporidium* sp. were also identified, among which four were classified as *Cryptosporidium parvum*. The association of two or more agents was detected in 27 samples of diarrheic feces. Among the antibiotics tested, those against which *Escherichia coli* and *Salmonella* sp. presented a greater resistance were lincomycin and penicillin G.

## INTRODUCTION

Neonatal calf diarrhea is a serious problem caused by several agents and factors. The causative agent may proliferate in the intestinal tract alone or in combination with another organism (26, 30). Among the various microorganisms involved, enterotoxigenic *Escherichia coli* seems to be the most frequent (16, 39).

The first observations of the production of enterotoxins were reported by Smith and Halls (38) who verified that alive *Escherichia coli* cultures or their filtrates of strains isolated from domestic animals can dilate the tied intestinal loops of pigs and rabbits, with fluid accumulation in the intestinal lumen.

There are two types of enterotoxins basically differing from one another in terms of heat resistance, antigenicity and origin. They

are the LT (LT-I and LT-II) thermolabile enterotoxins and the ST (STa and STb) thermostable enterotoxins. LT-II was first described in *Escherichia coli* strains isolated from buffaloes and two antigenic variants (LT-IIa and LT-IIb) have already been described (18). The STa enterotoxin detected by the suckling mouse test (10) is of low molecular weight and mediated by a plasmid. This toxin presents variations detected in *Escherichia coli* strains isolated from swine (STap) and humans (STah).

Studies conducted in recent years also showed the increasingly frequent involvement of *Salmonella*, rotaviruses and *Cryptosporidium* (1, 22, 28).

A small number of serotypes have been observed in calf salmonellosis, with a predominance of *Salmonella dublin* and *Salmonella typhimurium*, followed by *Salmonella montevideo*, *Salmonella anatum* and *Salmonella newport* (1, 9). Rodents or birds (7) have been cited as sources of *Salmonella* on chicken farms and the microorganism is transferred to cattle farms by the consumption of chicken bedding by cattle, but the major contamination occurs because of the introduction of animals in the facilities (34).

The National Animal Health Inspection Service (NAHMS) estimated that bovine salmonellosis is responsible for annual losses of

1. Veterinary Medical, University Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, Brazil  
2. Microbiology Program, Jaboticabal, University of São Paulo, São Paulo, Brasil  
3. Department of Microbiology, Biological Sciences Institute, USP, São Paulo-SP, Brazil  
4. Department of Veterinary Pathology, Faculty of Agrarian and Veterinary Sciences, UNESP, Rodovia Paulo Donato Castelane, Km 5, Jaboticabal-SP, Brazil  
E-mail: favila@fcav.unesp.br

100 million dollars in the United States (21). In Brazil there is no literature data about losses caused by salmonellosis in calves.

Andresen *et al.* (2) conducted a study on salmonellosis on two large dairy cattle farms in Peru for more than 30 months and showed the existence of three different syndromes: septicemia, pneumonia and/or enteritis. They reported that the *Salmonella* serotypes isolated were probably introduced by some animals imported from the United States between 1987 and 1991.

Calf diarrhea caused by coccidia of the genus *Cryptosporidium* mainly occurs in the age range of 5 to 10 days. Two species have been shown to infect calves: *C. parvum* occurring in animals younger than three weeks and *C. muris* occurring in older calves (4). Bovine cryptosporidiosis caused by *Cryptosporidium parvum* normally affects very young animals or immunologically deficient animals. Older calves are not usually affected by a severe or prolonged disease (3), and infection of adult cattle has been reported to be asymptomatic (35).

The genus *Cryptosporidium* has been detected both in animals with diarrhea and in animals with normal feces (14, 27, 37, 40), with the latter, therefore, representing asymptomatic carriers in the herd. In Brazil, Ortolani (37) correlated *Cryptosporidium* sp. infections with precarious conditions of hygiene and high population density in calf rearing.

The resistance factors to antimicrobial drugs (R) are mostly of a plasmid nature. In the late fifties and early sixties, Japanese investigators revealed the existence of R plasmids. Since then, several others, such as Nakano *et al.* (33), detected their presence in the pathogenic enterobacteria *Salmonella*, *Escherichia coli* and other microorganisms of man and animals. R plasmids are responsible for the acquired resistance to various antibiotics and chemotherapeutic agents and for the onset of multiresistant strains. The indiscriminate use of these therapeutic agents has been largely responsible for the dissemination of R factors. Prolonged or repeated treatments exert selection pressure on the bacterial flora, giving origin to populations with high resistance indices. In view of these facts, an evaluation of the current situation is warranted, with comparison to previous studies conducted in this region and others.

In the northern region of the State of São Paulo, calf diarrhea causes enormous losses to breeders and its etiology deserves up-to-date and extensive studies. Thus, the objectives of the present investigation were to study the frequency of the different enteropathogens in clinically healthy and diarrheic calves of dairy breeds, and to determine the resistance of *Salmonella* sp. and enterotoxigenic *Escherichia coli* strains to different antimicrobial agents.

## ■ MATERIALS AND METHODS

### Fecal samples

A total of 266 fecal samples were collected using rectal swabs or fecal collection directly from the rectum of 1 to 90-day-old calves. Ten percent of these samples were from clinically healthy animals and the others from animals with diarrhea. The samples were collected on 15 dairy farms, which reared purebred and half-bred animals in the northern region of the State of São Paulo.

### Isolation and biochemical identification

The fecal samples were seeded onto plates containing MacConkey agar, blood agar and eosin-methylene blue (EMB) agar, and incubated at 37°C for 24-48 h. The colonies on MacConkey agar and blood agar media with culture characteristics similar to those of *Escherichia coli* were identified as belonging to the species under

study on the basis of lactose fermentation and indole production tests, methyl red and Voges Proskauer reactions, citrate utilization, urease production, and sulfhydryl acid gas (H<sub>2</sub>S) production. The tests were read after 24-72 h of incubation at 37°C (11).

The non-lactose fermenting colonies that grew on MacConkey agar and EMB agar were submitted to biochemical identification using a larger number of media containing carbohydrates and amino acids and other tests. The isolated and biochemically identified *Salmonella* sp. strains were submitted to serotyping at the Adolfo Lutz Institute, São Paulo, SP.

### Adherence antigen

For the detection of the K99 adherence antigen, the isolated *Escherichia coli* strains were cultured on Minca medium (17). Five colonies from each plate were individually tested against anti-K99, anti-F165 and anti-A14 antisera by the agglutination test on slides.

### Detection of *Stx enterotoxin*

The isolated *Escherichia coli* strains were cultured in BHI broth in a water bath with shaking at 150-200 rpm at 36°C for 18 h and then centrifuged at 2600 g for 15 min. One drop of 2% Evans blue solution was added to each supernatant. Suckling mice 3-4 days of age were orally inoculated with 0.1 ml of the previous preparation (3 mice) and kept at room temperature for 3-4 h. A positive control mouse was always used. After this time, the mice were sacrificed by excess ether inhalation, their intestines (I) removed and weighed, and the carcasses (C) weighed separately. The ratio of the two weights (I/C) was then determined. An I/C ratio higher than 0.085 was considered positive and an I/C ratio below 0.085 was considered negative (10, 12).

### Serologic identification of *Escherichia coli* strains

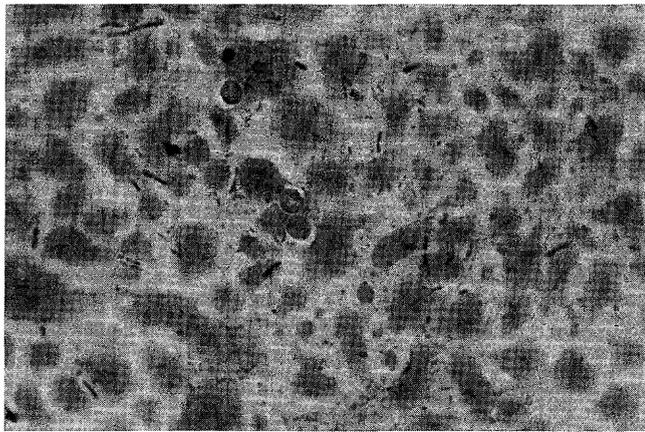
The isolated *Escherichia coli* strains were identified serologically using OK antiserum produced in rabbits and the agglutination test on slides, against the following serotypes: Myers N° 483 (O9:K35:K99), Myers N° 490 (O101:K30:K99), Myers N° 505 (O101:K28:K99), Myers N° 524 (O8:K85:K99), Myers N° 559 (O9K25:K99), and Myers N° Wi-1 (O20:K?:K99). The strains were first screened against a serum pool containing antibodies against the strains listed above and identification was then performed with individual sera (6, 19).

### Detection of *Cryptosporidium*

Smears of the fecal samples used for bacteriologic examination were performed on microscope slides and stained by the Ziehl Neelsen method modified by Henriksen and Pohlenz (20) to determine the presence of *Cryptosporidium* oocysts. Sixty-four of the total fecal samples collected were sent to the parasitology sector for detection and classification of *Cryptosporidium*. The centrifugal fluctuation technique in a saturated sucrose solution was thus used for parasite identification (15). One gram of feces was homogenized and mixed with a saturated sucrose solution (density: 1.2 g/cm<sup>3</sup>) and the preparation was centrifuged at 1000 g for a period of 10 min. One drop was then collected from the centrifuge tube and placed between a slide and coverslip with the aid of a platinum loop for visualization under the microscope at 100x first and at then at 400x (Figure 1).

### Test of sensitivity to antibiotics and chemotherapeutic agents

A total of 127 *Escherichia coli* strains and 7 *Salmonella* strains were tested by the method of Bauer *et al.* (8) against the following



**Figure 1:** *Cryptosporidium* sp. on a slide smear of diarrheic calf feces stained by the method of Henriksen and Pohlzen (1981, Acta vet. Scan.). Magnification 400x.

antimicrobial agents: nalidixic acid, ampicillin, cephalotin, chloramphenicol, erythromycin, streptomycin, gentamycin, kanamycin, lincomycin, penicillin G, novobiocin, neomycin, tetracycline, nitrofurantoin, and trimethoprim-sulfadiazine.

**RESULTS**

From the 266 fecal samples of calves with or without diarrhea collected directly from the rectum on 15 farms in the northern region of the State of São Paulo, the authors isolated from diarrheic feces 112 *Escherichia coli* strains, 20 *Enterobacter cloacae* strains, 16 *Klebsiella pneumoniae* strains, 14 *Citrobacter freundii* strains, 7 *Salmonella* strains, and one *Pseudomonas aeruginosa* strain. In addition, 34 preparations were positive for *Cryptosporidium*, of which 4 were classified as *Cryptosporidium parvum* (Table I).

Table I also lists the bacteria isolated from non-diarrheic animals, i.e. 4 enterotoxigenic *Escherichia coli* strains, 11 non-enterotoxigenic *Escherichia coli* strains, 3 *Enterobacter cloacae* strains, 2 *Klebsiella pneumoniae* strains, 1 *Klebsiella oxytoca* strain, 1 *Citrobacter freundii* strain, 1 *Pseudomonas aeruginosa* strain, and 1 *Providencia stuartii* strain. Two preparations were positive for *Cryptosporidium* sp.

Of the 127 *Escherichia coli* strains examined by the suckling mouse test, 60 were positive and 67 negative. Enterotoxic activity was determined by the I/C ratio (Table II). The results of the serum agglutination test on slides of the *Escherichia coli* strains isolated against anti-OK sera are presented in Table III. The distribution of virulence factors among the *Escherichia coli* strains isolated is shown in Table IV. Sixty of the 127 strains analyzed produced enterotoxin STa and carried the adherence antigen K99. Two K99<sup>+</sup> strains and five A14<sup>+</sup> strains were not enterotoxigenic.

Two or more agents were isolated from 27 diarrheic samples, with the major associations being *Enterobacter cloacae* and *Klebsiella pneumoniae* (21.2%), *Citrobacter freundii* and *Klebsiella pneumoniae* (18.5%), and enterotoxigenic *Escherichia coli* and *Cryptosporidium parvum* (14.8%) (Table V).

The antibiograms of 27 *Escherichia coli* strains and 7 *Salmonella* strains in the presence of different antibiotics and chemotherapeutic agents showed that the highest percentage of resistance occurred for lincomycin, penicillin G and novobiocin.

Figure 1 shows stained *Cryptosporidium* sp. cells on a slide with a smear of diarrheic calf feces observed under light microscope at 400x magnification.

**Table I**

Number, percentage and types of agents isolated from 240 diarrheic fecal samples and from 26 normal fecal samples of calves

Agents	Positive samples			
	Diarrheic		Normal	
	Num.	%	Num.	%
Enterotoxigenic <i>Escherichia coli</i>	56	23,3	4	15,4
Non-enterotoxigenic <i>Escherichia coli</i>	56	23,3	11	42,3
<i>Cryptosporidium</i> sp.	34	14,2	2	7,7
<i>Cryptosporidium parvum</i>	4	1,5	-	-
<i>Enterobacter cloacae</i>	20	8,3	3	11,5
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	16	6,7	2	7,7
<i>Klebsiella oxytoca</i>	-	-	1	3,8
<i>Citrobacter freundii</i>	14	5,8	1	3,8
<i>Salmonella dublin</i>	3	1,1	-	-
<i>Salmonella enterica</i> spp.	2	0,7	-	-
Rough enteric variety				
<i>Salmonella agona</i>	1	0,4	-	-
<i>Salmonella</i> 1,4, 5, 12: i:	1	0,4	-	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	0,4	1	3,8
<i>Providencia stuartii</i>	-	-	1	3,8
Others	32	13,3	-	-

**Table II**

Intestinal/carcass weight ratio obtained by testing 127 enterotoxin preparations in suckling mice

Intestinal weight/ carcass weight	Num. of preparations	Interpretation
> 0,085 (X = 0,097)	60	Enterotoxic
< 0,085 (X = 0,080)	67	Non-enterotoxic

**Table III**

Number, percentage and antigenic types of *E. coli* isolated from calves with and without diarrhea in the northern region of the State of São Paulo

Antigenic types	Num. of serotypes/ total ETEC* num.		%
	O	K K99	
101	28	+	19/60 31.6
9	25	+	18/60 30.0
20	?	+	9/60 15.0
8	85	+	7/60 11.6
9	35	+	4/60 6.6
101	30	+	3/60 5.0

\* Enterotoxigenic *Escherichia coli*

Table IV

Virulence factors in 67 of the 127 *Escherichia coli* strains isolated from calves with diarrhea

Enterotoxin	Num. of positive strains /total num. of strains	Colonization factors			
		K99	F41	F165	A14
Sta*	60/127	60	0	0	0
N-ECET**	07/127	2	0	0	5
Total	67/127	62	0	0	5

\* Thermostable enterotoxins

\*\* Non-enterotoxigenic *Escherichia coli*

Table V

Distribution of the agents isolated in association from 27 calf fecal samples in the northern region of the State of São Paulo

Agents	Positive samples (Num.)	%
<i>Enterobacter cloacae</i> + <i>Klebsiella pneumoniae</i>	6	21,2
<i>Citrobacter freundii</i> + <i>K. pneumoniae</i>	5	18,5
<i>Escherichia coli</i> + <i>Cryptosporidium parvum</i>	4	14,8
<i>Ent. cloacae</i> + <i>Cit. freundii</i>	3	11,1
<i>Esc. coli</i> + <i>Ent. cloacae</i>	2	7,4
<i>Salmonella dublin</i> + <i>Esc. coli</i>	1	3,7
<i>Ent. cloacae</i> + <i>K. pneumoniae</i> + <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	3,7
<i>Esc. coli</i> + <i>Cit. freundii</i> + <i>K. pneumoniae</i>	1	3,7
<i>S. dublin</i> + <i>Cryptosporidium</i> sp.	1	3,7
<i>Salmonella</i> 14.5.12:i: + <i>Cryptosporidium</i> sp.	1	3,7
<i>S. enterica</i> + <i>Cryptosporidium</i> sp.	1	3,7
<i>S. agona</i> + <i>Cryptosporidium</i> sp.	1	3,7

## DISCUSSION

Diarrhea is the major cause of death among calves throughout the world. It is caused by various agents such as bacteria, protozoa and viruses, with Enterobacteriaceae and *Cryptosporidium* sp. the main bacteria and protozoa, respectively (1, 2, 16, 20, 26).

For instance, in the United States, Howie (21) reported monitoring data for the US Department of Agriculture concerning the occurrence of *Salmonella* and *E. coli* O157 on 96 dairy farms. On the basis of the isolates obtained, the most common *Salmonella* serotypes detected were *S. montevideo* (21%), *S. cerro* (13.4%), *S. kentucky* (8.5%), *S. menhaden* (7.7%), *S. anatum* (6.2%), *S. meleagridis* and *S. muenster* (4.7%).

Andresen *et al.* (2) conducted a study on salmonellosis on two large dairy cattle farms in Peru for more than 30 months and

showed the existence of three different syndromes: septicemia, pneumonia and/or enteritis. They reported that the *Salmonella* serotypes isolated were probably introduced by some animals imported from the United States between 1987 and 1991. Similarly, there are many reports on the importance of cryptosporidiosis in other countries (22, 27, 41) and enterotoxigenic *E. coli* (8, 13, 16, 23).

Conversely, in Brazil there are only a few studies on the agents that cause diarrhea in young calves. Also most of the researches are either very specific to one or two agents without determining serogroups/serotypes or any other characteristics such as the virulence factors of the microorganisms involved (14, 15, 25). Other studies are limited to very restricted regions, besides involving only some groups of diarrheogenic bacteria.

Madruga *et al.* (29) carried out their studies in the State of Mato Grosso do Sul (MS). Although they showed that *Salmonella* sp. and *Escherichia coli* were the main agents found among diarrheic beef calves, there was no report on the serovars that they isolated nor was there any report as to which group of diarrheogenic *E. coli* the isolates belonged. Similarly, Kuchembuck *et al.* (24), in the region of Botucatu, State of São Paulo, reported the isolation of only two *Salmonella* sp. strains, without determining the species or the serovars. Furthermore, the *E. coli* they isolated were not serogrouped and the other adhesins but K99 were not searched, as for instance F41, F165 and A14, known to be involved in diarrhea in young calves (6, 13, 31). There are references to *Cryptosporidium* sp. in the investigation carried out by Madruga *et al.* (29) in calves in the MS State. Some reports on the role of *Cryptosporidium* sp. are found in the studies carried out by Garcia and Lima (14) and Garcia *et al.* (15) in the State of Minas Gerais, located in the north-northeast of the State of São Paulo. In the State of São Paulo there is a report by Ortolani *et al.* (37) on some epidemiological aspects of cryptosporidiosis.

Therefore, the above cited researches show that a wide study covering more groups of enterobacteria, and *Cryptosporidium* sp. and *C. parvum* are missing, mainly in the State of São Paulo. The results obtained in the present research showed that enterotoxigenic *Escherichia coli* (EPEC), *Cryptosporidium* sp., *C. parvum*, and *Salmonella dublin*, *S. agona* and third isolate of *Salmonella* sp. with the antigens 1, 4, 5, 12:i were isolated. The low number of isolates found in this study may lead to the wrong idea that salmonellosis in young calves is not important. With regard to *Salmonella* isolates they were recovered only from diarrheic animals, suggesting that among young calves the carrier state may be rare. However, it is important to call the attention to the fact that in bovine salmonellosis, in contrast with other enteric infections that are limited to the intestine, with different clinical signs and symptoms, among which diarrhea is the most important, the bacterial cells from the gut may invade the blood causing septicemia (2, 40). With regard to the frequency of *Salmonella* sp. isolation in other countries, Tzipori *et al.* (40) report that about 31.9% of calves' infections with diarrhea in the United States occur at 60 days of age or more and that these infections could be attributed to *Salmonella dublin*. In the present study, the frequency of the *dublin* serotype was lower (1.1%), although the age range of the calves studied was the same.

EPEC were isolated much more frequently from diarrheic than from non-diarrheic calves. Only STa enterotoxin was searched since it is well-known that thermolabile (LT) enterotoxin is not a cause of diarrhea among calves (23, 24, 26, 40). It is noteworthy that EPEC isolates were found much more frequently in diarrheic calves than in healthy ones. It is possible that non-diarrheic calves remained infected and played a role as carriers of EPEC after an outbreak of diarrhea. The other bacteria found in the present

research, i.e. *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Citrobacter freundii* and *Providencia stuartii*, were probably part of the normal gut flora of the studied calves, as it is the case in man, and did not play a role in calves' diarrhea. The same comment could be made with regard to the isolation of *Pseudomonas aeruginosa*.

It is important to emphasize that among bacteria ETEC is a major etiological agent of diarrhea in the northeast region of the State of São Paulo, a fact that can undoubtedly be applied to many parts and cities of the country, since in other countries these STa+ *E. coli* are the main cause of diarrhea among calves (23, 26, 30, 31, 40). Although there are primers for the detection of the STa gene (32), the expression of the enterotoxin can be done easily by an *in vivo* test such as the infant mouse test (IMT) (10) as was done in this study. The findings in this study showed that IMT was very efficient to detect STa+ strains.

With regard to *E. coli* serogroups the present data are important because other studies in Brazil (4, 29) do not report on ETEC serogroups. It was possible to observe that serogroups O101, O9 and O20 were more frequent. Similar findings are reported in researches carried out in other countries (16, 17, 23, 26, 39).

The findings in this study were similar to those reported by other authors in other countries and in other areas from Brazil (3, 4, 14, 15, 20, 22, 27, 35). However, in the present investigation it was possible to establish a comparison of the frequencies of the different enteropathogens found in the State of São Paulo. These findings are important to establish treatment measures or prophylactic procedures to control diarrhea-related diseases in farms of the State of São Paulo. Since STa enterotoxin is not immunogenic unless special and difficult techniques are used, a vaccine against bovine colibacillosis can be made based on the K99 antigen, the most common adhesin found in bovine STa+ ETEC.

Finally, though antimicrobial drugs are not often used as treatment against bacterial agents responsible for diarrhea in calves, the resistance pattern of one isolate is an important marker to trace the sources of infection among calves from different farms or regions. Furthermore, these strains can play a role in the transference of R factors from *Salmonella* sp. or *Escherichia coli* to other bacteria, some of which can infect other animals and man (33). Still regarding multiple resistance to antimicrobial drugs the indiscriminate use of these therapeutic agents has been largely responsible for the dissemination of R factors. Prolonged or repeated treatments exert selection pressure on the bacterial flora, giving origin to populations with high resistance indices. In view of these facts, the present evaluation of the current situation is highly justified (3, 4, 14, 15, 20, 22, 27, 35) with comparison to previous studies conducted in this region and others.

### Acknowledgments

This research was supported by grants from the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

### REFERENCES

- ANDERSON M., BLANCHARD P., 1989. The clinical syndromes caused by *Salmonella* infection. *Vet. Med.*, **85**: 816.
- ANDRESEN H., CUMPA M., DIAZ V., ALARCON C., CHIMOY B., TRENTI F., 1994. Salmonellosis in dairy cattle in Peru. In: 18th World Buiatrics Congress; 26th Congress of the Italian Association of Buiatrics, Bologna, Italy, 1994, Abstracts, 2: 1394-1402.
- ANGUS K.W., 1987. Cryptosporidiosis in domestic animals and humans. *Practice*, **9**: 47-49.
- AURICH J.E., DOBRINSKI I., GRUNERT E., 1990. Intestinal cryptosporidiosis in calves on dairy farms. *Vet. Rec.*, **127**: 380-381.
- AVILA F.A., PAULILLO A.C., SCHOCKEN-ITURRINO R.P., LUCAS F.A., ORGAZ A., QUINTANA J.L., 2000. Avaliação da eficiência de um probiótico no controle de diarréia e no ganho de peso de bezerros. *Arq. Bras. Med. vet. zootec.*, **52**: 41-46.
- AVILA F.A., SCHOCKEN-ITURRINO R.P., LALLIER R., FAIRBROTHER J.M., JACQUES M., 1988. A new fimbrial antigen on *Escherichia coli* strains isolated from zebu (*Bos indicus*) calves with diarrhoea in Brazil. *Vet. Rec.*, **123**: 80-81.
- AVILA F.A., SILVA E.N., FERREIRA M.D., 1972. Isolamento and identificação de *Salmonella* em cama de aviário nos arredores de Belo Horizonte. *Arq. Esc. vet. UFMG*, **24**: 227-229.
- BAUER A.W., KIRBY W.M.M., SHERRIS J.G., TURK M., 1966. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disc method. *Am. J. clin. Pathol.*, **45**: 493-496.
- CAMPOS L.C., HOFER E., 1989. Antimicrobial resistance among *Salmonella* serovars isolated from different sources in Brazil during 1978-1983. *Antonie Leeuwenhoek*, **55**: 349-359.
- DEAN A.G., CHING Y.C., WILLIAMS R.G., HARDER L.B., 1972. Test for *Escherichia coli* enterotoxin using mice: application in a study of diarrhoea in children in Honolulu. *J. infect. Dis.*, **125**: 407-411.
- EDWARDS P.R., EWING W.H., 1972. Identification of Enterobacteriaceae, 3rd Edn. Minneapolis, MN, USA, Burgess Publishing.
- EVANS D.G., EVANS JR D.J., PIERRE N.F., 1973. Differences in the response of rabbit small intestine to heat-labile and heat-stable enterotoxins of *Escherichia coli*. *Infect. Immun.*, **7**: 873-880.
- FAIRBROTHER J.M., LARIVIERE S., LALLIER R., 1986. New fimbrial antigen F165 from *Escherichia coli* serogroup O155 strains isolated from piglets with diarrhea. *Infect. Immun.*, **51**: 10-15.
- GARCIA A.M., LIMA J.D., 1994. Prevalência de *Cryptosporidium* sp. em rebanhos leiteiros de Pará de Minas (MG) and sua relação com práticas de manejo. *Rev. Bras. Parasitol. vet.*, **3**: 23-28.
- GARCIA A.M., LIMA J.D., FACURI FILHO E.J., LOSS A.C.S., 1989. Ocorrência de criptosporidiose em bezerros lactentes de Minas Gerais. In: 6 Seminário brasileiro de parasitologia veterinária, Bagé, Rio G. Sul, Brasil, 1989, p. 122.
- GLANTZ P.J., DUNNE H.W., HEIST C.E., HOKANSON J.F., 1959. Bacteriological and serological studies of *Escherichia coli* serotypes associated with calf scours. *Pennsylvania State Univ. Agr. exp. Stat. Bull.*, **654**: 1-22.
- GUINEE P.A.M., VELDKAMP J., JANSEN W.H., 1977. Improved Minca medium for detection of K99 antigen in calf enterotoxigenic strains of *Escherichia coli*. *Infect. Immun.*, **15**: 676-678.
- GUTH B.E.C., TWIDDY E.M., TRABULSI L.R., HOLMES R.K., 1986. Variation in chemical properties and antigenic determinants among type II heat-labile enterotoxin of *Escherichia coli*. *Infect. Immun.*, **54**: 700-705.
- HADAD J.J., GYLES C.L., 1982. Scanning and transmission electron microscopic study of the small intestine of colostrum-fed calves infected with strains of *Escherichia coli*. *Am. J. vet. Res.*, **43**: 41-49.
- HENRIKSEN S.A., POHLENZ J.F., 1981. Staining of *Cryptosporidia* by a modified Ziehl Neelsen technique. *Acta vet. Scan.*, **22**: 594-596.
- HOWIE M., 1998. *Salmonella* prevalence on U.S. dairy operations examined. *Feedstuffs*, CAB Abstracts, **70**: 28.
- KIRKPATRICK C.E., 1985. *Cryptosporidium* infection as a cause of calf diarrhea. *Vet. Clin. N. Am. Food. Anim. Pract.*, **1**: 515-528.
- KROGH H.V., 1983. Occurrence of enterotoxigenic *Escherichia coli* in calves with acute neonatal diarrhoea. *Nordisk. vet. Med.*, **35**: 346-352.
- KUCHEMUCK M.R.G., SADATSUNE T., FIGUEIREDO G., LOPES C.A., 1984. Estudo clínico de enterites bacterianas de bezerros com o isolamento, identificação dos agentes and tratamento dos animais doentes com sulfato de apramicina em Botucatu, SP. In: XIX Congresso brasileiro de med. veterinária, Belém, Pará, Brasil, 1984, p. 68.
- LAGE A.P., 1992. Estudo da espécies termotolerantes de *Campylobacter* isoladas de bezerros com and sem diarréia. Tese de Mestrado, EVUFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil, 48 p.

26. LARIVIERE S., LALLIER R., MORIN M., 1979. Evaluation of various methods for detection of enteropathogenic *Escherichia coli* in diarrheic calves. *Am. J. vet. Res.*, **40**: 130-134.
27. LEEK R.G., FAYER R., 1984. Prevalence of *Cryptosporidium* infections and their relation to diarrhea in calves on 12 dairy farms in Maryland. *Proc. Helminthol. Soc.*, **51**: 360-361.
28. LEVINE M.M., 1987. *Escherichia coli* that cause diarrhea enterotoxigenic, enteropathogenic, enteroinvasive, enterohemorrhagic and enteroadherent. *J. infect. Dis.*, **155**: 377-389.
29. MADRUGA C.R., SCHENK M.A.M., GOMES A., SCHENK J.A.P., KESSLER R.H., GOMES R., FARIA FILHO T.T., GALLES M.E.T., DIEDERICHSEN W.M., ANDREASI M.S.A., MELO H.J.H., RIBEIRO O.C., MIGUITA M., 1992. Identificação das principais causas de morbidade and mortalidade de bezerros. In: XVII Congresso brasileiro de medicina veterinária, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 1992, p. 35.
30. MOON H.W., MCLURKIN H.W., ISAACSON R.E., POHLENZ J., SKARTVEDT S.M., GILLETTE K.G., BAETZ A.L., 1978. Pathogenic relationship of rotavirus, *Escherichia coli* and other agents in mixed infections in calves. *J. Am. vet. Med. Assoc.*, **173**: 577-583.
31. MORRIS J.A., THORNS C.J., SOJKA W.J., 1980. Evidence for two adhesive antigens on the K99 reference strains *Escherichia coli* B41. *J. Genet. Microbiol.*, **118**: 107-113.
32. MOSELEY S.L., HARDY J.N., HUQ M.L., ECHEVERRIA P., FALKOW S., 1983. Isolation and nucleotide sequence determination of genes encoding a heat-stable enterotoxin of *E. coli*. *Infect. Immun.*, **39**: 1167.
33. NAKANO T., HAMAOKA H., TERAKADO N., 1988. Drug resistance and R plasmid of *Salmonella* isolated from calves in 1984-1987. *Jpn vet. Med. Assoc.*, **41**: 806-808.
34. NEWELL K.W., WILLIAMS JR L.P., 1971. The control of Salmonellae affecting swine and man. *J. Am. vet. Med. Assoc.*, **98**: 158-189.
35. NOURI M., TOROGHI R., 1991. *Cryptosporidium* oocysts in the faeces of adult dairy cattle. *Vet. Rec.*, **128**: 358-359.
36. ORSKOV I.F., SMITH H.W., SOJKA W.J., 1975. The establishment of K99, a thermolabile, transmissible *Escherichia coli* K antigen, previously called "Kco", possessed by calf and lamb enteropathogenic strain. *Acta Pathol. Microbiol. Scand.*, **83**: 31-36.
37. ORTOLANI E.L., 1988. Padronização da técnica de Ziehl-Neelsen para pesquisa de oocisto de *Cryptosporidium*. Estudo de alguns aspectos epidemiológicos de criptosporidiose em bezerros de rebanhos leiteiros no Estado de São Paulo. Tese de doutorado em Parasitologia, USP, São Paulo, SP, Brasil, 85 p.
38. SMITH H.W., HALLS S., 1982. Studies on *Escherichia coli* enterotoxin. *J. comp. Pathol. Bact.*, **13**: 135-142.
39. TZIPORI S., 1985. The relative importance of enteric pathogens affecting neonates of domestic animals. *Adv. vet. Sci. comp. Med.*, **29**: 103-203.
40. TZIPORI S., SMITH M., HALPIN C., 1983. Experimental cryptosporidiosis in calves: clinical manifestations and pathological findings. *Vet. Rec.*, **112**: 116-120.

Reçu le 13.09.2001, accepté le 08.11.2002

## Résumé

Ambrosim J.A., Almeida F.S., Rigobelo E.C., Castro A.F.P., Schocken-Iturrino R.P., Quintana J.L., Avila F.A. Perfil epidemiológico, antigénico et patogénico des diarrhées dans une population de bovins au Brésil

Des échantillons de fèces prélevés chez 266 veaux de race laitière, provenant de la région au nord de l'Etat de São Paulo, ont été examinés afin d'étudier la fréquence des différents agents entéropathogènes et de déterminer la résistance des souches isolées à plusieurs substances antimicrobiennes. Au total, 127 souches d'*Escherichia coli* – parmi lesquelles 60 étaient entérotoxigéniques – ont été isolées, ainsi que 23 souches d'*Enterobacter cloacae*, 18 souches de *Klebsiella pneumoniae*, 15 souches de *Citrobacter freundii*, 7 souches de *Salmonella* avec des sérotypes différents et une souche de *Pseudomonas aeruginosa*. Trente-six souches positives pour *Cryptosporidium* sp. ont aussi été identifiées, dont quatre ont été classées sous l'espèce *Cryptosporidium parvum*. L'association de deux ou plus agents a été rencontrée dans 27 échantillons de fèces diarrhéiques. Parmi les antibiotiques testés, la lincomycine et la pénicilline G ont été ceux contre lesquels *Escherichia coli* et *Salmonella* sp. ont présenté une résistance plus importante.

**Mots-clés** : Bovin – Animal nouveau-né – Diarrhée – Epidémiologie – Antibiotique – Résistance aux produits chimiques – Brésil.

## Resumen

Ambrosim J.A., Almeida F.S., Rigobelo E.C., Castro A.F.P., Schocken-Iturrino R.P., Quintana J.L., Avila F.A. Perfil epidemiológico, antigénico y patogénico de la diarrea bovina en una población de ganado brasileño

Se examinaron muestras fecales, colectadas de 266 terneros de razas de leche en la región norte del Estado de São Paulo, con el fin de estudiar la frecuencia de varios patógenos entéricos y de determinar la resistencia de las cepas aisladas a varios agentes anti microbianos. Se aislaron un total de 127 cepas de *Escherichia coli*, 60 de ellas enterotoxigénicas, así como 23 cepas de *Enterobacter cloacae*, 18 cepas de *Klebsiella pneumoniae*, 15 cepas de *Citrobacter freundii*, 7 cepas de *Salmonella* de diferentes serotipos y una cepa de *Pseudomonas aeruginosa*. También se identificaron 36 preparaciones positivas a *Cryptosporidium* sp., entre las cuales cuatro fueron clasificadas como *Cryptosporidium parvum*. La asociación de dos o más agentes se detectó en 27 muestras de heces diarréicas. Entre los antibióticos examinados, aquellos contra los cuales *Escherichia coli* y *Salmonella* sp. presentaron una mayor resistencia fueron la lincomicina y la penicilina G.

**Palabras clave**: Ganado bovino – Animal recién nacido – Diarrea – Epidemiología – Antibiótico – Resistencia a productos químicos – Brasil.

# Vecteurs potentiels de *Trypanosoma evansi* chez le dromadaire au Tchad oriental

A. Doutoum Abdesalam<sup>1</sup> A. Delafosse<sup>1\*</sup>  
P. Elsen<sup>2</sup> S. Amsler-Delafosse<sup>1</sup>

## Mots-clés

*Camelus dromedarius* – *Trypanosoma evansi* – Vecteur de maladie – Tchad.

## Résumé

Le Tchad oriental est une région d'élevage du dromadaire. La trypanosomose à *Trypanosoma evansi* (ou surra), maladie transmise mécaniquement par divers insectes hématophages, y est répandue et touche en priorité les cheptels transhumants. Une enquête entomologique a été réalisée dans sept sites représentatifs afin de préciser l'épidémiologie de la maladie dans cette zone. Quatre sites (Koukou Angarana et Djogori au Sud, Oum Chalouba et ouaddi Fira au Nord) ont été associés à une forte prévalence de la maladie et les trois autres (Abdi au Sud, Am sak et ouaddi Fama au Nord) à une faible prévalence. L'enquête s'est basée sur l'utilisation de 15 pièges biconiques Challier-Laveissière et de cinq pièges Nzi avec des relevés à 24 et 48 h. Trois séries de piégeages ont été effectuées afin de tenir compte des variations saisonnières. Divers facteurs pouvant influencer sur les captures ont été relevés et inclus dans une analyse statistique multivariée. Au total, 1 272 stomoxes, 945 tabanidés et 226 hippobosques ont été capturés. Chez les tabanidés, l'espèce dominante a été *Atylotus agrestis*; les autres espèces ont été *Tabanus gratus*, *T. taeniola* et *T. biguttatus*. Les trois principales espèces de stomoxes identifiées ont été *Stomoxys calcitrans*, *S. sitiens* et *S. niger*. La majorité des hippobosques identifiés ont appartenu à l'espèce *Hippobosca camelina*. Les principaux facteurs qui expliquaient la variabilité des captures étaient la nature du piège, la saison et la latitude. Le piège Nzi a été plus efficace pour la capture des tabanidés et des stomoxes. La période de capture la plus favorable a été le début de la saison sèche (novembre à janvier) pour *Atylotus agrestis*, les stomoxes et les hippobosques. *Tabanus gratus* a été surtout capturé en fin de saison sèche (février à mai) et en saison des pluies (juin à octobre) et *Tabanus taeniola* en saison des pluies. Les hippobosques ont été plus fréquemment capturés au nord de la zone étudiée et *T. gratus* et *T. taeniola* au sud. Une corrélation entre le nombre d'insectes piqueurs capturés en saison sèche et la prévalence du surra a été relevée avec les deux types de piège. La forte prévalence du surra dans les cheptels transhumants s'expliquerait par un effet cumulatif, les animaux étant en contact avec le pic d'*Atylotus agrestis* au Nord à la fin de la saison des pluies et au début de saison sèche et avec une entomofaune piqueuse se maintenant dans les zones d'accueil du Sud (novembre à juin). Chez les petits transhumants et les semi-sédentaires du Nord, l'impact du surra tiendrait à la nature de la zone fréquentée, celle-ci autorisant ou non le maintien de populations d'insectes hématophages en saison sèche.

## ■ INTRODUCTION

Le Tchad oriental est une grande région d'élevage camelin, le cheptel ayant été évalué récemment à plus d'un million de têtes (8). Les éleveurs sont en majorité des transhumants dont les amplitudes de déplacements varient en fonction des années. Ils se déplacent généralement sur cinq préfectures (Ouaddaï, Biltine, Salamat, Batha, Guéra et Bet) (figure 1) mais se rendent parfois au Soudan ou en République centrafricaine. La principale zone d'accueil, en

1. Laboratoire de Farcha, BP 433, N'djaména, Tchad

2. Th. Roucourtstraat 36, B-2600 Berchem, Belgique

\* Auteur pour la correspondance

Tél. : 05 45 61 72 57 ; fax : 05 45 61 72 57 ; e-mail : delaf@wanadoo.fr

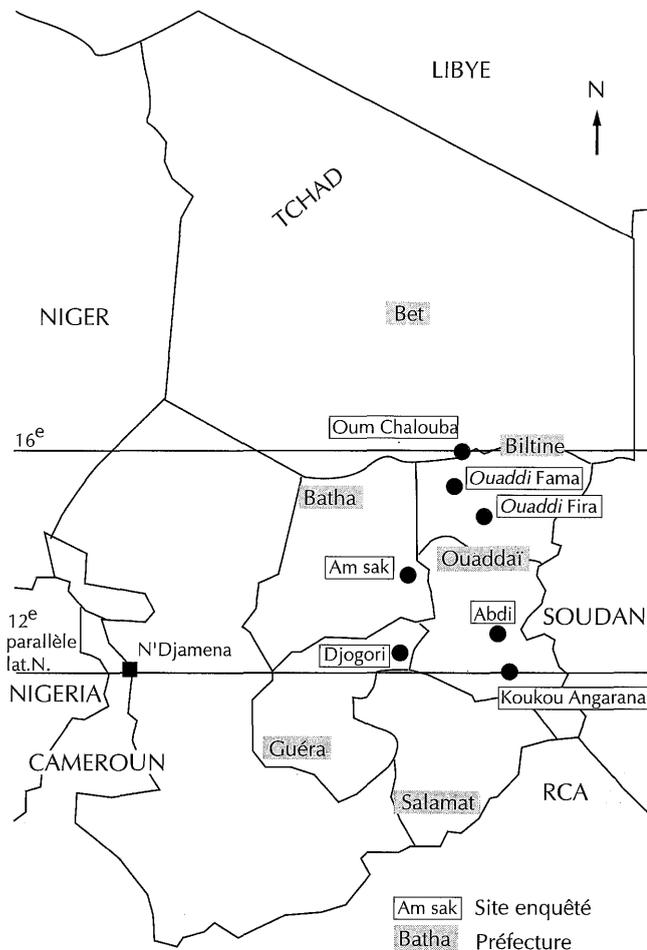


Figure 1 : localisation des sites enquêtés.

saison des pluies, est la région située entre les 15<sup>e</sup> et 16<sup>e</sup> parallèles de lat. N à l'ouest de la préfecture de Biltine et à l'est de la préfecture de Batha. En saison sèche, la principale zone d'accueil se situe à la limite entre l'Ouaddai et le Salamat, le long du 12<sup>e</sup> parallèle de lat. N. Les éleveurs se répartissent en trois catégories en fonction des pratiques de déplacement : grands transhumants se rendant en saison sèche au sud du 13<sup>e</sup> parallèle, moyens et petits transhumants restant au nord du 13<sup>e</sup> parallèle en saison sèche, sédentaires et semi-sédentaires (déplacements de faibles amplitudes autour du village).

Dans le cadre d'une enquête épidémiologique portant sur 2 864 animaux, la prévalence globale de la trypanosomose à *Trypanosoma evansi* (ou surra) dans la zone a été évaluée à 15,0 p. 100 (Delafosse et coll., en préparation). Une variabilité en fonction des pratiques de déplacement a été relevée, les cheptels des grands transhumants ayant été les plus touchés. Chez les sédentaires, la situation a été contrastée : certains cheptels étaient indemnes alors que d'autres étaient fortement atteints (Delafosse et coll., en préparation).

Le surra est transmis mécaniquement par divers insectes hématophages. La facilité de la transmission serait liée à trois principaux paramètres : la densité animale, la densité des insectes et la capacité vectorielle des espèces rencontrées (19). Les tabanidés (particulièrement ceux appartenant au genre *Tabanus* et aux genres voisins (*Atylotus* et *Ancala*), de par leur comportement alimentaire et la nature de leurs pièces buccales, seraient les vecteurs les plus efficaces avant les stomoxes du genre *Stomoxys* (19, 27).

Une enquête entomologique, fondée sur l'utilisation de pièges, a été réalisée dans sept sites représentatifs afin de mieux comprendre l'épidémiologie du surra au Tchad oriental.

## ■ MATERIEL ET METHODES

### Sites enquêtés

Ils ont été retenus en fonction des résultats obtenus dans le cadre de l'enquête épidémiologique (Delafosse et coll., en préparation), le critère de sélection ayant été la prévalence calculée dans les cheptels ayant fréquenté le site au cours de la saison sèche précédente (tableau I, figure 1).

### Pose des pièges

Deux types de pièges ont été utilisés : le piège biconique Challier-Laveissière (4) muni d'une cage Roubaud et le piège Nzi (13). Les pièges ont été fournis par le Cirides<sup>1</sup> pour les biconiques et par l'Icipe<sup>2</sup> pour les Nzi.

Dans chaque site, 20 pièges (15 biconiques et 5 Nzi) ont été posés en respectant toujours la même séquence (4 biconiques, 1 Nzi, 4 biconiques, 1 Nzi, etc.) et une distance minimale de 100 m entre chaque piège. Des relevés à 24 et 48 h ont été réalisés. Dans chaque site, trois séries de piégeages ont été effectuées afin de disposer de la situation de saison sèche chaude (février à mai), de saison des pluies (juin à septembre) et de saison sèche froide (novembre à janvier).

Des informations relatives à la nature de la zone piégée, à l'abondance de la végétation pérenne, à la présence d'animaux et à l'ensoleillement ont été relevées pour chaque piège.

### Identification des insectes

Pour les tabanidés, une détermination a été réalisée au Tchad. Une partie des insectes capturés a également été envoyée pour identification à Anvers (Belgique). Parmi les Stomoxyinae, seuls les insectes du genre *Stomoxys* ont été pris en compte. L'identification des espèces de stomoxes et d'hippobosques a été réalisée à Anvers sur un échantillon des insectes capturés.

### Analyse statistique

Cinq analyses multivariées ont été menées afin de prendre en compte simultanément divers facteurs pouvant influencer sur la capture des insectes. Les variables d'intérêts ont été le nombre d'insectes capturés par piège et par jour (1 : *Atylotus agrestis* ; 2 : *Tabanus gratus* ; 3 : *Tabanus taeniola* ; 4 : stomoxes ; et 5 : hippobosques).

Les variables explicatives ont été le type de piège [2 modalités : biconique (modalité de référence) et Nzi ; 1 variable en présence/absence], la latitude [en degré avec le 12<sup>e</sup> parallèle comme latitude de référence (= 0) ; 1 variable continue], l'altitude [2 modalités : inférieure (référence) et supérieure à 500 m ; 1 variable en présence/absence], la saison [3 modalités : pluvieuse (référence), sèche froide, sèche chaude ; 2 variables en présence/absence], la zone de piégeage [5 modalités : proximité d'un puits ou d'un puisard (< 50 m), proximité d'une mare (< 50 m), proximité du bord d'un ouaddi (< 50 m), pâturage, autres (référence) ; 4 variables en présence/absence], l'abondance de la végétation autour du piège (6 modalités : absente à abondante ; 1 variable qualitative ordinale), l'ensoleillement (5 modalités : faible à fort ; 1 variable qualitative ordinale) et la présence d'animaux (5 modalités : nulle à forte ; 1 variable qualitative ordinale).

<sup>1</sup> Centre international de recherche développement sur l'élevage en zone subhumide (Bobo-Dioulasso, Burkina Faso)

<sup>2</sup> International Centre of Insect Physiology and Ecology (Nairobi, Kenya)

**Tableau I**  
Principales caractéristiques des sites enquêtés

	Sites associés avec une forte prévalence du surra <sup>a</sup>				Sites associés avec une faible prévalence du surra <sup>b</sup>		
	Koukou Angarana	Djogori	Ouaddi Fira	Oum Chalouba	Abdi	Am sak	Ouaddi Fama
<b>Données géographiques et climatiques</b>							
Latitude	12° N	12–13° N	14–15° N	16° N	12–13° N	13–14° N	15–16° N
Longitude	21–22° E	19–20° E	21° E	20–21° E	21–22° E	19–20° E	20–21° E
Altitude	< 500 m	< 500 m	> 500 m	< 500 m	> 500 m	< 500 m	< 500 m
Pluviométrie annuelle	500–700 mm	500–700 mm	200–300 mm	100–200 mm	500–700 mm	300–400 mm	100–200 mm
<b>Caractéristiques de la zone piégée</b>							
Densité végétation	Forte	Faible	Forte	Moyenne	Forte	Faible	Moyenne
Principales espèces ligneuses	<i>Ziziphus mauritiana</i> , <i>Parkinsonia digitata</i> , <i>Tamarindus indica</i> , <i>Acacia nilotica</i>	<i>Balanites aegyptiaca</i> , <i>A. nilotica</i>	<i>B. aegyptiaca</i> , <i>A. nilotica</i> , <i>A. radiana</i> , <i>A. senegal</i> , <i>A. seyal</i>	<i>B. aegyptiaca</i> , <i>Acacia albida</i> , <i>A. nilotica</i> , <i>A. radiana</i>	<i>Z. mauritiana</i> , <i>Acacia siberiana</i> , <i>P. digitata</i>	<i>Anogensus locarpus</i> , <i>Capparis decidua</i> , <i>T. indica</i> , <i>Z. mauritiana</i> , <i>A. nilotica</i>	<i>B. aegyptiaca</i> , <i>A. albida</i> , <i>A. nilotica</i> , <i>A. senegal</i> , <i>A. seyal</i>
Densité animale	SS <sup>1</sup> SP <sup>2</sup> Forte	Forte	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Prév. sérologique <sup>c</sup>	61,0 % (90/147)	43,0 % (54/126)	50,0 % (12/24)	33,0 % (34/103)	26,0 % (42/162)	9,0 % (8/87)	22,0 % (37/138)
Remarque	Zone mares (lit Bahr <sup>d</sup> Azoum)	Zone puits (bas-fond)	Zone puits (lit ouaddi <sup>e</sup> Fira)	Zone puits (lit ouaddi Oum Chalouba)	Zone puits (lit ouaddi Batha)	Zone puits (bas-fond)	Zone puits (lit ouaddi Fama)

<sup>a</sup> Prévalence sérologique > 30 %

<sup>b</sup> Prévalence sérologique < 30 %

<sup>c</sup> Prévalence sérologique (Catt test) relevée dans les cheptels ayant fréquenté le site lors de la saison sèche précédente

<sup>d</sup> Rivière temporaire (zone soudanienne)

<sup>e</sup> Cours d'eau temporaire (zone sahélienne)

<sup>1</sup> Saison sèche

<sup>2</sup> Saison des pluies

La distribution du nombre d'individus présents dans un domaine donné correspond généralement à la distribution de Poisson pour autant que la répartition des individus dans ce domaine puisse être considérée comme complètement aléatoire. Dans de nombreux cas, cette hypothèse n'est pas vérifiée en raison de phénomènes d'agré-gations susceptibles d'engendrer une plus forte concentration d'individus dans certaines régions du domaine considéré. Ces distributions agrégatives sont caractérisées, contrairement aux distributions de Poisson, par une variance toujours supérieure à la moyenne (6). Les auteurs ont supposé que le nombre d'insectes par piège suivait une distribution de ce type avec un paramètre de dispersion non fixé à 1.

La sélection des modèles a été réalisée à partir de prémodèles comprenant toutes les variables explicatives et toutes les interactions du premier ordre, par une procédure descendante visant à maximiser la simplicité et à minimiser la déviance résiduelle. Le logiciel R<sup>®</sup> a été utilisé.

## ■ RESULTATS

### Résultats bruts

Au total, 774 relevés de pièges (578 avec le piège biconique et 196 avec le Nzi) ont été effectués au lieu des 840 (dont 630 avec le piège biconique) initialement prévus. La différence est liée à l'inaccessibilité du site d'Am sak en saison des pluies, à la chute des cages de collectes et parfois des pièges (animaux, orages, etc.).

En tout, 1 272 stomoxes, 945 tabanidés et 226 hippobosques ont été capturés. Un échantillon de 204 tabanidés, 402 stomoxes et 40 hippobosques a été envoyé en Belgique pour identification.

Le nombre moyen de tabanidés capturés par jour a été compris entre 0 et 2,25 avec le piège biconique et entre 0 et 20,10 avec le piège Nzi. Le maximum a été relevé avec les deux pièges à Koukou Anga-

rana en saison sèche froide (tableaux II et III). Le nombre moyen de stomoxes capturés par jour a été compris entre 0 et 1,10 avec le piège biconique et entre 0 et 35,40 avec le piège Nzi. Le maximum a été relevé à Koukou Angarana en saison des pluies avec le biconique et en saison sèche chaude avec le Nzi. Le nombre moyen d'hippobosques capturés par jour a été compris entre 0 et 1,15 avec le piège biconique et entre 0 et 1,70 avec le piège Nzi. Le maximum a été relevé en saison sèche froide, sur l'ouaddi Fira avec le piège biconique et à Oum Chalouba avec le Nzi.

Chez les tabanidés, l'espèce dominante a été *Atylotus agrestis* avec 616 insectes capturés (soit 65,0 p. 100), classée avant *Tabanus gratus* (211 individus, soit 22,5 p. 100), *Tabanus taeniola* (105 individus, soit 11,0 p. 100) et *Tabanus biguttatus* (12 individus, soit 1,5 p. 100). Un exemplaire de tabanidé du genre *Philoliche* a également été capturé. Sur 15 échantillons de *T. taeniola*, l'identification de la sous-espèce a pu être réalisée : il s'agissait de *T. taeniola variatus* dans 13 cas et de *T. taeniola taeniola* dans deux cas.

Pour l'échantillon de stomoxes qui a fait l'objet d'une identification, l'espèce dominante a été *Stomoxys calcitrans* (216 individus, soit 53,5 p. 100), classée avant *Stomoxys sitiens* (124 individus, soit 31,0 p. 100) et *Stomoxys niger* (61 individus, soit 15,0 p. 100).

Un exemplaire de *Stomoxys inornata* a également été identifié. Les profils d'abondances relatives des trois principales espèces de stomoxes ont été caractérisés par la prédominance de *S. niger* et de *S. sitiens* en saison des pluies, de *S. calcitrans* en saison sèche froide et de *S. calcitrans* et *S. sitiens* en saison sèche chaude (figure 2) ainsi que par la prédominance de *S. calcitrans* au Nord (site d'Oum Chalouba) et de *S. sitiens* et *S. niger* au Sud (site de Koukou Angarana) (figure 3).

Sur 40 hippobosques identifiés, 36 (90,0 p. 100) appartenaient à l'espèce *Hippobosca camelina* et quatre à l'espèce *Hippobosca variegata*.

**Analyse multivariée**

L'analyse a permis de prendre en compte simultanément plusieurs facteurs de confusion potentiels et de préciser l'impact de chaque variable (tableau IV). Diverses interactions entre variables, qui n'apparaissent pas dans le tableau récapitulatif, ont été conservées pour améliorer l'ajustement des modèles.

**Piège**

Le piège Nzi a été significativement plus efficace pour tous les types d'insectes en dehors des hippobosques.

**Tableau II**

Moyennes (Moy), écarts-types (ET) et maximums (Max) des nombres de stomoxes, de tabanidés et d'hippobosques capturés par jour avec le piège biconique selon le site et la saison

Mois du piégeage	Stomoxes			Tabanidés (dont <i>Atylotus</i> )			Hippobosques		
	Moy	ET	Max	Moy	ET	Max	Moy	ET	Max
<b>Koukou Angarana</b>									
Juin (n = 30)	1,10	1,95	3	0,55 (0,45)	0,73 (0,70)	2 (2)	0	0	0
Décembre (n = 30)	0,25	0,80	4	2,25 (1,65)	1,92 (1,70)	7 (5)	0	0	0
Février (n = 27)	1,05	2,10	10	0,90 (0,80)	1,69 (1,65)	8 (8)	0,05	0,20	1
<b>Abdi</b>									
Juin (n = 29)	0,80	1,25	4	0	0	0	0,10	0,40	2
Décembre (n = 30)	0,45	0,80	3	0,05 (0,05)	0,25 (0,25)	1 (1)	0,05	0,35	2
Février (n = 30)	0,80	1,30	5	0,10 (0,10)	0,31 (0,30)	1 (1)	0	0	0
<b>Am sak</b>									
Janvier (n = 28)	0	0	0	0,40 (0,40)	0,70 (0,70)	3 (3)	0,10	0,40	2
Avril (n = 26)	0,05	0,20	1	0	0	0	0	0	0
<b>Djogori</b>									
Juillet (n = 30)	0,75	1,25	4	0,35 (0,25)	0,65 (0,60)	2 (2)	0,05	0,25	1
Janvier (n = 30)	0,15	0,50	2	1,30 (1,15)	1,60 (1,55)	5 (5)	0,35	0,85	3
Mars (n = 30)	0,05	0,25	1	0,75 (0,50)	1,00 (0,80)	3 (3)	0	0	0
<b>Oum Chalouba</b>									
Août (n = 30)	0	0	0	0,15 (0,15)	0,40 (0,40)	1 (1)	0,05	0,35	2
Décembre (n = 27)	0,45	0,95	4	0	0	0	0,60	1,65	8
Avril (n = 27)	0,05	0,20	1	0	0	0	0,40	0,75	2
<b>Ouaddi Fama</b>									
Août (n = 28)	0,54	0,79	3	0,15 (0,15)	0,36 (0,35)	1 (1)	0,05	0,25	1
Décembre (n = 30)	0	0	0	0,05 (0,05)	0,18 (0,20)	1 (1)	1,10	1,90	7
Avril (n = 30)	0	0	0	0	0	0	0,35	0,90	4
<b>Ouaddi Fira</b>									
Août (n = 28)	0,70	0,80	3	0,55 (0,45)	1,55 (1,55)	8 (8)	0,05	0,20	2
Décembre (n = 30)	0,55	1,50	7	0,20 (0,15)	0,55 (0,50)	2 (2)	1,15	2,05	8
Avril (n = 28)	0,55	1,05	4	0,40 (0,35)	0,75 (0,75)	3 (3)	0,30	0,65	2

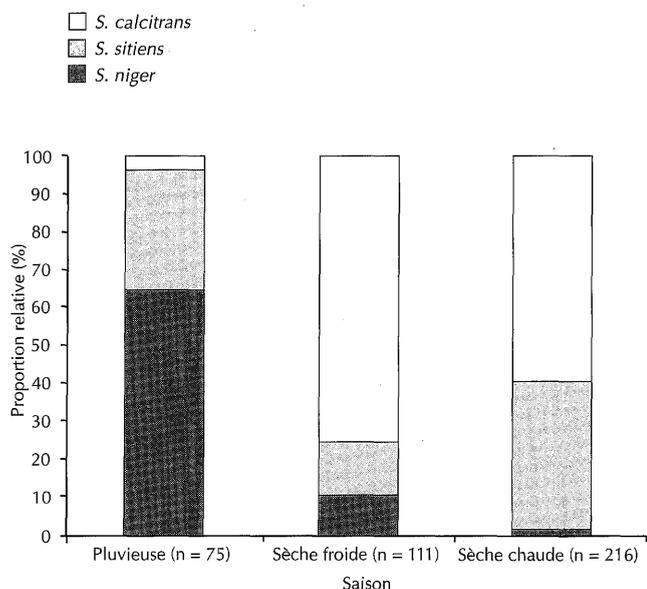


Figure 2 : proportions relatives des principales espèces de stomoxes selon la saison.

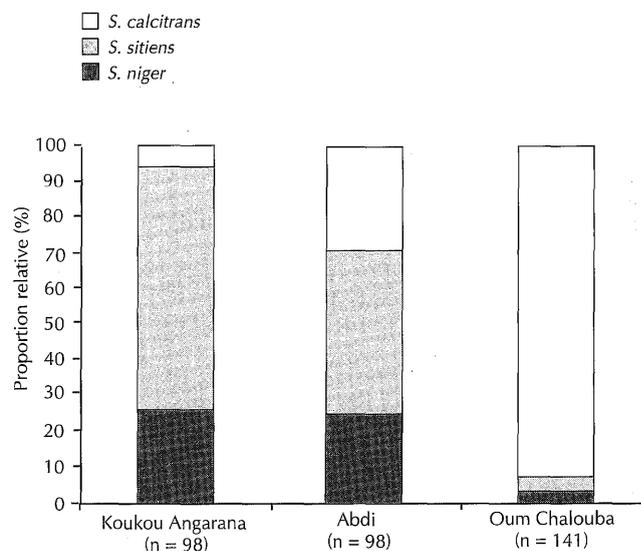


Figure 3 : proportions relatives des principales espèces de stomoxes selon le site.

Tableau III

Moyennes (Moy), écarts-types (ET) et maximums (Max) des nombres de stomoxes, de tabanidés et d'hippobosques capturés par jour avec le piège Nzi selon le site et la saison

Mois du piégeage	Stomoxes			Tabanidés (dont <i>Atylotus</i> )			Hippobosques		
	Moy	ET	Max	Moy	ET	Max	Moy	ET	Max
<b>Koukou Angarana</b>									
Juin (n = 10)	6,20	3,85	11	4,60 (1,90)	3,69 (2,25)	12 (7)	0,70	1,15	3
Décembre (n = 10)	0,70	1,05	3	20,10 (12,80)	8,54 (5,45)	31 (20)	0	0	0
Février (n = 10)	35,40	52,65	172	12,80 (3,60)	10,05 (3,05)	30 (9)	0	0	0
<b>Abdi</b>									
Juin (n = 10)	6,70	6,99	20	0,60 (0,20)	0,52 (0,42)	1 (1)	0	0	0
Décembre (n = 10)	0,80	1,32	3	1,50 (0,60)	1,18 (0,84)	3 (2)	0	0	0
Février (n = 10)	7,50	7,49	24	2,00 (0,10)	2,00 (0,32)	6 (1)	0	0	0
<b>Am sak</b>									
Janvier (n = 10)	0,50	1,08	3	1,90 (1,80)	1,60 (1,55)	4 (4)	1,40	1,60	4
Avril (n = 10)	3,90	6,52	4	0,70 (0,70)	1,06 (1,06)	3 (3)	0	0	0
<b>Djogori</b>									
Juillet (n = 10)	0,50	0	3	5,20 (2,30)	4,52 (2,95)	16 (10)	0	0	0
Janvier (n = 10)	0,70	1,05	3	8,10 (6,30)	5,59 (4,81)	17 (17)	0,80	1,30	3
Mars (n = 10)	1,40	0,85	2	3,20 (3,00)	1,23 (0,82)	6 (4)	0	0	0
<b>Oum Chalouba</b>									
Août (n = 10)	0	0	0	2,0 (1,90)	1,40 (1,45)	4 (4)	0,30	0,95	3
Décembre (n = 10)	10,20	16,80	52	0	0	0	1,70	2,55	7
Avril (n = 7)	15,70	33,15	90	0	0	0	0,55	1,50	4
<b>Ouaddi Fama</b>									
Août (n = 9)	0,65	1,40	4	3,00 (2,65)	2,12 (2,00)	6 (6)	0	0	0
Décembre (n = 10)	0	0	0	0,80 (0,70)	0,79 (0,80)	2 (2)	1,5	2,60	7
Avril (n = 10)	0,40	0,70	2	0,10 (0)	0,32 (0)	1 (0)	0	0	0
<b>Ouaddi Fira</b>									
Août (n = 10)	1,00	1,05	0	2,80 (2,40)	2,25 (2,20)	8 (8)	0	0	0
Décembre (n = 10)	4,10	6,40	17	0,30 (0,20)	0,67 (0,40)	2 (1)	0,90	1,50	4
Avril (n = 10)	4,90	3,45	12	1,70 (0,80)	1,25 (1,25)	4 (3)	1,10	1,45	3

Tableau IV

Facteurs influant sur la capture des insectes

Variable	Coefficients des modèles					
	<i>Atylotus agrestis</i>	<i>Tabanus taeniola</i>	<i>Tabanus gratus</i>	<i>Hippobosca</i> sp.	<i>Stomoxys</i> sp.	
Piège (Nzi)	-	2,08***	3,70***	1,62**	NS	1,08**
Saison	Sèche froide	1,70***	-0,78*	-1,81*	2,11***	1,94**
(réf. : pluies)	Sèche chaude	1,13***	-2,11***	NS	NS	NS
Latitude	-	NS	-0,94***	-1,53**	0,41***	NS
Altitude (> 500 m)	-	-3,27***	NS	NS	-4,97**	-1,04*
Lieu pose piège	< 50 m puits	NS	NS	-8,79***	NS	-4,56***
(réf. : autres)	< 50 m mare	NS	-4,13**	NS	NS	0,85*
	Pâturage	0,39*	1,44**	NS	NS	-11,77***
	< 50 m <i>ouaddi</i>	NS	NS	-3,79*	NS	0,89**
Animaux	-	0,09*	NS	0,46*	NS	0,87***
Végétation	-	0,11***	NS	-0,91**	-0,28*	NS
Ensoleillement	-	NS	NS	NS	NS	NS

\*\*\* p < 0,001 ; \*\* p < 0,01 ; \* p < 0,05 ; NS : p > 0,05

■ PATHOLOGIE PARASITAIRE

**Saison**

*Atylotus agrestis*, les stomoxes et les hippobosques ont été plus fréquemment capturés en début de saison sèche, *Tabanus taeniola* en saison des pluies et *T. gratus* en saison sèche chaude et en saison des pluies.

**Latitude**

*Atylotus agrestis* a été capturé dans toute la zone de l'étude mais une interaction significative (p < 0,001) entre les effets de la latitude et de la saison ont montré que les captures ont été préférentiellement effectuées au Nord en saison des pluies et au Sud en saison sèche. Les espèces du genre *Tabanus* ont été plus fréquemment capturées au Sud et les hippobosques au Nord. La latitude n'a pas eu d'effet significatif sur les captures de stomoxes.

**Altitude**

*Atylotus agrestis*, les stomoxes et les hippobosques ont été capturés préférentiellement à l'altitude la plus basse. L'altitude n'a pas eu d'effet significatif sur les captures de *T. gratus* et de *T. taeniola*.

**Conditions locales**

*A. agrestis* et *T. taeniola* ont été plus fréquemment capturés dans les zones de pâturage alors que *T. gratus* l'a moins été à proximité des puits et des *ouaddi*. Le lieu de pose a eu peu d'impact sur la capture des hippobosques. La proximité des mares et des *ouaddi* a favorisé la capture des stomoxes.

La présence d'animaux à proximité des pièges a été un facteur favorable pour la capture d'*A. agrestis*, de *T. gratus* et des stomoxes.

Une végétation abondante a été favorable pour la capture d'*A. agrestis* et défavorable pour la capture de *T. gratus* et des hippobosques.

L'ensoleillement n'a pas eu d'impact significatif sur les captures. Des interactions entre les effets de l'ensoleillement et la nature du piège ont cependant été relevées. Avec le Nzi, la luminosité a augmenté les captures de stomoxes (p < 0,001) et de *T. gratus* (p < 0,01).

**Corrélation entre le nombre d'insectes piqueurs capturés en saison sèche et la prévalence du surra**

Une corrélation entre le nombre moyen d'insectes piqueurs capturés par jour en saison sèche (saison sèche froide et saison sèche chaude) et la prévalence sérologique mesurée dans les cheptels ayant fréquenté les sites au cours de la saison sèche précédente a été relevée [test de corrélation des rangs de Spearman, pièges biconique (p < 0,05) et Nzi (p < 0,05)] (figures 4 et 5).

■ DISCUSSION

**Méthodologie**

La variété de l'entomofaune a été déterminée par l'utilisation exclusive de deux types de pièges. Bien que l'efficacité du piège Nzi pour la capture des Muscidae piqueurs soit importante (13), l'utilisation d'autres pièges, Vavoua pour les stomoxes (14) et Canopy pour les tabanidés (1, 10, 26), ainsi que l'adjonction d'octénol seul (11, 14, 26) ou en association avec le métacrésol (1) ou des phénols (11), auraient permis d'augmenter les captures. De même, des captures au filet ou en voiture auraient permis d'élargir le spectre des espèces récoltées même si, dans une étude similaire effectuée dans le Sud mauritanien, il a été observé une concordance entre les captures de tabanidés obtenues manuellement et à l'aide de pièges bipyramidaux (7). Parmi les Stomoxyinae, seuls les insectes du genre *Stomoxys* ont fait l'objet d'un comptage alors que d'autres genres (*Haematobia* en particulier) pourraient intervenir dans la transmission du surra (27). De même, *Musca crassirostris*, seule espèce hématophage du genre *Musca*, n'a pas été étudiée.

Les captures n'ont pu être effectuées au cours du même mois dans les différents sites en raison de l'étendue de la zone et des difficultés liées au climat. Ainsi, le piégeage de saison des pluies a été réalisé en juin dans le Sud et en août dans les sites les plus septentrionaux.

Enfin, certains phénomènes climatiques (température, hygrométrie) n'ont pas été pris en compte dans l'analyse bien qu'ils puissent influencer considérablement sur les captures.

Revue Élev. Méd. vét. Pays trop., 2002, 55 (1) : 21-30

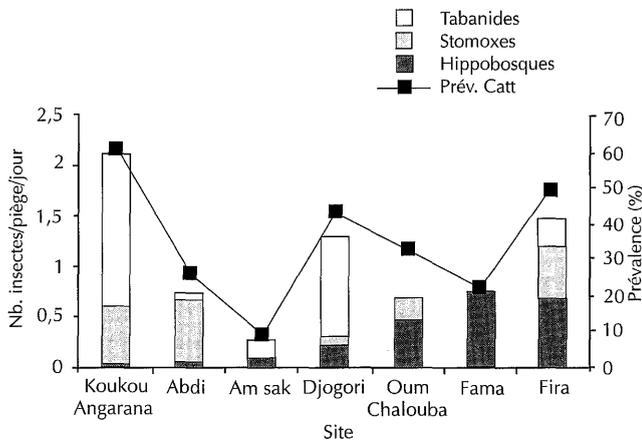


Figure 4 : comparaison entre les nombres d'insectes capturés (piège biconique) en saison sèche et prévalence sérologique du surra selon le site.

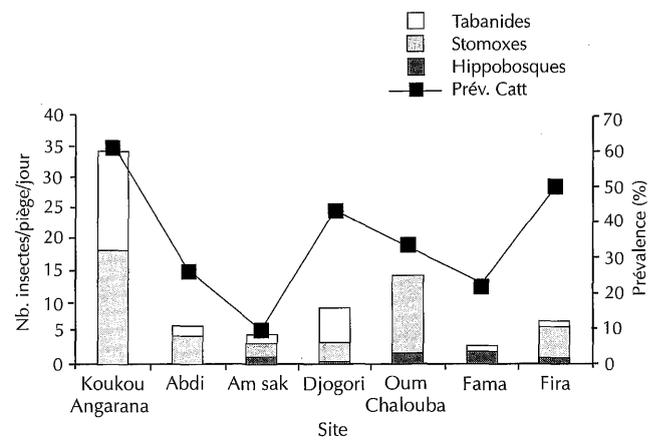


Figure 5 : comparaison entre les nombres d'insectes capturés (piège Nzi) en saison sèche et prévalence sérologique du surra selon le site.

### Résultats bruts

Les stomoxes ont été les insectes piqueurs les plus fréquemment capturés alors qu'en Mauritanie une majorité de tabanidés avait été recensés (7). Par ailleurs, l'auteur de cette étude n'avait capturé, avec le piège bipyramidal, que des Stomoxyinae du genre *Haematobia* et aucun hippobosque (7).

*Atylotus agrestis* a été l'espèce de tabanidé la plus fréquemment capturée, ce qui rejoint les observations réalisées en Mauritanie et au Soudan (7), au Tchad (5), et au Niger (Viass et coll., résultats non publiés). C'est une espèce très largement répandue puisqu'elle a été décrite dans toutes les zones de savanes, du Sénégal à l'Afrique du Sud (18). *Tabanus gratus* a représenté près d'un quart des captures alors que cette espèce n'a été rencontrée ni en Mauritanie ni au Soudan (7). Elle appartient au même groupe que *Tabanus suffis* mais semble moins inféodée aux zones semi-désertiques (21). *T. suffis*, qui a été signalée en Mauritanie et au Soudan (7), n'a pas été capturée ici, ce qui rejoint les observations précédemment au Tchad (5). *Tabanus taeniola* a représenté 11,0 p. 100 des captures de tabanidés contre 23,5 p. 100 en Mauritanie (7). Cette différence peut s'expliquer par des captures en véhicule et au filet, l'utilisation exclusive de pièges à entrées basses, comme le Nzi, ou étroites, comme le biconique, étant peu favorable à la capture de cette espèce (Mihok, résultats non publiés). *T. taeniola* est considérée comme l'espèce du genre la plus abondante et a été décrite aussi bien dans la forêt équatoriale que dans des oasis sahariennes (22). La sous-espèce *T. taeniola variatus* a semblé dominante, ce qui confirme les précédentes observations réalisées au Tchad (5). *Tabanus biguttatus* a représenté 1,0 p. 100 des captures de tabanidés, ce qui rejoint le résultat obtenu au Darfour soudanais (0,6 p. 100 sur 716 insectes capturés) (7). C'est une espèce largement répandue en Afrique qui préfère les zones de savanes et qui est absente de la forêt humide (20). Comme *T. taeniola*, cette espèce pénètre peu dans les pièges à entrées basses ou étroites (Mihok, résultats non publiés) et est donc probablement sous-représentée ici. *T. biguttatus* n'a pas été capturé lors d'études entomologiques effectuées en Mauritanie (7) et au Niger (Viass et coll., résultats non publiés) mais est fréquemment observé sur les dos des dromadaires dans le nord du Kenya (Mihok, résultats non publiés).

Les tabanidés du genre *Philoliche* sont abondants dans les zones sèches du Kenya où ils émergent après les premières pluies et ne sont capturables que pendant une courte période (Mihok, résultats

non publiés). Il est possible qu'un tel pic d'abondance soit passé inaperçu dans cette étude du fait de la méthodologie employée.

Aucun exemplaire des genres *Haematopota*, *Chrysops* et *Ancala* n'a été recensé. Pour les genres *Chrysops* et *Haematopota*, cela pourrait être lié à un cycle d'activité nocturne (16). La nature des sites enquêtés pourrait également intervenir car ces genres sont préférentiellement rencontrés dans des zones humides ou subhumides (16). Leur importance épidémiologique dans le cas du surra est certainement faible en raison de leur rareté et de leur faible capacité vectorielle (19). *Ancala fasciata nilotica* peut être rencontré dans les zones de savanes et les zones arides d'Afrique centrale mais cette espèce semble être associée à la présence d'eau permanente (17). L'aire de distribution d'*Ancala latipes* se limite à la savane et cette espèce semble fortement associée à la saison des pluies (17).

Les espèces relevées dominantes du genre *Stomoxys* ont été *S. calcitrans*, *S. sitiens* et *S. niger*. *S. calcitrans* est une espèce cosmopolite souvent associée aux activités humaines liées à l'élevage (23, 27). *S. sitiens* est répandue en Afrique orientale mais on la trouve également en Egypte, en Afrique australe et occidentale, et en Asie (27). Cette espèce préférerait les zones arides ou semi-arides et ne se développerait pas au-delà de 750 mm de pluies par an (27). *S. niger* serait l'espèce la plus répandue dans les zones de savanes et les forêts tropicales humides africaines (27). Elle semble abondante dans le centre du Kenya (15) et autour des campements d'éleveurs du Sud Soudan (27). *S. inornata* a été observée dans les régions humides d'Afrique occidentale (Liberia), centrale (Nigeria, Soudan, Congo) et orientale (Kenya, Ouganda, Rwanda, Burundi) (27). Dans le parc national de Nairobi, au Kenya, elle a été capturée aussi bien dans la zone forestière que dans la savane boisée (15).

Les deux espèces d'hippobosques identifiées ici ont été les mêmes que celles capturées à l'aide d'un filet à main en Mauritanie (7). *Hippobosca camelina* est également abondante dans la zone semi-désertique située au nord du Kenya (Mihok, résultats non publiés).

### Facteurs influant sur les captures

#### Piège

L'efficacité du Nzi pour la capture des tabanidés correspond à celle du piège dont il dérive, le Ng2g, pour ces insectes (2). Comme d'autres pièges à petites ouvertures, le piège biconique est

souvent considéré comme peu efficace sur les tabanidés et les stomoxes. Au Mali, ce piège a cependant permis de récolter 25 espèces différentes de tabanidés contre 37 pour le piège Malaise et 22 pour le piège Canopy. Dans cette étude, la plus grande efficacité du Malaise a concerné en priorité le genre *Haematopota* avec 11 espèces capturées contre deux avec le biconique (9).

L'efficacité du Nzi pour la capture des stomoxes a été relevée au Kenya, ce piège capturant 144 insectes par jour en moyenne contre 44 avec le piège Vavoua (13). Cette efficacité, confirmée au Tchad oriental, souligne l'intérêt du Nzi par rapport au Ng2g, réputé peu efficace sur les stomoxes (2).

Les pièges Nzi et biconique semblent également efficaces pour la capture des hippobosques. En Mauritanie, le piège bipyramidal n'a pas permis la capture de ces insectes (7). En revanche, dans le nord du Kenya, le piège Vavoua s'est montré très efficace avec un maximum de 73 individus par piège et par jour (Mihok, résultats non publiés).

#### Saison

*Atylotus agrestis* a été capturé en plus grand nombre en saison sèche froide bien que cette espèce soit généralement considérée comme abondante tout au long de l'année (9, 18). Cette observation rejoint cependant les résultats obtenus en Mauritanie où le pic d'abondance a été observé pendant les mois d'octobre et de novembre (7). La saison des pluies permettrait le bouclage du cycle en favorisant, par l'humidification du sol, la remontée des larves enfouies dans le sol (7). Avec le décalage lié à la nymphose, on obtiendrait ainsi une éclosion massive quelques semaines après la fin de la saison pluvieuse.

*Tabanus taeniola* a été plus fréquemment capturé en saison des pluies ce qui correspond à l'affinité de cette espèce pour la saison humide (22). En Mauritanie, près de 95,0 p. 100 des captures de *T. taeniola* ont cependant été effectuées en début de saison sèche (7). *T. gratus* est généralement considéré comme une espèce peu saisonnière (9, 21), ce qui est en accord avec les présents résultats.

Le début de la saison sèche est la période favorable pour la capture des stomoxes. Le substrat idéal pour assurer la ponte et le développement larvaire est un mélange de boue, de déjections (fèces et urine) et de végétaux en décomposition (27). Dans les conditions optimales de température, entre 25 et 35 °C selon les espèces, les œufs éclosent en 24 h et la durée totale du cycle est comprise entre 15 jours et 1 mois (23). Il est probable que ces conditions sont fréquemment réunies à proximité des zones d'abreuvement à la fin de la saison des pluies et au début de la saison sèche. A partir du mois de janvier, la sécheresse et l'augmentation de la température limiteraient la multiplication des insectes (27). En saison des pluies, le facteur limitant serait la dispersion spatiale des hôtes liée à l'apparition de nombreuses mares temporaires.

L'abondance relative de *Stomoxys niger* en saison des pluies et de *S. sitiens* en saison sèche chaude correspond bien à l'affinité déjà relevée de *S. niger* pour les zones humides et de *S. sitiens* pour les régions plus sèches (27). La prolifération des hippobosques en saison froide peut s'expliquer par un mécanisme similaire à celui décrit pour *A. agrestis* et les stomoxes. Les femelles déposent des pupes qui se développent en quelques semaines lorsque les conditions du milieu le permettent (24). Il est probable que le climat chaud et humide observé en fin de saison des pluies soit favorable au développement des pupes, expliquant l'émergence de nombreux adultes en début de saison sèche.

#### Latitude

La présence d'*Atylotus agrestis* dans toute la zone de l'étude et la localisation préférentielle de *Tabanus gratus* et *T. taeniola* au Sud

correspondent aux observations réalisées dans une zone écologique similaire au Mali où *A. agrestis* est considéré comme une espèce de savanes et de zones arides et *T. gratus* et *T. taeniola* comme des espèces de savanes et de forêts (9). Les hippobosques ont semblé préférer les milieux arides correspondant au nord de la zone de l'étude, ce qui pourrait être lié à une adaptation de l'espèce la plus abondante, *Hippobosca camelina*, à la sécheresse.

#### Altitude

L'impact négatif de l'altitude sur les captures d'*Atylotus agrestis*, de stomoxes et d'hippobosques pourrait tenir aux caractéristiques du milieu avec, notamment, une faible densité de bétail en saison des pluies et en début de saison sèche dans la zone montagnaise (3).

#### Conditions locales

L'importance des captures de tabanidés dans les zones de pâturage pourrait s'expliquer par le comportement erratique des femelles à la recherche d'un hôte (25). Une observation similaire a été réalisée en Mauritanie, les pièges placés au pâturage capturant plus d'insectes que ceux situés au bord de l'eau (7). La proximité d'une mare ou d'un puits semble constituer un facteur favorable pour la capture des stomoxes. L'humidité du sol et l'accumulation de déjections autour des points d'eau en saison sèche pourraient constituer un milieu favorable pour la réalisation du court cycle larvaire des stomoxes (23). L'impact de la présence d'animaux à proximité des pièges sur les captures pourrait être significatif chez les espèces qui, comme les stomoxes, infestent massivement leurs hôtes (27). La végétation pourrait augmenter les captures d'*A. agrestis* en raison de l'existence d'aires de repos dans les zones ombragées. A l'opposé, elle pourrait limiter la visibilité des pièges et diminuer ainsi les captures d'autres espèces. L'impact de l'ensoleillement ne semble significatif que pour le piège Nzi. La luminosité pourrait améliorer l'attractivité du piège, en particulier au niveau des parties bleues qui entourent l'entrée du piège. Cette meilleure attractivité expliquerait l'augmentation des captures de stomoxes, insectes fortement attirés par les rayons ultraviolets et le bleu (12).

#### Corrélation entre le nombre de captures et la prévalence du surra

L'analyse des résultats par site a permis de vérifier l'abondance des insectes piqueurs dans les zones associées à une forte prévalence du surra. Dans les zones d'accueil de saison sèche du Sud, l'entomofaune piqueuse a été dominée par les tabanidés et les stomoxes. La présence de mares permanentes et d'un couvert végétal assez dense conviendrait à diverses espèces de tabanidés, avec un pic d'*Atylotus agrestis* en début de saison sèche, et de stomoxes, avec une majorité de *Stomoxys sitiens*. Au Nord, l'entomofaune de saison sèche est dominée par les stomoxes, principalement *Stomoxys calcitrans*, et les hippobosques avec *Hippobosca camelina*.

#### ■ CONCLUSION

La forte prévalence du surra dans les cheptels des éleveurs transhumants pourrait s'expliquer par un effet cumulatif, premièrement, du contact avec le pic d'*Atylotus agrestis* au Nord en fin de saison des pluies et au début de la saison sèche et, deuxièmement, du contact avec une entomofaune piqueuse abondante dans les zones d'accueil du Sud (novembre à juin) avec une prédominance d'*Atylotus agrestis* et de *S. sitiens* en saison sèche froide et des espèces du genre *Tabanus* en saison sèche chaude. Les grands rassemblements saisonniers de troupeaux, classiquement observés chez les nomades, favoriseraient également la transmission du parasite.

Chez les petits transhumants et les semi-sédentaires du Nord, l'impact du surra tiendrait à la nature de la zone fréquentée. A proximité des puits, généralement creusés dans le fond des *ouaddi*, les conditions locales (humidité, densité animale) autoriseraient la multiplication des populations de stomoxes et d'hippobosques avec un pic en début de saison sèche.

### Remerciements

Nous tenons à remercier les Docteurs Cuisance et Mihok pour leur soutien.

### BIBLIOGRAPHIE

1. AMSLER S., FILLEDIER J., 1994. Attractivité pour les Tabanidae de l'association métacrésol/octénol : Résultats obtenus au Burkina Faso. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **47** : 93-96.
2. BRIGHTWELL R., DRANSFIELD R.D., KYORKU C., GOLDBER T.K., TARIMO S.A., MUNGAI D., 1987. A new trap for *Glossina pallidipes*. *Trop. Pest Manage.*, **33**: 151-159.
3. BURON S., GANDA K., 1992. Rapport de synthèse du projet camelin Biltine. N'djaména, Tchad, ministère de l'Elevage, 133 p.
4. CHALLIER A., LAVEISSIERE C., 1973. Un nouveau piège pour la capture des glossines (*Glossina* : Diptera, Muscidae). Description et essais sur le terrain. *Cah. Orstom, Sér. Ent. Méd. Parasit.*, **11** : 251-262.
5. CUISANCE D., 1996. Réactualisation de la situation des tsé-tsé et des trypanosomoses animales au Tchad. Phase II/Zone du Lac, Guera, Salamat. Enquête réalisée du 22 mars au 20 avril 1996. Montpellier, France, Cirad-emvt, 74 p.
6. DAGNELIE P., 1998. Statistique théorique et appliquée. Tome 1 : statistique descriptive et bases de l'inférence statistique. Bruxelles, Belgique, De Boeck Université, 508 p.
7. DIA M.L., 1997. Epidémiologie de la trypanosomose cameline à *T. evansi* en Mauritanie. Thèse Doct. Sci., université de Montpellier I, France, 156 p.
8. Estimation des effectifs du cheptel au Tchad oriental, 1999. N'djaména, Tchad, ministère de l'Elevage/Scac, 52 p.
9. GOODWIN J.T., 1982. The Tabanidae (Diptera) of Mali. Lanham, MD, USA, Misc. Publ. Entomological Society of America, 142 p.
10. HRIBAR L.J., LEPRINCE D.J., FOIL L.D., 1991. Design for a canopy trap for collecting horse flies (Diptera: Tabanidae). *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, **7**: 657-679.
11. JAENSON T.G., DOS SANTOS R.C., HALL D.R., 1991. Attraction of *Glossina longipalpis* (Diptera: Glossinidae) in Guinea-Bissau to odor-baited biconical traps. *J. med. Entomol.*, **28**: 284-286.
12. KETTLE D.S., 1995. Medical and veterinary entomology, 2nd Edn. Walling Ford, UK, CAB, 757 p.
13. MIHOK S., 2002. The development of a multipurpose trap (the Nzi) for tsetse and other biting flies. *Bull. entomol. Res.* (in press)
14. MIHOK S., KANG'ETHE E.K., KAMAU G.K., 1995. Trials of traps and attractants for *Stomoxys* (Diptera: Muscidae). *J. Med. Entomol.*, **32**: 283-289.
15. MIHOK S., OPIYO M., ELI M., KHALFAN S., 1996. Phenology of *Stomoxinae* in a Kenyan forest. *Med. vet. Entomol.*, **10**: 305-316.
16. OLDROYD M.A., 1954. Chrysopinae, Scopsidinae and Pangoniinae. Genus *Chrysops*. In: The horse-flies of the Ethiopian region, Vol. III. London, England, British Museum, p. 55-128.
17. OLDROYD M.A., 1954. *Tabanus* and related genera: Genus *Ancala*. In: The horse-flies of the Ethiopian region, Vol. II. London, England, British Museum, p. 87-105.
18. OLDROYD M.A., 1954. *Tabanus* and related genera: Genus *Atylotus*. In: The horse-flies of the Ethiopian region, Vol. II. London, England, British Museum, p. 112-125.
19. OLDROYD M.A., 1954. *Tabanus* and related genera: *Tabani* and the transmission of disease. In: The horse-flies of the Ethiopian region, Vol. II. London, England, British Museum, p. 23-28.
20. OLDROYD M.A., 1954. *Tabanus* and related genera: *Tabanus rufiricus*-group. In: The horse-flies of the Ethiopian region, Vol. II. London, England, British Museum, p. 209-230.
21. OLDROYD M.A., 1954. *Tabanus* and related genera: *Tabanus suffis*-group. In: The horse-flies of the Ethiopian region, Vol. II. London, England, British Museum, p. 156-186.
22. OLDROYD M.A., 1954. *Tabanus* and related genera: *Taeniola fraternus* sub-group. In: The horse-flies of the Ethiopian region, Vol. II. London, England, British Museum, p. 279-300.
23. RODHAIN F., PEREZ C., 1985. Les Muscidae Stomoxiinae. In : Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Paris, France, Maloine, p. 394-395.
24. RODHAIN F., PEREZ C., 1985. Les pupipares. In : Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Paris, France, Maloine, p. 395.
25. RODHAIN F., PEREZ C., 1985. Les taons : systématique, biologie, importance médicale. In : Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Paris, France, Maloine, p. 211-221.
26. SCHRECK C.E., KLINE D.L., WILLIAMS D.C., TIDWELL M.A., 1993. Field evaluations in malaise and canopy traps of selected targets as attractants for tabanid species (Diptera: Tabanidae). *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, **9**: 182-8.
27. ZUMPT F., 1973. Diptera: Muscidae; Taxonomy and biology of species. In: The Stomoxiinae biting flies of the world. Stuttgart, Germany, Gustav Fischer Verlag, p. 20-97.

Reçu le 22.01.2001, accepté le 17.10.2002

**Summary**

**Doutoum Abdesalam A., Delafosse A., Elsen P., Amsler-Delafosse S.** Potential Vectors of *Trypanosoma evansi* in Camels in Eastern Chad

Eastern Chad is a camel breeding area. *Trypanosoma evansi* infections (surra), which are mechanically transmitted by various hematophagous biting insects, are widespread in the area. They primarily affect transhumant herds. An entomological survey was carried out in seven representative sites in order to improve the knowledge of the epidemiology of surra in the area. Four sites (Koukou Angarana and Djogori in the South, Oum Chalouba and *ouaddi* Fira in the North) were associated with a high prevalence of the disease, the other three (Abdi in the South, Am sak and *ouaddi* Fama in the North) with a low prevalence. The survey was based on the use of 15 biconical traps Challier-Laveissiere and five Nzi traps. Captures were recorded at 24 and 48h. Three series of trappings were performed to take into account seasonal variations. Various factors which could influence captures were included in a multivariate analysis. In total, 1272 Stomoxyinae (stable flies), 945 Tabanidae (horse flies) and 226 hippoboscids were caught. Among horse flies, *Atylotus agrestis* was the most abundant species; the others were *Tabanus gratus*, *T. taeniola* and *T. biguttatus*. The main three stable flies identified were *Stomoxys calcitrans*, *S. sitiens* and *S. niger*. Most of the hippoboscids identified belonged to the *Hippobosca camelina* species. The main factors which explained the variability of the captures were the type of trap, the season and the latitude. The Nzi trap was the most efficient trap to catch horse flies and stable flies. The best capture period was at the beginning of the dry season (November to January) for *Atylotus agrestis*, Stomoxyinae and Hippoboscids. *Tabanus gratus* was mainly captured at the end of the dry season (February to May) and during the rainy season (June to October), and *Tabanus taeniola* during the rainy season. The Hippoboscids were more frequently captured in the north of the study area and *T. gratus* and *T. taeniola* in the south. A correlation was found with both trap types between the number of biting insects caught during the dry season and surra prevalence. The high prevalence of surra in transhumant herds could be explained by the cumulative effect of cattle in contact with (1) the peak of *A. agrestis* in the North at the end of the rainy season and at the beginning of the dry season and (2) biting insects present in the transhumant reception zone of the South (November to June). An explanation for the impact of surra on short-distance transhumant and semi-sedentary herds of the North might be found in the nature itself of the area, i.e. whether or not it allows populations of hematophagous insects to be maintained during the dry season.

**Key words:** *Camelus dromedarius* – *Trypanosoma evansi* – Vector – Chad.

**Resumen**

**Doutoum Abdesalam A., Delafosse A., Elsen P., Amsler-Delafosse S.** Vectores potenciales de *Trypanosoma evansi* en los dromedarios de Chad oriental

El Chad oriental es una región de cría del dromedario. La tripanosomosis por *Trypanosoma evansi* (o surra), enfermedad transmitida mecánicamente por diversos insectos hematofagos, se encuentra distribuida en esta zona y toca prioritariamente hatos trashumantes. Se realizó una encuesta entomológica en siete sitios representativos, con el fin de precisar la epidemiología de la enfermedad en esta zona. Cuatro sitios (Koukou Angarana y Djogori al Sur, Oum Chalouba y *ouaddi* Fira al Norte) fueron asociados con una fuerte prevalencia de la enfermedad y los tres otros (Abdi al Sur, Am sak y *ouaddi* Fama al Norte) se asociaron con una prevalencia baja. La encuesta se basó sobre la utilización de 15 trampas bicónicas de Challier-Laveissière y cinco trampas de Nzi, con colectas de datos a las 24 y 48 hrs. Se efectuaron tres series de caza con trampas, con el fin de tomar en cuenta las variaciones estacionales. En total, se capturaron 1272 estomoxis, 945 tabánidos y 226 hipobosques. La especie de tabánidos dominante fue *Atylotus agrestis*, las otras especies fueron *Tabanus gratus*, *Tabanus taeniola* y *Tabanus biguttatus*. La especie de estomoxis dominante fue *Stomoxys calcitrans*; las otras especies fueron *Stomoxys sitiens* y *Stomoxys niger*. La mayor parte de los hipobosques identificados pertenecieron a la especie *Hippobosca camelina*. La trampa Nzi demostró una mayor eficiencia para la captura de los tabánidos y de las estomoxis. Los tabánidos y los hipobosques fueron capturados sobre todo durante la estación seca y fría (de noviembre a enero) y las estomoxis durante la estación seca y caliente (febrero a mayo). Los tabánidos fueron capturados en mayor cantidad en tres sitios asociados con una fuerte prevalencia de surra (Koukou Angarana, Djogori y *ouaddi* Fira), las estomoxis en dos sitios asociados con la enfermedad (Koukou Angarana y Oum Chalouba) y en un sitio en donde la prevalencia fue baja (Abdi). Los hipobosques fueron principalmente capturados en el Norte, en dos sitios asociados con una fuerte prevalencia de surra (*ouaddi* Fira y Oum Chalouba) y en un sitio en donde la prevalencia fue baja (*ouaddi* Fama). Se notó una correlación entre la cantidad de insectos picadores capturados en estación seca y la prevalencia de surra. La elevada prevalencia de la enfermedad en los hatos trashumantes parece explicarse por un efecto acumulativo, los animales están en contacto con el pico de *Atylotus agrestis* en el Norte al inicio de la estación seca y con una fauna entomológica de picadores que se mantiene en las zonas de recepción en el Sur (noviembre a junio). Para los pequeños trashumantes y los semi sedentarios del Norte, el impacto de la surra se debe a la naturaleza de la zona frecuentada, permitiendo esta, o no, el mantenimiento de poblaciones de insectos hematofagos durante la estación seca.

**Palabras clave:** *Camelus dromedarius* – *Trypanosoma evansi* – Vector – Chad.

# Fasciolose bovine à Cuba. Etude rétrospective à l'abattage et analyse des pertes par saisie de foies

L. Reinaldo González<sup>1</sup> M. Pérez Ruano<sup>2\*</sup> S. Brito<sup>3</sup>

## Mots-clés

Bovin – *Fasciola hepatica* –  
Fasciolose – Perte – Cuba.

## Résumé

La fasciolose bovine est une maladie parasitaire majeure à Cuba. L'objectif de ce travail a été de réaliser une étude rétrospective de la maladie provoquée par *Fasciola hepatica*, avec une analyse économique des pertes provoquées par les saisies de foies. Les données ont été collectées entre 1994 et 1997. Une analyse de variance par classification multiple a été réalisée. En conclusion, 1997 fut une année record avec 31 p. 100 des foies saisis. Certains mois et certains élevages ainsi que la catégorie « vache » furent plus atteints que d'autres. Il est recommandé de quantifier les principales pertes provoquées par la fasciolose sur la production de lait, de viande et sur les dépenses en antiparasitaires.

## ■ INTRODUCTION

La fasciolose bovine est une maladie parasitaire caractérisée par une évolution subaiguë ou chronique provoquant des altérations hépatiques, qui évoluent en désordres métaboliques, de l'anémie et une émaciation progressive, avec une diminution de la production laitière et finalement la mort dans la majorité des cas (3, 15). De nombreux pays signalent un impact important de la maladie, direct (mortalité) (11) ou indirect (diminution de la production laitière, amaigrissement ou fatigue diminuant la capacité de traction) (7). Il s'agit, de plus, d'une zoonose dans de nombreux pays (9, 10, 26). A Cuba pendant les années 1968-1970, les pertes en foies se sont élevées à 5 102 570 livres (2 347 628 kg) pour une valeur de 2 551 285 US\$ (16). Actuellement, la maladie garde un impact majeur en grande partie par manque d'antiparasitaires et de molluscicides ainsi qu'à cause d'autres difficultés qui persistent dans le programme de contrôle (4, 29). Les méthodes de diagnostic ont beaucoup progressé notamment l'immunodiagnostic (8, 13, 14). Cependant, les méthodes de contrôle n'ont pas progressé aussi vite même si cette maladie est considérée comme un problème sanitaire

et économique national (29). Afin de mieux connaître l'épidémiologie et les pertes économiques dues à la fasciolose, les auteurs ont entrepris une étude rétrospective à l'abattage ainsi qu'une analyse économique des pertes par saisies de foies.

## ■ MATERIEL ET METHODES

Les informations statistiques des abattoirs (Ciro Redondo, Antonio Maceo et Hermanos Arafet), de l'Industrie alimentaire de La Havane, où les bovins ont été sacrifiés chaque mois de 1994 à 1997, ont été analysées.

Les données suivantes ont été collectées : le nombre total de bovins Holstein (25 p. 100) ou Holstein x zébu (75 p. 100) abattus dans chaque catégorie, en accord avec la classification internationale ; l'élevage d'origine des animaux ; et l'année, mois, nombre de foies saisis totalement ou partiellement.

Les élevages concernés ont été ceux de Bacuranao (BAC), Babinéy (BAB), Los Najanjós (LN), Niña Bonita (NB), Genética del Este (GE), Genética del Oeste (GO), Guaycanamar (G), Valle del Perù (VP), Sureste (SE), XX Aniversario (XXA), Villena-Revolución (VR) et Nazareno (N), ainsi que d'autres entités (O).

Trois index ont été calculés : le taux de prévalence des infestations, c'est-à-dire, le nombre de foies parasités par *F. hepatica* par le nombre de foies examinés (Iafect) ; l'index de foies saisis, c'est-à-dire, le nombre de foies saisis totalement par le nombre de foies examinés (Idecom) ; l'index de foies récupérés, c'est-à-dire, le nombre de foies saisis partiellement par le nombre de foies examinés (Irecup).

1. Asociación Cubana para la Protección de Animales y Plantas (ANIPLANT), Diplomante adjunto Dirección de Salud y Producción Animal, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, Cuba

2. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, Apartado 10, San José de las Lajas, La Habana, Cuba

3. Empresa Pecuaria Bacuranao, MINAGRI, La Habana, Cuba

\* E-mail : migperez@censa.edu.cu

L'infestation a été déterminée par l'inspection et l'incision des foies au moment de l'abattage.

Une analyse de variance à quatre facteurs a été appliquée à ces index afin de connaître l'influence des quatre variables (année, mois, élevage et catégorie d'animaux).

L'analyse économique a été réalisée en considérant le poids moyen de 4 kg pour les foies saisis complètement et de 1 kg pour les foies récupérés (30). Le prix officiel du kilogramme de foie a été obtenu auprès du Minagri (20).

■ RESULTATS ET DISCUSSION

La figure 1 représente l'évolution des pertes en foies selon les années. On observe une augmentation de la prévalence (Iafect) ( $p < 0,01$ ) des cas en 1997, sans doute en raison de la crise économique qui a entraîné une diminution dans la fourniture d'antiparasitaires (29). Au Chili (6), les infestations supérieures à celles observées à Cuba sont attribuées à la réduction des ressources pour l'élevage. Un autre facteur à considérer est le manque de molluscicides favorisant le développement des populations d'hôtes intermédiaires, mollusques du genre *Fossaria* (2, 25). Plusieurs auteurs (18, 27) ont établi que certaines années les conditions de température et d'humidité favorisent le développement du mollusque et donc la fasciolose. Cela n'a pas été le cas dans la présente étude. Le contrôle de la fasciolose requiert plus qu'un simple déparasitage ou l'application des molluscicides, mais un ensemble de mesures (28).

La figure 2 représente l'évolution mensuelle des pertes par saisies de foies : un pic des index Iafect et Irecup est apparu nettement en avril et en mai. D'autres auteurs ont également remarqué un pic en mai et en juillet (16). Dans le cas de l'Iafect, seuls janvier, février et juillet ont présenté une différence statistiquement significative ( $p < 0,01$ ) avec avril et mai ; le taux d'infestation a varié de 24 à 32 p. 100 des animaux abattus. Les cas de fasciolose ont été observés pratiquement toute l'année avec des variations mensuelles limitées, ce qui s'explique par le caractère chronique de la maladie (3, 15), avec des variations dues aux nouveaux cas (17). En juillet, les index Idecom et Irecup ont été très proches, indiquant que près

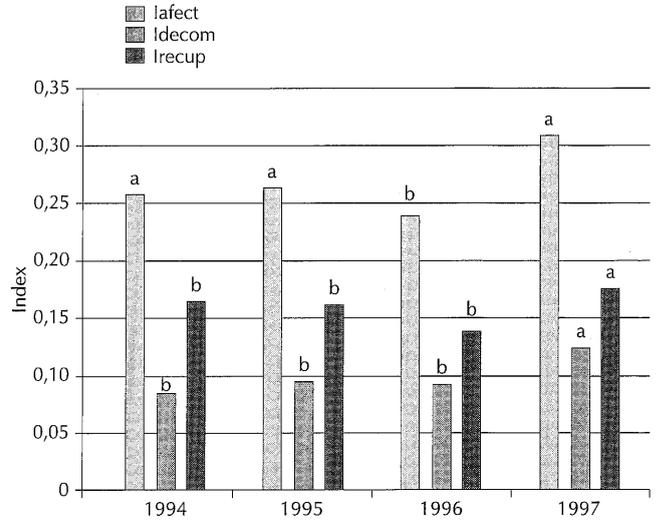


Figure 1 : évaluation des index Iafect, Idecom et Irecup de 1994 à 1997 ; a, b : les chiffres pour chaque index sont significativement différents ( $p \leq 0,01$ ).

de 50 p. 100 des foies avaient été saisis complètement, à l'inverse de ce que certains auteurs ont observé (12). En période pluvieuse, la prévalence de *F. hepatica* double, entraînant des pertes supérieures (22).

L'évolution des pertes en fonction de l'élevage d'origine est présentée dans la figure 3, avec peu de différences entre eux. Certains élevages (Bacuranao, Genética del Oeste et XX Aniversario) ont présenté le plus grand nombre de foies affectés (Iafect) ( $p < 0,01$ ), sans doute en raison de leur topographie. Par exemple, l'élevage Bacuranao comporte de nombreuses pâtures en zone basse, avec des sols peu perméables, un pH légèrement acide et un bon régime de pluies, permettant une prolifération du mollusque hôte intermédiaire (5, 19, 20). En moyenne les élevages ont présenté des taux d'infestation de 23 à 31 p. 100.

La figure 4 présente les pertes par catégorie animale, montrant que les pertes sont directement proportionnelles à l'âge de l'animal.

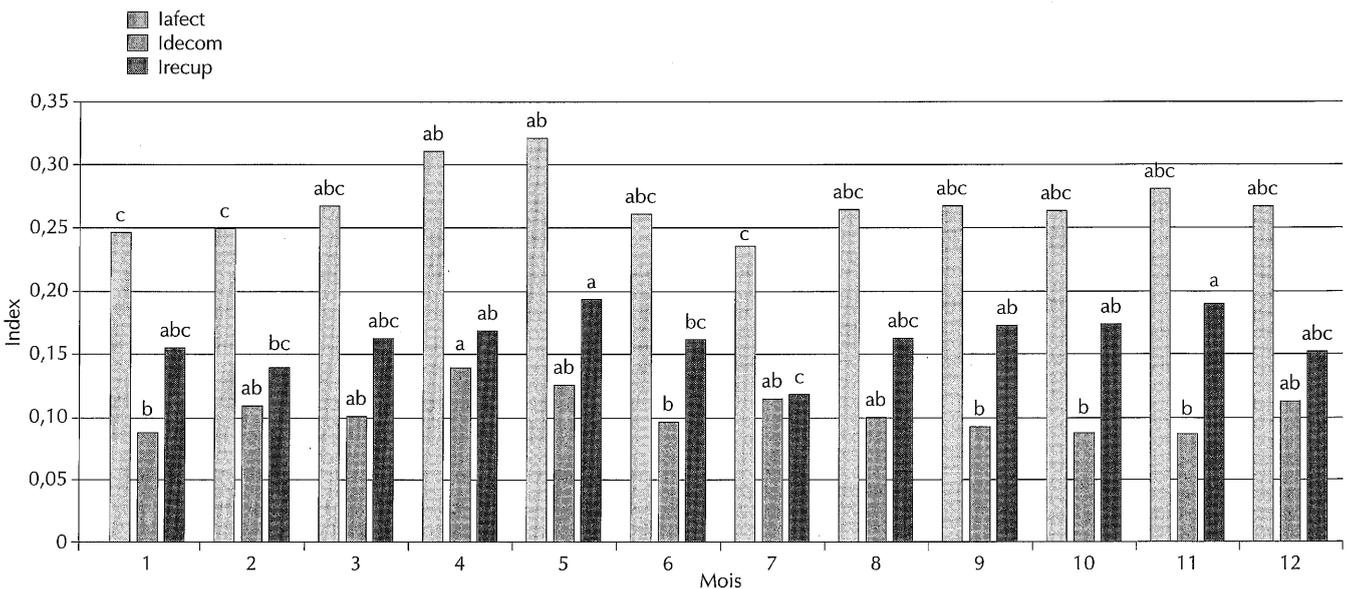


Figure 2 : évolution mensuelle des index Iafect, Idecom et Irecup ; a, b, c : les chiffres pour chaque index avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différents ( $p \leq 0,05$ ).

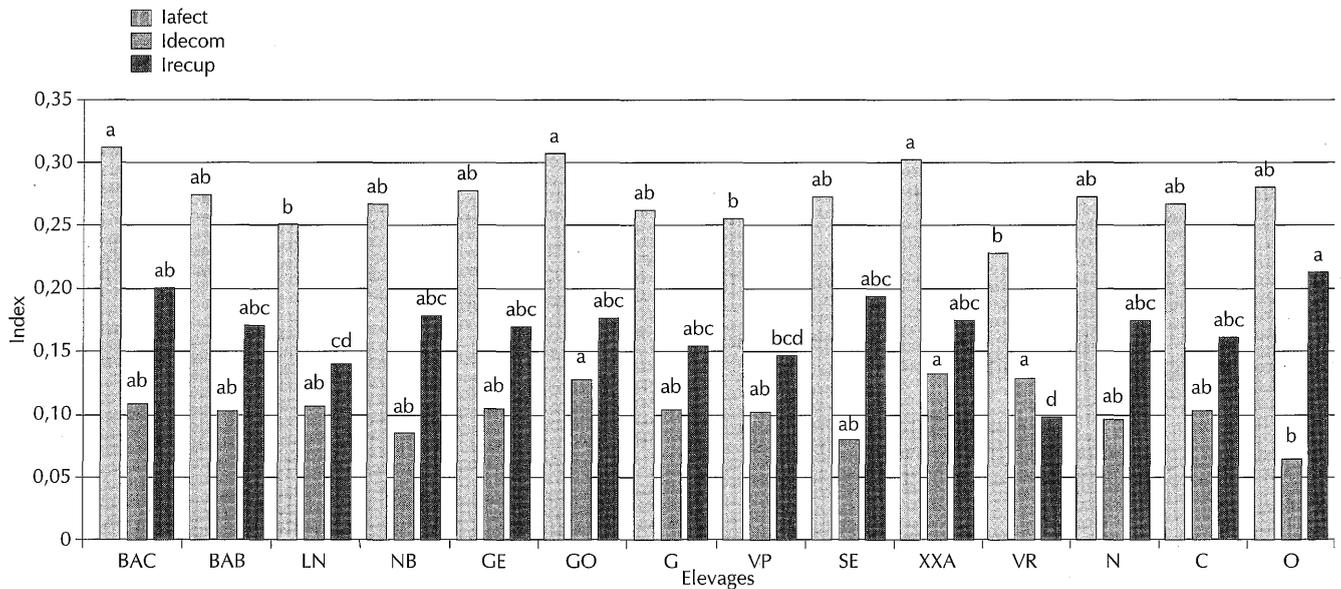


Figure 3 : évolution des index lafect, Idecom et Irecup par élevage d'origine ; a, b, c, d : les chiffres pour chaque index sont significativement différents ( $p \leq 0,01$ ).

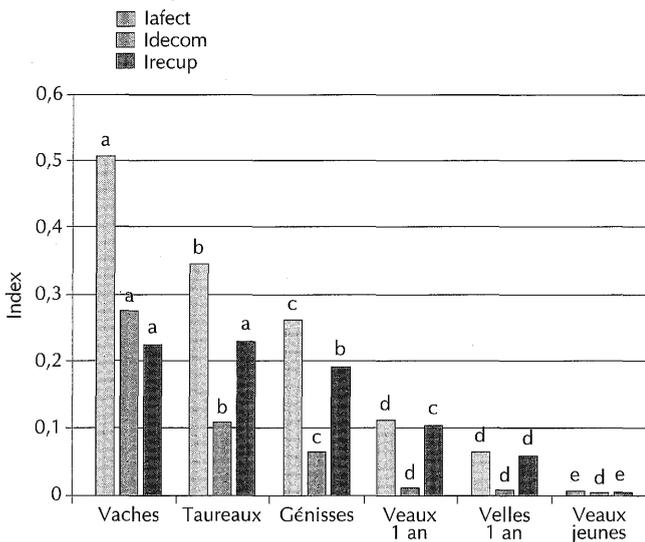


Figure 4 : évolution des index lafect, Idecom et Irecup par catégorie d'animaux ; a, b, c, d, e : les chiffres pour chaque index sont significativement différents ( $p \leq 0,01$ ).

Tableau I

Pertes en foies exprimées en poids et en coût dans les trois abattoirs de 1994 à 1997

Saisies	Foies	Total (kg)	Valeur (US\$)
Totales	12 457	34 232	89 003
Partielles	8 558	12 457	32 388
Total	21 015	46 689	121 391

Dans le tableau I figurent les pertes causées par la fasciolose, exprimées en poids et en coût, rapportées dans les saisies des trois abattoirs.

Les vaches ont été les plus affectées (plus de 50 p. 100) avec 28 p. 100 de foies totalement saisis et 23 p. 100 partiellement ; ces résultats sont comparables à ceux obtenus au Mexique (23). Cependant, les travaux réalisés à Cuba indiquent une plus grande fréquence de cas parmi les génisses et bovins âgés d'un an (22) ; le même auteur, en accord avec le présent travail, précise que la maladie n'intervient pas avant six mois, âge où les animaux sont mis au pâturage et rentrent en contact avec les métacercaires (1). L'absence de différence significative entre animaux âgés d'un an montrerait que le sexe n'exerce pas d'influence sur le montant des pertes.

CONCLUSION

Les pertes ont été élevées, semblables à celles rapportées par d'autres auteurs qui font de la fasciolose une des parasitoses majeures en climat tropical (12, 24). La lutte devra être organisée et planifiée pour diminuer l'incidence de cette maladie.

BIBLIOGRAPHIE

- ALONSO M., 1990. Salud del bovino adulto y su repercusión en la producción animal. La Habana, Cuba, Ed. Soc. Parasitología, Consejo Científico Veterinario, p. 24.
- ANTONIOV M., TSELENTIS Y., BABALIS T., GIKAS A., TTRATIGASKIS N., VLACHONIKOLIS Y., KAFATOS A., FIORETOS A., 1995. The seroprevalence of ten zoonoses in two villages of Crete, Greece. *Eur. J. Epidemiol.*, 11: 415-423.
- BLOOD D.C., RADOSTISTS O.M., 1989. *Veterinary Medicine*, 7th Ed. London, UK, Bailliere Tindall, p. 1023-1029.
- Boletín Estadístico del Instituto de Medicina Veterinaria, 1997. La Habana, Cuba, IMV.
- BRITO S., 1997. Informe preliminar sobre la distomatosis hepática durante 1997 en la Empresa Pecuaria Bacuranao. La Habana, Cuba, MINAGRI.
- BUSTAMANTE M., 1995. Elaboración de un método predictivo de riesgo para el control de la fasciolosis bovina en la VII región central de Chile. En: *Memorias IV Congreso nac. cienc. vet.*, La Habana, Cuba, p. 63.

7. CLERY D., TORGERSON P., MULKANY G., 1996. Immune response of chronically infected adult cattle to *Fasciola hepatica*. *Vet. Parasitol.*, **62**: 71-82.
8. DUMENIGO B.E., ESPINO A.M., FINLAY C.M., 1996. Detection of *Fasciola hepatica* antigen in cattle faeces by a monoclonal antibody-based sandwich immunoassay. *Res. vet. Sci.*, **60**: 278-279.
9. GONZALEZ J.E., 1995. Evaluación económica de la fasciolosis en la provincia Sancti Spiritus y valoración económica de las pérdidas ocasionadas. En: Memorias IV Congreso nac. cienc. vet., La Habana, Cuba, p. 70.
10. HAN J.K., CHOI B.Y., HAN B.C., 1996. Human fasciolosis. *Trop. Med. int. Health*, **1**: 367-372.
11. HARRISON L.J., HAMMOND J.A., SEWELL M.M., 1996. Studies on helminthosis at the Centre for Tropical Veterinary Medicine. *Trop. Anim. Health Prod.*, **28**: 23-39.
12. JIMENEZ G.A., 1986. Pérdidas económicas por decomiso de hígados parasitados por *Fasciola hepatica* en el rastro municipal de Cuernavaca, Morelos. En el período comprendido de junio 1984 hasta junio de 1985. *Vet. México*, **17**: 318.
13. LARRAMENDY R., PEDROSO M., GONZALEZ M., MESA J.J., 1986. Hemoaglutinación pasiva e inmunofluorescencia indirecta para el diagnóstico de la fasciolosis bovina. *Rev. Salud Anim.*, **8**: 199-200.
14. LARRAMENDY R., PEDROSO M., MESA J.J., 1985. Detección de anticuerpos a *Fasciola hepatica* en terneros infestados experimentalmente. *Rev. Salud Anim.*, **7**: 131-140.
15. MARTINEZ A., JIMENEZ V., MARTINEZ M.S., MARTINEZ F.J., BÉCERRA C., HERNANDEZ S., 1997. Triclabendazole treatment in experimental goat fasciolosis. Anthelmintic efficacy and influence in antibody response and pathophysiology of the disease. *Vet. Parasitol.*, **68**: 57-67.
16. MAURI M., 1972. Epizootiología de la fasciolosis en las condiciones de Cuba. Tesis Doct., CENSA, La Habana, Cuba.
17. MAURI M., GONZALEZ R., 1985. Comportamiento de la fasciolosis bovina en la zona centro-oeste de la provincia de la Habana en el quinquenio 1980-1984. *Rev. Cubana Cienc. vet.*, **20**: 143-154.
18. MAURI M., MITTERPAK J., 1980. Partenogénia de *Fasciola hepatica* (Linneo, 1758) en las condiciones de Cuba. *Rev. Cubana Cienc. vet.*, **11**: 161-164.
19. MELCON R., PEREIRA G., 1993. Influencia de algunos factores bióticos y abióticos en la abundancia y dinámica de la población de *Fossaria cubensis* en varias localidades. En: Memorias IV Congreso cubano de microbiología y parasitología. La Habana, Cuba, Instituto Pedro Koury, p. 21.
20. MINAGRI, 1998. Listado oficial de precios. La Habana, Cuba, MINAGRI, Dpto Económico, subdirección de ventas.
21. PARETAS J.J., 1990. Ecosistemas y regionalización de los pastos en Cuba. La Habana, Cuba, MINAGRI, IIPF.
22. PERCEDO M.I., 1988. Pesquisa coprológica para *Fasciola hepatica* en bovinos jóvenes bajo condiciones semi-intensivas de producción. Monografía. La Habana, Cuba, IMV.
23. QUIROZ H., IBARRA F., VERA Y., 1988. Eficacia del Triclabendazole contra formas inmaduras de *Fasciola hepatica* y la ganancia en peso en bovinos. *Vet. México*, **19**: 29-33.
24. RANGEL J.L., MARTINEZ E., 1994. Pérdidas económicas por decomisos de hígados y distribución geográfica de la fasciolosis bovina en el estado de Tabasco, México. *Vet. México*, **25**: 327-331.
25. ROGNLIE M.C., DIMKE K.L., POTTS R.S., KNAPP S.E., 1996. Seasonal transmission of *Fasciola hepatica* in Montana, USA. Detection of infected intermediate host using a DNA-based assay. *Vet. parasitol.*, **65**: 297-305.
26. SAMPAIO M.L., DA COSTA J.M., PIRES M.A., LOPEZ S.A., CASTRO A.M., MONJOUR L., 1996. Antigenic components of excretory-secretory products of adult *Fasciola hepatica* recognized in human infections. *Am. J. trop. Med. Hyg.*, **54**: 146-148.
27. SANDOVAL E., MEDINA R., ALFONSO S., 1989 Prevalencia de la distomatosis hepática en cuatro unidades agroecológicas del bajo Tocuyo. Estado de Falcón, Venezuela. *Vet. Trop.*, **14**: 43-51.
28. SEITZ H.M., 1995. Parasitic diseases of the liver. *Verh. Dtsch Ges. Pathol.*, **79**: 241-248.
29. SERRANO E., 1997. Convocatoria del programa ramal de medicina veterinaria del MINAGRI, CENSA-IMV. La Habana, Cuba, MINAGRI, CENSA-IMV.
30. VALDES J.A., CASTILLO B., SALVADOR W., 1997. Análisis de las pérdidas económicas ocasionadas por fasciolosis en el ganado bovino de la provincia Pinar del Río, IMV. Pinar del Río. *Rev. Cubana Cienc. vet.*

Reçu le 08.09.2000, accepté le 21.11.2002

## Summary

**Reinaldo González L., Pérez Ruano M., Brito S.** Bovine Fasciolosis in Cuba: Retrospective Study at Slaughter and Economical Losses Assessed from Liver Condemnation

Bovine fasciolosis is a major parasitic disease in Cuba. The aim of this retrospective study on the disease caused by *Fasciola hepatica* was to analyze economical losses resulting from liver condemnation. Data were collected between 1994 and 1997. An analysis of variance by multiple classifications was performed. In conclusion, 1997 was a record-year with 31% liver condemnation. Some months, some farms as well as the category "cow" were more affected than others. It is recommended to quantify the main losses caused by fasciolosis in terms of milk production, meat, and antiparasitic products expenses.

**Key words:** Cattle – *Fasciola hepatica* – Fasciolosis – Loss – Cuba.

## Resumen

**Reinaldo González L., Pérez Ruano M., Brito S.** Fasciolosis bovina en Cuba. Estudio retrospectivo en matadero y análisis de las pérdidas por retiro de los hígados

La fasciolosis bovina es una enfermedad parasitaria importante en Cuba. El objetivo del presente trabajo fue de realizar un estudio retrospectivo de la enfermedad provocada por la *Fasciola hepatica*, con un análisis económico de las pérdidas provocadas por el retiro de los hígados. Los datos se colectaron entre 1994 y 1997. Se realizó un análisis de varianza por clasificación múltiple. En conclusión, 1997 fue un año record con 31% de hígados retirados. Algunos meses, así como algunos establecimientos y la categoría "vaca" fueron más afectados que otros. Se recomienda cuantificar las principales pérdidas provocadas por la fasciolosis sobre la producción de leche, carne y sobre los gastos en anti parasitarios.

**Palabras clave:** Ganado bovino – *Fasciola hepatica* – Fasciolosis – Perdida – Cuba.

# Effect of Injectable Moxidectin Treatment of Cattle on Prevalence and Strongyle Egg Output under Communal Grazing Management in Uganda

J.W. Magona<sup>1\*</sup> G. Musisi<sup>1</sup>

## Key words

Cattle – *Nematoda* – Moxidectin – Pastures – Uganda.

## Summary

The effect of moxidectin on the prevalence of nematode infection in cattle, fecal egg output and pasture contamination of common pastures was assessed in Tororo district, Uganda. In the first experiment, a treated and an untreated group of 40 head of cattle each were monitored for a period of 12 weeks, while in the second experiment a treated and an untreated group of 30 head of cattle each were monitored for seven months. In the first experiment, the prevalence of nematode infections and mean fecal egg count (FEC) of the treated group remained significantly ( $P < 0.05$ ) lower than that of the untreated group from day 7 to 84. In the second experiment, strategic treatments initially led to 100% reduction of FEC in the treated cattle as compared to 82% in the untreated one. Thereafter, mean FEC in the treated cattle remained below 60 for six months, while that in the untreated cattle fluctuated between 63 and 400, depending on the amount of rainfall. In addition, contamination with infective larvae on pasture of the treated cattle was significantly ( $P < 0.05$ ) lower than that of the untreated group during the wet season. Infestation with *Haemonchus* spp., *Bunostomum* spp., *Oesophagostomum* spp. and *Trichostrongylus* spp. was three-, five-, four- and two-fold lower, respectively, on pasture in treated than in untreated cattle. Moxidectin could be used in strategic parasite control under communal grazing management in tropical Africa by selective treatment of the most affected cattle age-groups during the middle and end of the wet season to reduce the level of pasture contamination.

## INTRODUCTION

Gastrointestinal nematode infections and fasciolosis in cattle are widespread in Uganda, especially under traditional management (2, 3, 5), and constrain cattle health and productivity. Control methods like control of pasture contamination through controlled grazing and routine treatment of cattle with anthelmintics most available to farmers in Uganda are limited by a number of factors. Use of controlled grazing is not feasible under the traditional communal grazing system where grazing areas are shared and yet no farmer takes charge of pasture management. Climatic conditions in Uganda favor continuous survival of helminth larvae on pastures of communal grazing areas, hence cattle are frequently

re-infected and need frequent dosing, which renders short duration anthelmintics costly to farmers. Under such circumstances, broad-spectrum anthelmintics with an extended antiparasitic activity such as moxidectin are desirable for farmers. Although the efficacy of moxidectin against nematode infections in cattle has been successfully evaluated in temperate regions (1, 8, 9), there are few reports on its efficacy in tropical Africa and none from Uganda. Therefore, a study was undertaken to evaluate the effect of the injectable moxidectin treatment of cattle on the prevalence and strongyle egg output under communal grazing management practice in Uganda.

## MATERIALS AND METHODS

The study was conducted during the dry season between November 1998 and March 1999 in Tororo district (Figure 1). The vegetation in Tororo district is composed of savannah grassland

1. Livestock Health Research Institute, PO Box 96, Tororo, Uganda

\* Author for correspondence

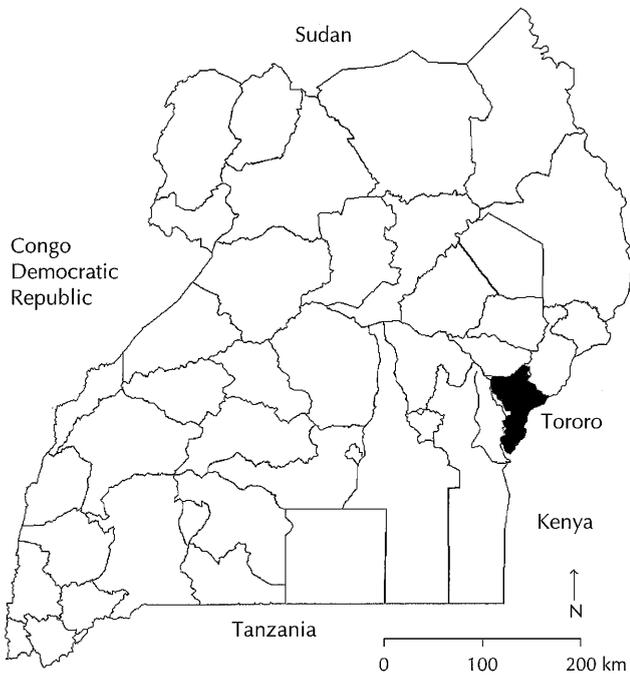


Figure 1: Map of Uganda showing Tororo district where the study area was located.

interspersed with *Lantana camara* shrubs. The district receives 1200-1500 mm rainfall annually. The rainfall is bimodal with two wet seasons (March-May and September-November) and two dry seasons (December-February and June-August). The area has a mean relative humidity of 65% and daily mean temperatures range between 15°C minimum and 27°C maximum.

Eighty zebu cattle aged 6-18 months kept under a communal grazing system and belonging to eight different herds were used in the experiment. The cattle were randomly allocated to a treatment (n = 40) and a control group (n = 40). Each herd had five treated and five control animals. On day 0 animals in the treated group were injected subcutaneously with 1% moxidectin (Cydectin®, Cyanad Animal health, UK) at a dose rate of 0.2 mg/kg, while control animals were left untreated. Fecal samples were taken from animals of both groups on day 0 and every 7 days thereafter until day 84. During sampling, fecal samples were taken directly from the rectum and then each sample was placed in a separate plastic bag, clearly labeled with the eartag number of the individual animal before they were dispatched in a cool box to the laboratory for immediate examination. Fecal egg counts were made on each sample using the modified McMaster technique method accurate to 50 eggs per gram of feces (7), with nematode eggs classified as strongyle-type. The suppression effect of moxidectin was assessed by comparing the mean fecal egg count and prevalence of nematode infection of the treated cattle to those of the untreated cattle grazing on common pastures.

■ RESULTS AND DISCUSSION

Over 88% of the 80 cattle used in the first experiment secreted strongyle worm eggs before treatment. From the findings of the present study, nematode infections in treated cattle were cleared by day 7 posttreatment and the animals remained free of infection until day 56. Though re-infection appeared by day 56, the prevalence of nematode infection in treated cattle remained significantly (P < 0.05) lower than that in untreated cattle until

day 84 (Figure 2). Likewise mean fecal egg counts of the treated group dropped to zero by day 7 posttreatment and remained at that level until day 56 posttreatment (Figure 3). After re-infection of treated cattle between day 56 and 84, the mean fecal egg count of treated cattle remained significantly (P < 0.05) lower than that of untreated cattle.

In this study, moxidectin suppressed the prevalence of nematode infections and fecal egg output in cattle under communal grazing management for 11 weeks during the dry season. In other studies, injectable moxidectin has been reported to have an efficacy of 98.9% seven days after dosing, then to gradually decrease to

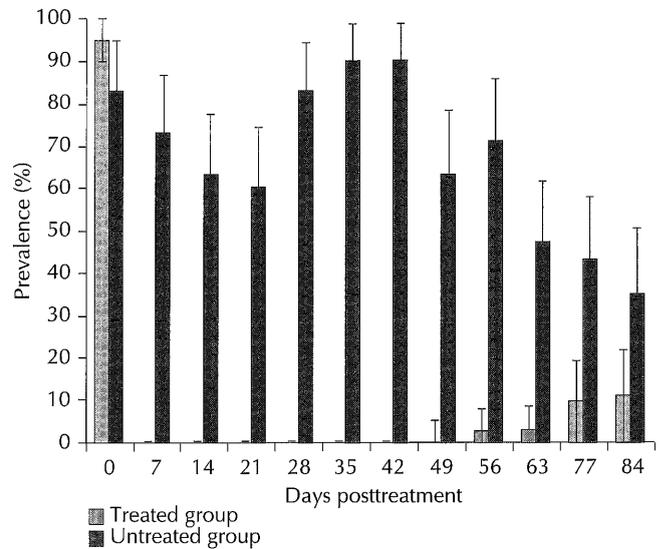


Figure 2: Prevalence of nematode infections in moxidectin-treated and untreated cattle grazing on communal pastures in Tororo district, Uganda, 1999.

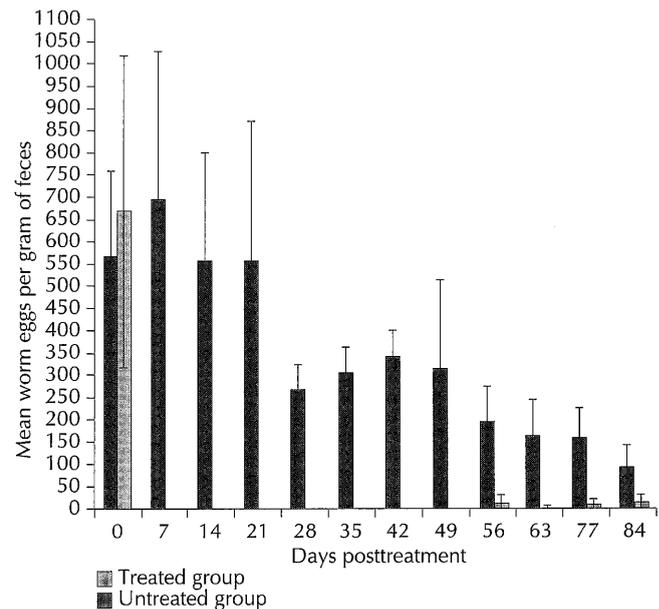


Figure 3: Mean fecal egg counts of moxidectin-treated and untreated cattle grazing on communal pastures in Tororo district, Uganda, 1999.

52.4% after 28 days (6). In this study, injectable moxidectin maintained over 90% efficacy for 11 weeks, contrary to other studies that revealed a persistence of six weeks (1, 8, 9). This long period of suppression of nematode infections in cattle by moxidectin treatment has been attributed to its deterrent effect on the build-up of infective larvae on pasture, a probable effect of macrocyclic lactones on worm fecundity or host immunity (4). Moxidectin is almost exclusively sequestered in fat, where it is only slightly metabolized and has a half-life of 12 to 14 days (6), other factors, such as treated groups having had low exposure to infections due to the dry season, could have been responsible for the reductions in fecal egg counts observed 84 days posttreatment (4). Treatment of cattle during the dry period when there is nutritional stress would reduce the effect of eggs per gram, fecal egg counts and subsequent pasture contamination with parasite eggs at the onset of the next wet season. Such treatment would include dosing livestock immediately after long and after short rains.

These findings showed that moxidectin was effective against *Strongyloides* spp., *Haemonchus* spp., *Trichostrongylus* spp., *Bunostomum* spp., *Oesophagostomum* spp. and *Cooperia* spp., which are the common nematode genera found on pastures in Tororo district (2).

## ■ CONCLUSION

The long antiparasitic activity of moxidectin makes it suitable for a sustained control of nematode infections in cattle in tropical Africa, especially for farmers practicing communal grazing management under which use of controlled grazing is impractical and repeated use of short duration anthelmintics is prohibitively expensive. Moxidectin could be used in strategic prophylactic parasite control by selective treatment of the most affected cattle age-groups, such as postweaning young, during the dry season to reduce the level of pasture contamination.

## Acknowledgments

We thank Mr Joseph Muboli for his technical assistance during this study. This project received funding from the Agricultural Research and Training Programme (ARTP) of the National Agricultural Research Organisation (NARO) of Uganda. This paper is published with the permission of the Director of LIRI.

## REFERENCES

1. EYSKER M., ELLERS C., 1995. Persistence of the effect of a moxidectin pour-on against naturally acquired cattle nematodes. *Vet. Rec.*, **137**: 457-480.
2. MAGONA J.W., MUSISI G., 1998. Development of a strategic control method for helminthosis in cattle under communal grazing. *Uganda J. agric. Sci.*
3. MAGONA J.W., OLAHO-MUKANI W., MUSISI G., WALUBENGO J., 1999. Bovine *Fasciola* infection survey in Uganda. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **47**: 49-56.
4. MEEUS P.F.M., DE BONT J., VERCRUYSE J., 1997. Comparison of the persistent activity of ivermectin, abamectin and moxidectin in cattle Zambia. *Vet. Parasitol.*, **70**: 219-224.
5. SAUVAGE J.P., BROWN J.R.H., PARKINSON J.G., ROSSITER P.B., MCGOVERN P.T., 1974. Helminthiasis in cattle in the Ankole district of Uganda. *Br. vet. J.*, **130**: 120.
6. TAYLOR S.M., KENNY J., EDGAR H., 1993. Comparison of the efficacy of injectable and topical moxidectin for the reduction of fecal egg counts in cattle. *Vet. Rec.*, **133**: 216-217.
7. THIENPOINT D., ROCHETTE F., VANPARIJS O.F.J., 1979. Diagnosis of verminosis by coprological examinations. Beerse, Belgium, Janssen Research Foundation.
8. WILLIAMS J.C., BROUSSARD S.C., WANG G.T., 1996. Efficacy of moxidectin pour-on against gastrointestinal nematodes and *Dictyocaulus viviparus* in cattle. *Vet. Parasitol.*, **64**: 277-283.
9. VERCRUYSE J., CLAERBOUT E., DORNY P., DEMEULENAERE E., 1997. Persistence of the efficacy of pour-on and injectable moxidectin against *Ostertagia ostertagi* and *Dictyocaulus viviparus* in experimentally infected cattle. *Vet. Rec.*, **140**: 64-66.

Reçu le 27.02.2001, accepté le 10.12.2002

**Résumé**

**Magona J.W., Musisi G.** Effet de traitement par injection de moxidectine sur la prévalence et la production d'œufs de strongles chez des bovins dans un système de pâturage communal en Ouganda

L'effet de la moxidectine sur la prévalence des infections par les nématodes chez les bovins, ainsi que sur la production d'œufs des fèces et la contamination sur des pâturages collectifs a été évalué dans le district de Tororo en Ouganda. Dans le premier essai, un groupe traité et un autre non traité de 40 bovins chacun ont été suivis pendant une période de 12 semaines, alors que dans le deuxième essai un groupe traité et un autre non traité de 30 bovins chacun ont été suivis pendant sept mois. Dans le premier essai, la prévalence d'infection par les nématodes ainsi que le nombre moyen d'œufs des fèces du groupe traité sont restés significativement ( $p < 0,05$ ) moins importants que ceux du groupe non traité du 7<sup>e</sup> au 84<sup>e</sup> jour. Dans le deuxième essai, les traitements stratégiques ont d'abord entraîné une réduction du nombre d'œufs de 100 p. 100 chez les bovins traités, alors que cette réduction a été de 82 p. 100 chez les bovins non traités. Par la suite, le nombre moyen d'œufs des fèces du groupe traité est resté en dessous de 60 pendant six mois, alors que celui du groupe non traité a fluctué en fonction de la pluviométrie entre 63 et 400. De plus, la contamination au pâturage par des larves infestantes des bovins traités a été significativement ( $p < 0,05$ ) plus faible que celle du groupe non traité pendant la saison humide. Les infestations au pâturage par *Haemonchus* spp., *Bunostomum* spp., *Oesophagostomum* spp. et *Trichostrongylus* spp. ont été respectivement trois fois, cinq fois, quatre fois et deux fois moins importantes chez les bovins traités que chez les bovins non traités. La moxidectine pourrait être utilisée dans la lutte stratégique contre les parasites dans les conditions de gestion communale des pâturages en Afrique tropicale par le traitement sélectif des groupes d'âges de bovins les plus affectés à la mi- et à la fin de la saison des pluies pour réduire la contamination au pâturage.

**Mots-clés :** Bovin – *Nematoda* – Moxidectine – Pâturages – Ouganda.

**Resumen**

**Magona J.W., Musisi G.** Efecto del tratamiento con moxidectina inyectable en ganado sobre la prevalencia de huevos de estróngilos

Se estudió el efecto de la moxidectina sobre la prevalencia de la infección por nemátodos en ganado, producción de huevos en heces y contaminación del pasto en pastos comunales en el distrito de Tororo, Uganda. Durante el primer experimento, se siguió un grupo tratado y un grupo no tratado de 40 cabezas de ganado cada uno, durante un período de 12 semanas, mientras que durante el segundo experimento se siguió un grupo tratado y uno no tratado, de 30 cabezas cada uno durante siete meses. En el primer experimento, la prevalencia de infecciones por nemátodos y el conteo promedio de huevos en heces (FEC) en el grupo tratado se mantuvo significativamente ( $P < 0,05$ ) más bajo que en el grupo no tratado, desde el día 7 al 84. En el segundo experimento, los tratamientos estratégicos llevaron inicialmente a una reducción del 100% de FEC en el ganado tratado, en comparación con 82% en el no tratado. Por otro lado, la FEC promedio en el ganado tratado se mantuvo bajo 60 durante seis meses, mientras que en el ganado no tratado fluctuó entre 63 y 400, según la cantidad de lluvia. Además, la contaminación con larvas infectivas en el pasto del ganado tratado fue significativamente ( $P < 0,05$ ) más baja que en el grupo no tratado durante la estación húmeda. La infestación por *Haemonchus* spp., *Bunostomum* spp., *Oesophagostomum* spp. y *Trichostrongylus* spp. fue tres-, cinco-, cuatro- y dos- veces más baja, respectivamente, en los pastos del ganado tratado que en los del no tratado. La moxidectina podría ser utilizada para el control estratégico de los parásitos bajo manejo de pastoreo comunal en África tropical, mediante tratamiento selectivo de los grupos de edad afectados durante la mitad y el fin de la estación húmeda con el fin de reducir el nivel de contaminación de los pastos.

**Palabras clave:** Ganado bovino – *Nematoda* – Moxidectin – Pastizales – Uganda.

# *Azelia africana* Smith ex Persoon dans le Nord-Cameroun. Etat actuel des peuplements et utilisation pastorale

J. Onana<sup>1\*</sup> J.-L. Devineau<sup>2</sup>

## Mots-clés

*Azelia africana* – Plante ligneuse –  
Plante fourragère – Plante d'abrou-  
tissement – Structure de la population –  
Régénération – Cameroun.

## Résumé

Après un bref rappel de l'importance des ligneux dans les bilans fourragers des systèmes d'élevage en zone semi-aride d'Afrique, une étude de la structure des populations d'*Azelia africana* (une des espèces les plus appréciées) a été abordée suivant un gradient de la pression pastorale. L'analyse des résultats a permis de distinguer trois groupes structuraux tous caractérisés par une tendance à la régénération des populations. Des itinéraires techniques de gestion ont été proposés en vue de pérenniser cette ressource menacée de disparition.

## ■ INTRODUCTION

Les savanes soudano-sahéliennes fournissent encore la majeure partie du fourrage consommé tant en milieu paysan que dans les centres urbains pour l'alimentation des ruminants domestiques. Si, au cours de la saison des pluies, l'herbe est abondante et de bonne qualité assurant ainsi une relative auto-suffisance alimentaire, au cours de la saison sèche, elle est réduite à l'état de paille sur pied lorsqu'elle n'est pas consommée par les feux de brousse. Pendant cette période, les ressources herbacées seules ne suffisent pas à assurer l'alimentation qualitative des animaux.

Le rôle important des espèces ligneuses dans les bilans fourragers des systèmes d'élevage des zones semi-arides d'Afrique (7, 11, 17) ainsi que les effets défavorables d'un fort recouvrement et d'une densité élevée sur le développement de la strate herbacée sont depuis longtemps signalés par plusieurs auteurs (3, 12). La végétation ligneuse concourt principalement au maintien du potentiel de

production des parcours. Elle subit actuellement une régression généralisée sous l'effet de la baisse constante des précipitations depuis les années soixante (5), de l'extension des surfaces cultivées (22), des systèmes d'élevage entraînant souvent la surexploitation de cette ressource et d'une demande urbaine en bois en augmentation rapide.

Dans le Nord-Cameroun, qui est limité au sud par la province de l'Adamaoua, en dehors des travaux généraux de phytogéographie (18), de malherbologie (16), des travaux plus spécifiques orientés vers l'utilisation pastorale des savanes ont été menés (20, 21, 22, 23) ou sont en cours. Il ressort de ces travaux qu'*Azelia africana* est l'une des espèces fourragères les plus utilisées de la région (23), d'où tout l'intérêt qui lui est accordé. La surexploitation de ce fourrage, associée à la rudesse du climat et aux feux de brousse très fréquents dans la région, affecte les possibilités de régénération de l'espèce. Le présent travail qui s'est inscrit dans le cadre général des « Etudes et amélioration des pâturages naturels » de l'Institut de recherches agricoles pour le développement (Irad) du Cameroun a eu pour but d'analyser l'état actuel des peuplements d'*Azelia africana* dans la province du Nord-Cameroun en relation avec la pression pastorale. L'objectif final a été de proposer des itinéraires techniques de gestion de cette espèce compatibles avec ses potentialités biologiques.

1. Institut de recherches agricoles pour le développement,  
Station polyvalente, BP 1073, Garoua, Cameroun

Tél. : +237 756 48 71 ; fax : +237 227 24 20

2. Antenne IRD, 01 BP 171, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

\* Auteur pour la correspondance

## ■ MATERIEL ET METHODES

### *Distribution géographique et importance d'Afzelia africana dans les systèmes d'élevage du Nord-Cameroun*

*Afzelia africana* est une légumineuse arborée de la famille des césalpiniaées pouvant atteindre 25-30 (voire 35) m de hauteur et 1 m de diamètre (1). Les fleurs sont regroupées en panicules à l'extrémité des rameaux de l'année. Son aire s'étend du Sénégal à l'Ouganda (1, 2) en passant par la République démocratique du Congo, jusqu'au Soudan (9). Au Cameroun, cette espèce est abondante dans le bassin de la Bénoué. Cette essence est connue localement sous les noms vernaculaires de Gila ou Ndela en Sara, Fao en Toupouri, Ngayodje en Fulfulde, Tagela en Sara Ngambaye. Les mêmes noms vernaculaires sont signalés pour les régions voisines du Tchad (8).

### *Milieu de l'étude*

L'étude a été menée dans une zone comprise entre 8-12° de latitude N et 12°30'-14° de longitude E. Le climat est de type soudano-sahélien avec deux saisons. Avril est le mois le plus chaud (32 °C). Les principales activités économiques de la région sont l'élevage et l'agriculture. Devant la diversité pédologique rencontrée dans la région, seules les stations sur sols ferrugineux qui couvrent la majeure partie de la zone ont été prospectées. Les relevés ont été réalisés dans le parc de la Bénoué et à Tchéboa (zone cynégétique de l'école de faune de Garoua), Sanguéré-Paul, Laendé Massa, Godé et Ngong.

### *Estimation de la pression pastorale*

L'élevage dans la zone de l'étude est de type extensif, ce qui expliquait la difficulté à obtenir la charge précise en bétail des pâturages sur lesquels le travail a été effectué. La pression pastorale a été estimée de façon indirecte en utilisant, premièrement, la densité de fèces de ruminants domestiques (DF), aussi bien de l'année que des années antérieures, qui a été divisée selon trois classes (classe 1 :  $DF \leq 1$  p. 100 ; classe 2 :  $1 < DF \leq 20$  p. 100 ; classe 3 :  $DF > 20$  p. 100) ; deuxièmement, trois classes ont également été considérées pour estimer la densité du piétinement (DP) (classe 1 :  $DP \leq 1$  p. 100 ; classe 2 :  $1 < DP \leq 50$  p. 100 ; classe 3 :  $DP > 50$  p. 100) ; et, troisièmement, les dégâts des animaux sur les plantes fourragères (DV) ont aussi été codés en trois classes [classe 1 pour les stations sur lesquelles la flore fourragère (herbacée comme ligneuse) a présenté très peu de traces de prélèvements ; classe 2 pour celles sur lesquelles ces traces ont porté sur moins de la moitié des plantes présentes ; classe 3 pour les stations sur lesquelles plus de 50 p. 100 des organes de végétaux fourragers à la portée des animaux ont présenté des traces de prélèvement].

Un indice de la pression pastorale apparente (IP) a été obtenu avec la somme de ces trois indices ( $IP = DF + DP + DV$ ) et a permis de classer les stations en trois catégories : stations non ou faiblement pâturées ( $IP \leq 3$ ), stations moyennement pâturées ( $3 < IP \leq 6$ ) et station surpâturées ( $IP > 6$ ).

### *Analyse de l'état actuel des populations*

L'analyse des populations ligneuses peut se réaliser autour des trois éléments suivants (6) :

- la répartition des individus en classes de taille ou de diamètre comme indicateur indirect du niveau d'équilibre des classes d'âge et comme témoin des phases vécues par la population en termes de perturbation ou de régénération ;
- le mauvais état général des peuplements ;

- l'intensité de la régénération, gage du renouvellement à terme de la population.

Vingt relevés de structures de populations ont été réalisés. Ils ont été codés par des caractères alpha-numériques composés de la première lettre du nom de la localité où ils ont été réalisés, soit B pour le parc de la Bénoué, T pour Tchéboa, S pour Sanguéré-Paul, M pour Laendé Massa, G pour Godé et N pour Ngong. Le numéro accompagnant la lettre indique le rang du relevé dans la série réalisée au cours de la campagne qui portait sur d'autres espèces comme *Prosopis africana*, *Terminalia laxiflora* et *Daniellia oliveri*.

La méthode de recensement utilisée a consisté à mesurer la circonférence du tronc à 80 cm de 150 pieds, au moins, voisins dans l'espace. Une marque a été faite à la machette sur les individus mesurés pour éviter une répétition. Toutes les plantules présentes dans les relevés ont également été dénombrées afin de mieux appréhender l'état de régénération de la population. La surface du relevé a été notée pour estimer la densité de la population. Toutes les données ont été ramenées à l'hectare afin de comparer les différentes populations par des analyses statistiques.

Dans la présente étude, seuls les individus vivants ont été pris en compte, l'analyse de la mortalité n'ayant pas été faite. Pour mieux comprendre le fonctionnement des populations d'*Afzelia africana*, des observations complémentaires sur la multiplication végétative de cette espèce ont été entreprises. Elles ont consisté à recenser le nombre de rejets par souche. Seule la circonférence du plus grand a été notée pour matérialiser l'individu. Des observations ont également été faites sur l'enracinement des plantules et des souches de petite circonférence en creusant autour de certaines d'entre elles jusqu'à l'extrémité du système racinaire. Cette opération a permis de déterminer l'origine caulinaire ou racinaire des rejets.

### *Traitement des données*

Les mesures de circonférences réalisées dans chaque relevé et ensuite ramenées à l'hectare ont été regroupées en huit classes (0-2, 2-4, 4-8, 8-16, 16-32, 32-64, 64-128, > 128 cm). Chaque classe admet uniquement la borne supérieure.

Pour mettre en évidence les principaux types de distribution des circonférences rencontrés sur l'ensemble des relevés structuraux, une analyse factorielle des correspondances (Afc) (25) a été réalisée sur un tableau de contingence comportant en lignes les classes de circonférences et en colonnes les relevés structuraux. La cohérence des regroupements des relevés obtenus à partir de l'Afc a été vérifiée en comparant l'allure de tous les histogrammes à l'intérieur d'un même groupe structural. Un histogramme moyen a été tracé pour chaque groupe. Les différentes courbes de tendances sur la distribution des individus dans les différentes classes de circonférences ont été comparées aux modèles théoriques élaborés pour des populations présentant une bonne régénération :  $Y = Y_0 X^{-n}$ .

## ■ RESULTATS

### *Analyses factorielles des correspondances*

Le tableau I donne les caractéristiques de chaque relevé du point de vue de la pression pastorale estimée à partir des densités des fèces et du piétinement, et des dégâts observés sur la flore fourragère.

L'examen des taux d'inertie et des valeurs propres des axes principaux obtenus à partir des analyses factorielles des correspondances (tableau II) montre que la quasi-totalité de l'information contenue dans le tableau de contingence relevés/classes de circonférences est extraite avec les trois premiers axes (respectivement 89,1 p. 100 et 0,639). Les deux premiers axes indiquent un taux d'inertie cumulé de 77,1 p. 100, ce qui est déjà en soi intéressant.

**Tableau I**

Estimation de la pression pastorale apparente dans les sites des relevés de structures de populations d'*Afzelia africana* à partir des densités de fèces et de piétinement, et des dégâts sur la flore fourragère

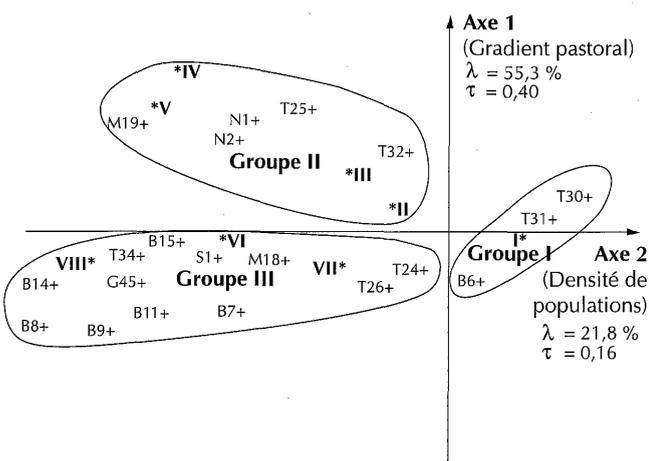
Relevé	Classe de facteurs			IP
	DF	DP	DV	
B6	1	2	2	5
B7	2	2	2	6
B8	1	2	2	5
B9	1	3	2	6
B11	1	2	1	4
B14	1	1	1	3
B15	1	1	1	3
G45	1	1	1	3
M18	1	1	1	3
M19	3	3	2	8
N1	3	3	3	9
N2	3	3	3	9
T24	1	1	1	3
T25	3	3	3	9
T26	1	3	1	5
T30	3	3	2	8
T31	2	3	3	8
T32	2	2	3	7
T34	1	1	1	3
S1	1	1	1	3

DF : densité de fèces. 1 : recouvrement de fèces au sol ≤ 1 % ; 2 : 1 % < recouvrement ≤ 20 % ; 3 : recouvrement > 20 %

DP : densité de piétinement. 1 : DP ≤ 1 % ; 2 : 1 % < densité ≤ 50 % ; 3 : densité > 50 %

DV : dégâts sur les végétaux. 1 : dégâts sur la flore fourragère accessible nuls à faibles ; 2 : prélèvements sur moins de 50 % de la flore fourragère accessible ; 3 : prélèvements sur plus de 50 % de la flore fourragère accessible

IP : indice de pression pastorale. IP = DF + DP + DV (IP ≤ 3 : faible ; 3 < IP ≤ 6 : moyenne ; IP > 6 : forte)



**Figure 1 :** projection dans le plan des axes 1 et 2 de l'analyse factorielle des correspondances sur la structure des populations d'*Afzelia africana* Smith ex Persoon des relevés (+) et des classes de circonférences (\*). Groupes alpha numériques : la lettre représente la lettre initiale du site, le chiffre le numéro d'ordre du relevé.

**Tableau II**

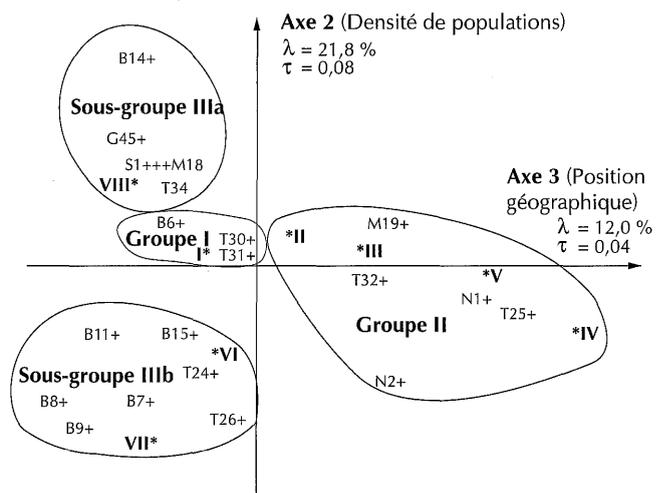
Valeurs propres ( $\lambda$ ) et taux d'inertie ( $\tau$ ) des axes principaux issus des analyses factorielles des correspondances

Axe	Valeurs propres ( $\lambda$ )	Taux d'inertie $\tau$ (%)	Cumul taux d'inertie $\tau$ (%)
1	0,3971	55,3	55,3
2	0,1568	21,8	77,1
3	0,0860	12,0	89,1
4	0,0406	5,7	94,8

Le premier axe de l'Afc (plan des axes 1 et 2) oppose les relevés des stations non ou peu pâturées aux relevés des stations surpâturées et peut être interprété comme représentatif d'un gradient pastoral (figure 1). L'axe 2 ordonne les relevés suivant la densité de la population (celle-ci étant beaucoup plus liée à la régénération, donc à l'abondance des individus jeunes). Le troisième axe semble discriminer les relevés suivant leur position géographique ce qui laisse penser à une influence du gradient climatique sur les structures de populations observées. Cette Afc met en évidence trois groupes structuraux (GI, GII, GIII) dont le plus fréquemment rencontré (GIII) éclate en deux sous-groupes dans le plan factoriel des axes 2 et 3 (figures 1 et 2) :

**Groupe I**

Ce groupe s'est distingué des autres par une forte densité d'individus jeunes (3 500–6 500 pieds.ha<sup>-1</sup>). L'histogramme décrivant cette structure a une allure régulièrement descendante vers la gauche (figure 3). C'est le seul groupe structural dont la courbe de tendance tend à s'ajuster au modèle théorique ( $Y = 2\,986,7 X^{-1,4629}$  ;  $R^2 = 0,5172$ ). C'était à partir de cette structure reflétant un certain état d'équilibre que les autres groupes structuraux ont été déterminés en fonction soit d'une perturbation (permanente ou temporaire), soit de la protection de la régénération. Cette structure



**Figure 2 :** projection dans le plan des axes 2 et 3 de l'analyse factorielle des correspondances sur la structure des populations d'*Afzelia africana* Smith ex Persoon des relevés (+) et des classes de circonférences (\*). Groupes alpha numériques : la lettre représente la lettre initiale du site, le chiffre le numéro d'ordre du relevé.

a été uniquement rencontrée dans deux stations surpâturées mais où la densité des individus reproducteurs a été relativement élevée (100 à 200 pieds.ha<sup>-1</sup>) ; 10 p. 100 des relevés effectués ont présenté cette structure.

### Groupe II

Les histogrammes de ce groupe se caractérisent par une structure plurimodale qui s'ajuste par une courbe polynomiale d'ordre 4 à trois modes bien distincts correspondant à trois cohortes de circonférences bien individualisées (figure 3) :

- une cohorte constituée des plantules et des rejets de faibles circonférences (classe 1 de régénération) ;
- une cohorte englobant les individus jeunes et moyens des classes de circonférences 2 à 6 ; elle présente une distribution presque normale centrée sur la classe modale 4 ;
- une cohorte qui englobe les individus âgés des classes 7 et 8.

L'existence de plusieurs cohortes individualisées met en évidence l'alternance des différentes phases de régénération et de perturbation qu'ont connue les populations étudiées. Ces différentes phases pouvaient résulter de pressions zoo-anthropiques anciennes (surpâturage, émondage sévère, activités d'agriculture), suivies d'un abandon ou, tout simplement, d'une alternance des conditions climatiques favorables et défavorables à une bonne régénération de l'espèce. Cette structure a été présente dans les stations surpâturées et accessoirement dans celles qui ont eu des pressions pastorales plus faibles ; 25 p. 100 des relevés effectués ont composé ce groupe structural.

### Groupe III

Ce groupe structural a été le plus représenté dans la zone et a concerné 65 p. 100 des relevés effectués. Il comprenait les relevés dont les populations avaient une structure unimodale en U. Deux sous-groupes, décrits ci-après, ont été distingués (figure 3).

#### Sous-groupe IIIa

Ce sous-groupe s'est caractérisé par l'absence d'individus dans les classes de circonférences moyennes. Cette structure a été mise en évidence dans les milieux non ou peu pâturés ayant présenté des densités de populations assez faibles (densité de population < 150 pieds.ha<sup>-1</sup>) qui dénotaient une installation récente de la population ou alors d'un vieillissement de celle-ci (25).

#### Sous-groupe IIIb

Les relevés de ce sous-groupe structural ont montré des densités de populations assez élevées et les classes des individus moyens ont été bien représentées. Cette structure a présenté un état de vieillissement des populations avec cependant une bonne régénération.

### Régénération

Tous les histogrammes de structures de populations ont présenté de forts effectifs dans la plus petite classe de circonférences (< 2 cm). Cette abondance de plantules peut être considérée comme un indice appréciable de la régénération. Ces résultats sont en accord avec le pouvoir germinatif observé (73 p. 100) en milieu contrôlé chez cette espèce (20).

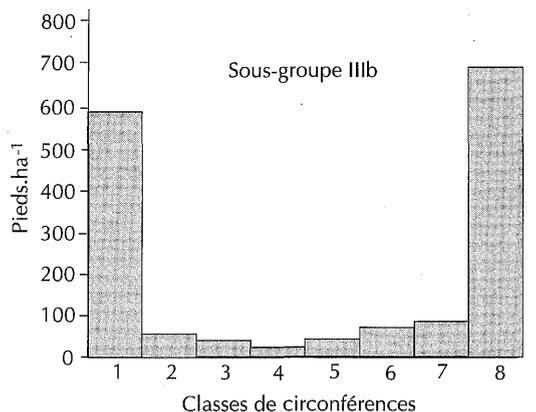
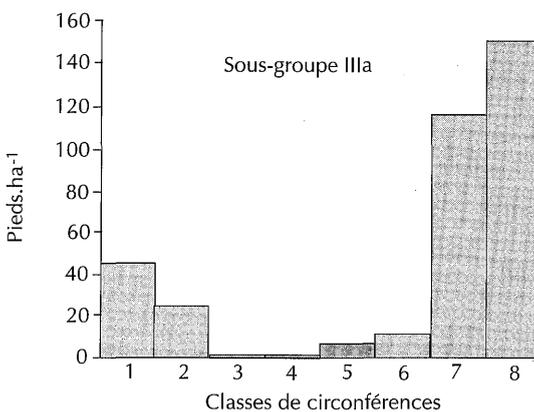
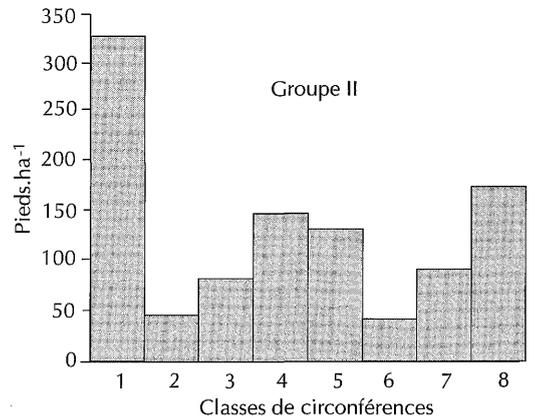
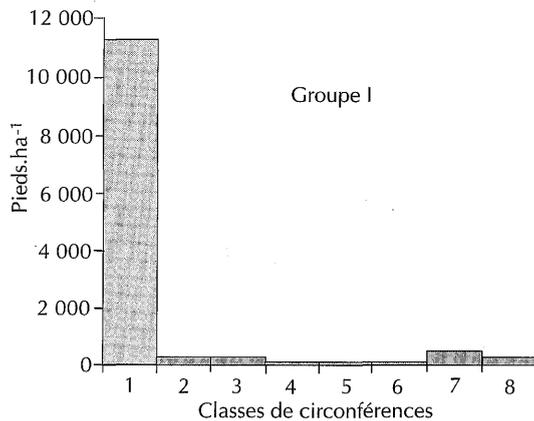


Figure 3 : histogrammes moyens de la distribution des individus par classe de circonférences dans les différents groupes structuraux chez Afzelia africana Smith ex Persoon au Nord-Cameroun.

Dans les stations peu perturbées, la floraison d'*Azelia africana* est généralement importante. Les fruits sont coriaces, très lignifiés, droits et contiennent 5 à 10 graines articulées. Les graines libérées après ouverture des gousses tombent au sol directement sous la couronne de l'arbre à cause de leur poids (une graine pèse 1,55 g) (21). A moins qu'elles ne soient entraînées par les eaux de ruissellement, elles germent sur place. La germination est épigée. L'hypocotyle mesure 8,5 cm, l'épicotyle 8 cm et la radicule 5 cm en moyenne au stade de deux feuilles végétatives. La croissance initiale en hauteur est très lente en milieu contrôlé (figure 4). En zone soudano-sahélienne, la croissance primaire de l'espèce se caractérise par une phase d'élongation pendant la saison des pluies

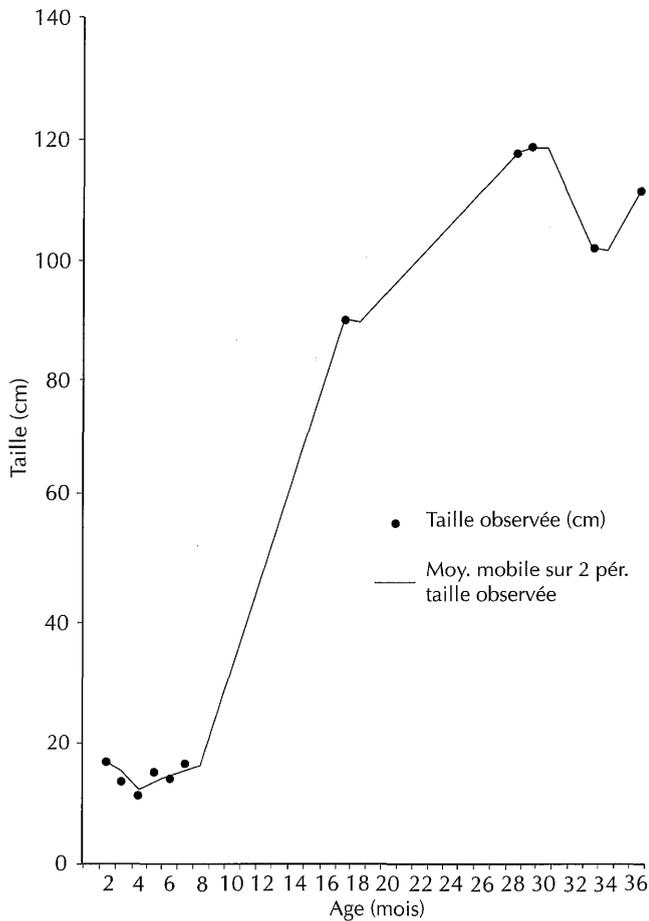


Figure 4 : croissance initiale en hauteur des plants d'*Azelia africana* Smith ex Persoon au Nord-Cameroun.

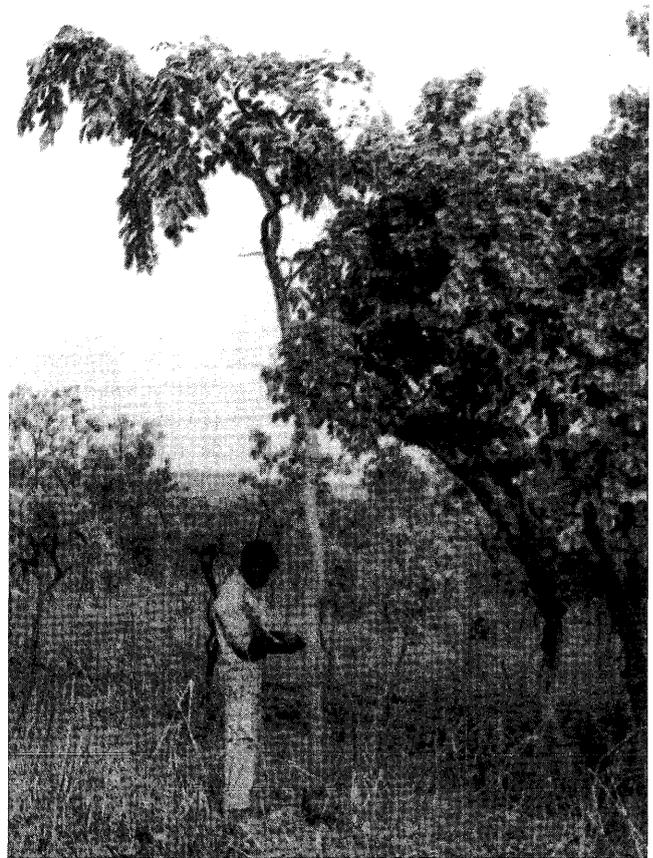


Figure 5 : croissance rythmique chez un jeune plant d'*Azelia africana* Smith ex Persoon (cliché de J. Onana, avril 1990, parc national de la Bénoué).

suivie par une phase de repos pendant la saison sèche chaude. Dans certains cas le méristème apical peut même être séché et la croissance en hauteur reprend pendant la nouvelle saison des pluies par un relais issu du bourgeon axillaire immédiat. Ceci se traduit au niveau de l'axe principal par une succession d'unités de croissances (figure 5). La croissance est alors dite rythmique (10).

L'étude entreprise sur le profil racinaire des jeunes *Azelia africana* montre que, au cours des premières années, se développe une racine tubérisée, érigée en pivot, sans racines secondaires. Tout traumatisme subi à ce stade par la partie aérienne d'une plantule peut entraîner soit sa mort, soit l'émission de petits rejets à l'occasion d'une pluie. Après plusieurs traumatismes, la souche souterraine peut atteindre des dimensions impressionnantes (tableau III)

Tableau III

Evolution du nombre de rejets en fonction de la circonférence de la souche mère chez *Azelia africana* Smith ex Persoon en stations pâturées (N = 14 relevés, les moyennes portent sur les données ramenées à une surface de 1 ha)

Classe de circonférences	< 2	2-4	4-8	8-16	16-32	32-64	64-128
N1	33,0 ± 6,0	71,0 ± 14,0	74,0 ± 22,0	16,0 ± 2,0	5,0 ± 2,0	5,0 ± 1,0	7,0 ± 5,0
N2	4,0 ± 0,8	6,3 ± 2,2	1,5 ± 0,7	2,0 ± 0,9	2,1 ± 1,0	3,0 ± 2,0	0,4 ± 0,2
N3 (%)	42,4 ± 1,7	73,3 ± 4,2	74,3 ± 7,4	25,0 ± 10,0	100,0 ± 0,0	60,0 ± 14,3	40,0 ± 7,8

N1 : nombre moyen de souches dans un relevé par classe de circonférences  
 N2 : nombre moyen de rejets par souche et par classe de circonférences  
 N3 : pourcentage de souches présentant des rejets

et émettre chaque année de petites pousses qui disparaissent rapidement au passage des feux de brousse ou sous les dents des herbivores. Cette faculté à rejeter est importante tant pour la régénération que pour la gestion des arbres à des fins pastorales ou de production de bois de feu (4, 19). Le nombre de rejets est variable suivant le diamètre de la souche mère (tableau III). Les souches ayant un diamètre supérieur à 128 cm n'ont pas été rencontrées lors de relevés.

## ■ DISCUSSION

L'étude dont les résultats viennent d'être présentés a été réalisée dans un milieu où l'élevage est du type extensif, ce qui limite les possibilités de contrôle des pressions d'exploitation sur les ressources naturelles. La zone étant soumise à des contraintes anthropiques fortes, on peut assister à la disparition de nombreuses espèces surexploitées si des mesures de gestion ne sont pas vulgarisées au niveau des utilisateurs. Dans la gestion des ressources fourragères (tant ligneuses qu'herbacées), les principales questions qui se posent sont la protection de la régénération et l'amélioration de la production de biomasse.

Dans la zone de l'étude, *Azelia africana* présente de bonnes dispositions naturelles à la régénération. Cependant, la gestion traditionnelle de ce fourrage ligneux qui se fait par émondage annuel ou bisannuel empêche la production de semences. Le surpâturage autour des individus reproducteurs dans une population d'*Azelia* peut à long terme entraîner l'épuisement des réserves racinaires au niveau des souches ou des plantules et aboutir à une absence totale de régénération. On obtient alors des populations composées d'une forte proportion d'individus âgés avec très peu (ou pas du tout) d'individus dans les classes moyennes et faibles.

Une bonne application des principes de gestion des espèces fourragères ligneuses déjà acquis (13, 14, 15) mérite d'être vulgarisée au Nord-Cameroun. Ces principes concernent : (i) la suppression de la pâture sous les porte-graines, (ii) l'émondage différé avec des intervalles de temps favorables à la reconstitution des réserves et (iii) la suppression totale des feux. Des travaux antérieurs (20, 22, 24) ont montré que leur suppression était favorable au développement des ligneux dans les savanes au Cameroun. La mise en repos temporaire de certains terroirs pastoraux est donc recommandée afin de permettre à certaines générations d'individus d'*Azelia* d'échapper à l'action des feux de brousse et de la pâture.

Ces trois conditions indispensables à la régénération semblent difficiles à obtenir dans le contexte social actuel à cause de la gestion communautaire des parcours et des espaces agro-sylvo-pastoraux, d'une pression démographique de plus en plus élevée, du manque d'organisation des éleveurs en coopératives, en résumé de tout ce qui empêche un gel temporaire d'une partie des terrains de parcours. Cependant, l'état actuel des populations d'*Azelia africana* dans le Nord-Cameroun permet d'envisager une amélioration des pâturages naturels sur sols ferrugineux en favorisant la régénération de cette espèce dont le rôle dans l'alimentation des ruminants domestiques n'est plus à démontrer.

## ■ CONCLUSION

Les ligneux fourragers jouent un rôle très important dans l'apport en protéines nécessaire pour un équilibre alimentaire des herbivores domestiques sur pâturage naturel au cours de la saison sèche.

Les résultats qui viennent d'être exposés font le point sur l'état actuel des peuplements d'une des espèces les plus exploitées des parcours. *Azelia africana* n'est cependant qu'une composante de

l'ensemble pastoral dont la gestion intégrée doit conduire à la pérennisation des ressources. Il s'agit en particulier des groupements herbacés et d'autres espèces fourragères ligneuses exploitées de façon intensive pendant la saison sèche qui posent également des problèmes de gestion.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ARBONNIER M., 2002. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Paris, France, Muséum national d'histoire naturelle, Montpellier, France, Cirad, 574 p.
2. AUBREVILLE A., 1970. Flore du Cameroun. Vol. 9. Légumineuses (Césalpinioïdées). Paris, France, Muséum national d'histoire naturelle, 339 p.
3. AUDRU J., 1977. Les ligneux et subligneux des parcours naturels soudano-guinéens en Côte d'Ivoire. Leur importance et les principes d'aménagement de restauration des pâturages. Maisons-Alfort, France, Gerdat-lemvt, 267 p. (Note de synthèse n° 8)
4. AUMEERUDOY Y., 1984. Etude de la régénération des arbres par rejets de souches dans la perspective de la production de bois de feu. Mémoire Dea, Ustl, Montpellier, France, 104 p.
5. BOUDET G., 1972. Désertification de l'Afrique tropicale sèche. *Andansonia*, Série 2, 12 : 205-224.
6. COUTERON P., D'AQUINO P., OUEDRAOGO I.M.O., 1992. *Pterocarpus lucens* Lepr. dans la région de Banh (nord-ouest du Burkina Faso, Afrique occidentale). Importance pastorale et état actuel des peuplements. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 45 : 179-190.
7. DAGET P., GODRON M., 1995. Pastoralisme. Troupeaux, espaces et sociétés. Paris, France, Hatier-Aupelf.Uref, p. 206-218.
8. GASTON A., FOTIUS G., 1971. Lexique de noms vernaculaires de plantes du Tchad. Tomes I et II. Maisons-Alfort, France, Gerdat-lemvt, 355 p.
9. GEERLING C., 1982. Guide de terrain des ligneux sahéliens et soudano-guinéens. Wageningen, Pays-Bas, Mededelingen Landbouwhogeschool, 340 p.
10. HALLE F., OLDEMAN R.A.A., 1970. Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux. Paris, France, Masson, 176 p.
11. HIERNAUX P., 1980. Inventaire du potentiel fourrager des arbres et arbustes d'une région du Sahel malien. Méthodes et premiers résultats. In : Le Houerou H.N., éd., Les fourrages ligneux en Afrique. Etat actuel des connaissances. Addis Abeba, Ethiopie, Ilca, p. 195-201.
12. HOFFMAN O., 1985. Pratiques pastorales et dynamique du couvert végétal en pays Lobi (nord-est de Côte d'Ivoire). Paris, France, Orstom, 355 p.
13. IEMVT-CIRAD, 1989. Les ligneux fourragers et fruitiers en zones tropicale et subtropicale. Paris, France, ministère de la Coopération et du développement, Maisons-Alfort, France, Iemvt-Cirad, 8 p. (Fiche technique d'élevage tropical n° 3)
14. IEMVT-CIRAD, 1989. Les ligneux fourragers et fruitiers en zones tropicale et subtropicale. Paris, France, ministère de la Coopération et du développement, Maisons-Alfort, France, Iemvt-Cirad, 8 p. (Fiche technique d'élevage tropical n° 6)
15. IEMVT-CIRAD, 1989. Les ligneux fourragers et fruitiers en zones tropicale et subtropicale. Paris, France, ministère de la Coopération et du développement, Maisons-Alfort, France, Iemvt-Cirad, 8 p. (Fiche technique d'élevage tropical n° 10)
16. LE BOURGEOIS T., 1992. Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Cameroun (Afrique) : Amplitude d'habitat et degré d'infestation, phénologie. Thèse Doct., Ustl, Montpellier, France, 204 p. + annexes.
17. LE HOUEROU H.N., 1980. Le rôle des ligneux dans les zones sahéliennes. In : Le Houerou H.N., éd., Les fourrages ligneux en Afrique. Etat actuel des connaissances. Addis Abeba, Ethiopie, Ilca, p. 85-101.
18. LETOUZEY R., 1968. Etude phytogéographique du Cameroun. Paris, France, Lechevalier, 511 p.
19. MENAUT J.C., 1971. Etude de quelques peuplements ligneux d'une savane guinéenne de Côte d'Ivoire. Thèse Doct., Université Paris VI, Paris, France, 141 p.

20. ONANA J., 1990. Pratiques et aménagements sylvo-pastoraux en zone soudano-sahélienne. In : Elevage et potentialités pastorales sahéliennes. Synthèses cartographiques. Maisons-Alfort, France, Cirad-lemvt, 23 p.
21. ONANA J., 1990. Contribution à l'étude des populations de quelques espèces ligneuses en relation avec la pression pastorale dans la région de Garoua (Nord-Cameroun). Mémoire Dea, Université Paris VI, Paris, France, 42 p. + annexes.
22. ONANA J., 1991. Tendances évolutives de quelques peuplements ligneux pâturés et protégés des feux en zone soudano-sahélienne du Cameroun. In : Séminaire régional sur la gestion des ressources de la biosphère et éducation relative à l'environnement (Projet pilote de Dja), Sangmelima, 6-10 mai 1991. Paris, France, Unesco, p. 305-311.

23. ONANA J., 1995. Les ligneux fourragers du Nord-Cameroun. I. Inventaire et phénologie. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48** : 213-219.
24. RIPPSTEIN G., BOUDET G., 1977. Expérimentation sur parcours de savanes tropicales humides. In : colloque Recherches sur l'élevage bovin en zone tropicale humide, Bouaké, Côte d'Ivoire, 18-22 avril 1977. Paris, France, Institut en recherches pour les huiles ou oléagineux, p. 227-243.
25. VOLLE P., 1985. Analyse des données. Paris, France, Economica, 323 p.

Accepté le 03/10/2002

### Summary

**Onana J., Devineau J.-L.** *Azelia africana* Smith ex Persoon in North Cameroon. Present State of Populations and Pasture Use

After a brief reminder of the importance of woody plants when assessing feed crops in livestock systems of the semiarid zones of Africa, a study on population structures of *Azelia africana* (one of the most grazed species) was carried out based on variations in pasture pressure. The analysis of results distinguished three structure groups all characterized by a tendency of populations to regenerate. Technical methods of management are proposed to help sustain this endangered resource.

**Key words:** *Azelia africana* – Woody plant – Feed crop – Browse plant – Population structure – Regeneration – Cameroon.

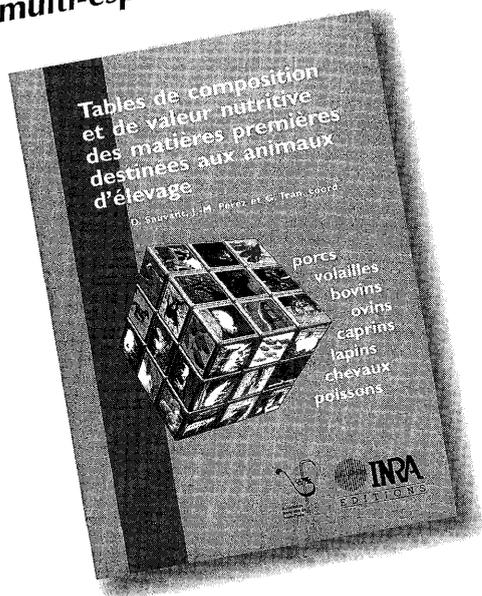
### Resumen

**Onana J., Devineau J.-L.** *Azelia africana* Smith ex Persoon en el norte de Camerún. Estado actual de las poblaciones y uso pastoril

Después de un corto repaso sobre la importancia de los leñosos en los balances forrajeros de los sistemas de crianza en la zona semi árida de Africa, se aborda un estudio sobre la estructura de las poblaciones de *Azelia africana* (una de las especies más apetecidas), según un gradiente de presión pastoril. El análisis de los resultados permite distinguir tres grupos estructurales, todos caracterizados por una tendencia a la regeneración de las poblaciones. Se proponen itinerarios técnicos de manejo, con el fin de perennizar este recurso, en peligro de desaparición.

**Palabras clave:** *Azelia africana* – Planta lenosa – Planta forrajera – Planta de ramoneo – Estructura de la población – Regeneración – Camerún.

Pour la première fois en France,  
une table d'alimentation  
multi-espèces !



# Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage

Porcs, volailles, bovins, ovins,  
caprins, lapins, chevaux, poissons

Daniel Sauvart, Jean-Marc Perez, Gilles Tran  
coord.

Fruit d'une collaboration étroite entre l'Inra et l'Association française de zootechnie (Afz), ces nouvelles tables présentent la composition chimique et la valeur nutritionnelle des matières premières destinées aux porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux et poissons.

Les matières premières retenues dans ce livre sont celles entrant dans la composition des aliments composés industriels. Elles comprennent également les aliments concentrés et coproduits utilisés directement en élevage.

Les valeurs de composition chimique proviennent pour l'essentiel de données de terrain collectées par l'Afz auprès de laboratoires spécialisés en alimentation animale (soit un fonds de plus d'un million de données). Les valeurs nutritives sont issues principalement de travaux expérimentaux réalisés par l'Inra et ses partenaires.

Les données tiennent compte de l'évolution des matières premières et des concepts nutritionnels. Ainsi, des caractéristiques importantes ont été introduites, notamment l'énergie nette pour les porcs (croissance et truie), la digestibilité des acides aminés, la disponibilité des minéraux et la dégradabilité de l'amidon pour les ruminants.

**Dans le contexte actuel de l'alimentation animale et de ses nouveaux enjeux (qualité et sécurité des produits, bien-être et santé des animaux, environnement), cet ouvrage constitue une référence scientifique fiable pour les fabricants d'aliments, les vétérinaires, les techniciens du développement, les éleveurs, les enseignants et les étudiants.**

35 €

Isbn 2-7380-1046-6

2002, 304 p. (72 p. de texte, 230 tableaux)

Réf. 01475

Inra Editions

Route de Saint-Cyr

78026 Versailles Cedex - France

Tél. : 01 30 83 34 06 ; fax : 01 30 83 34 49

INRA-Editions@versailles.inra.fr



## Sommaire

Préface

Principes de construction

Données chimiques et de valeur nutritive

Valeurs nutritives pour les porcs

Valeurs nutritives pour les volailles

Valeurs nutritives pour les ruminants

Valeurs nutritives pour les lapins

Valeurs nutritives pour les chevaux

Valeurs nutritives pour les poissons

Valeurs biologiques des sources d'apport minéral

Abréviations

Tableaux de composition et de valeur nutritive

Matières premières

Matières premières traitées :

valeurs nutritives pour les ruminants

Corps gras

Acides aminés de synthèse

Sources d'apports minéraux

Index des matières premières en français

Index of feed materials in English

# Etude du comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC., légumineuse fourragère

N. Mbaye<sup>1</sup> A.T. Diop<sup>2</sup> M. Guèye<sup>3</sup>  
A.T. Diallo<sup>4</sup> C.E. Sall<sup>5</sup> P.I. Samb<sup>1</sup>

## Mots-clés

*Zornia glochidiata* – Légumineuse fourragère – Germination – Graine – Sénégal.

## Résumé

Les conditions de régénération de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC., une légumineuse locale à bonne valeur fourragère et bien appréciée par le bétail, ont été étudiées au laboratoire sur des graines récoltées dans la zone sylvo-pastorale du Sénégal. Trois types de prétraitements, mécanique, chimique et thermique, ont été utilisés pour améliorer la germination des graines. Les prétraitements mécanique et chimique ont augmenté significativement la germination des graines avec respectivement des taux de germination de 86 et 96 p. 100 comparés au taux de 25 p. 100 obtenu chez les graines non prétraitées. Le meilleur taux de germination a été obtenu avec des graines mises à germer à la température de 25 °C. Les chocs thermiques d'amplitude faible à moyenne (50, 60 et 80 °C pendant 24 h) ont conservé le pouvoir germinatif des graines, mais les taux de germination enregistrés ont été similaires à celui du témoin (25 p. 100). Les chocs thermiques élevés (100, 125 et 150 °C pendant 5, 10 et 15 min) ont inhibé totalement la germination des graines.

## ■ INTRODUCTION

Le Sahel est une zone d'Afrique semi-aride, très extensive et ses pâturages couvrent environ 1,5 million de km<sup>2</sup>, occupant une partie de la zone entre le Sahara et l'Equateur (16). Son climat se caractérise par l'alternance de deux saisons aux caractères fortement contrastés : une saison humide courte (2 à 3 mois) et une saison sèche longue (9 à 10 mois). L'élevage est de type extensif, donc fortement dépendant de la végétation naturelle, ce qui nécessite de grandes surfaces pour entretenir les troupeaux (16).

La zone sahélienne connaît de profondes mutations et, avec la sécheresse qui y sévit depuis plus d'une décennie, on assiste à une dégradation graduelle des écosystèmes (8) et une diminution des surfaces pâturables. Si la production fourragère est relativement aisée pendant la saison des pluies, elle se trouve fortement amoindrie pendant la saison sèche, entraînant ainsi la diminution du bétail par mortalité ou transhumance lointaine (2).

Il devient alors indispensable d'envisager soit des mises en réserve de fourrages pour la saison sèche, soit une production en vert. A ce titre, la sélection de plantes fourragères est nécessaire pour rehausser la valeur des pâturages naturels ou créer de nouveaux pâturages ensemencés. Les légumineuses constituent à cet égard d'excellentes plantes fourragères du fait de leur teneur élevée en protéines et en vitamines et de leur capacité à fixer l'azote atmosphérique par suite d'une association symbiotique avec les bactéries du genre *Rhizobium*. Ainsi, elles sont souvent utilisées pour l'amélioration directe ou indirecte des pâturages.

1. Département de Biologie végétale, faculté des Sciences et techniques, Ucad, BP 5005, Dakar-Hann, Sénégal

2. Isra/Lnerv, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal

3. Département de Botanique et de géologie, Ifan Ch. A. DIOP, BP 206, Dakar, Sénégal

4. Ensa, BP A296, Thiés, Sénégal

5. Isra, BP 3120, Bel Air, Dakar, Sénégal

Au Sahel, les essais d'amélioration des pâturages se sont soldés par de nombreux échecs car ils ont le plus souvent porté sur des espèces exotiques qui ne sont pas souvent adaptées à des conditions aussi sévères. Cela a été le cas au Burkina Faso où des centaines d'hectares de terres ensemencées avec *Stylosanthes humilis* Kunth ont donné des résultats peu concluants (16).

Dans ce contexte, un intérêt particulier devrait être porté sur les espèces locales ayant une bonne valeur fourragère et adaptées aux conditions pédoclimatiques du Sahel. Cependant, l'utilisation de telles espèces nécessite une meilleure connaissance de leur biologie et de leurs mécanismes de régénération et de croissance. Ainsi, la présente étude a concerné *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC. qui est une légumineuse herbacée très appréciée par le bétail. Cette espèce a fait l'objet de quelques études (1, 2, 12, 15, 16, 21) mais, malgré une excellente valeur fourragère et une relative adaptation à la sécheresse, la biologie de l'espèce reste encore mal connue. Afin de mieux comprendre les conditions optimales de germination de ces graines, cette étude a porté sur l'influence de certains prétraitements, notamment les scarifications mécanique et chimique et les chocs thermiques.

## MATERIEL ET METHODES

Les graines de *Z. glochidiata* utilisées au cours de cette étude ont été récoltées durant la saison sèche de 1995-1996 dans la zone sylvo-pastorale du Sénégal (entre 16° 15' et 15° de latitude N, et entre 15° 50' et 13° 30' de longitude O). Elles ont été conservées dans des sachets en plastique placés dans les conditions naturelles (température entre 25 et 35 °C et humidité relative de 30 à 90 p. 100).

Les essais de germination ont été effectués sur des fruits mûrs entiers et des graines intactes. Les graines intactes, c'est-à-dire les fruits débarrassés de leur péricarpe, ont servi de témoin pour toutes les expériences.

Les semis ont été effectués dans des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre et 10 mm de hauteur tapissées d'une double couche de papier-filtre humidifié jusqu'à saturation. Quatre répétitions de 25 graines ont été effectuées pour chaque essai de germination.

Le comptage des graines germées a été effectué tous les jours et les pourcentages cumulés de germination ont été déterminés quotidiennement. Une graine est considérée comme ayant germé lorsque la radicule devient visible (5).

Avant semis, la viabilité du lot de graines a été évaluée par le test au chlorure de tétrazolium selon le protocole de Moore (11). Au terme de ce test qui permet d'évaluer la faculté germinative du lot de graines, il est apparu que le matériel végétal utilisé présentait une haute faculté de germination.

La scarification mécanique a été réalisée en pratiquant une petite entaille au niveau du tégument de la graine du côté opposé au pôle micropilaire avec une lame de rasoir tout en respectant l'intégrité de l'amande.

Pour le traitement chimique, les graines de *Z. glochidiata* ont été trempées dans une solution d'acide sulfurique concentrée à 96 p. 100 pendant des durées variables : 5, 10, 15, 20, 25 et 30 min. Elles ont ensuite été rincées abondamment à l'eau de robinet et mises à germer à la température ambiante.

L'effet de la température sur la germination des graines de *Z. glochidiata* a été étudié avec des graines ayant subi le meilleur prétraitement chimique. Les graines ont ensuite été mises à germer à l'étuve à différentes températures : 25, 30, 35, 40 et 45 °C.

Pour l'étude de l'influence des chocs thermiques sur la germination des graines de *Z. glochidiata*, le choix des températures et de

leur durée d'application a été guidé par les travaux de Trabaud (20) et de Tarrega et coll. (19). En effet, ces auteurs considèrent que la tranche de sol comprise entre 0 et 5 cm renferme la plupart des graines, que les températures enregistrées au cours des feux varient entre 50 et 150 °C et que leurs effets durent 1 à 15 min. Ainsi, les graines ont été placées dans une étuve à des températures de 50, 60 et 80 °C pendant 24 h. Pour simuler les autres températures, des graines ont été soumises à des températures de 100, 125 et 150 °C pendant 5, 10 et 15 min.

La durée des essais a été de 10 ou de 16 jours. La comparaison des moyennes des pourcentages de germination a été faite au milieu ou à la fin de chaque expérimentation. Pour cela, les différentes valeurs ont fait l'objet d'une transformation angulaire selon la fonction  $Y(X) = 2 \arcsin \sqrt{X}$  ( $X =$  pourcentage de germination). Pour les valeurs extrêmes (0 et 100 p. 100), la transformation suivante a été utilisée :  $Y(0) = 1/4n$  et  $Y(100) = 1 - 1/4n$  ( $n =$  nombre de graines par répétition).

La différence entre les moyennes a été établie par le test de Newman-Keuls à partir du logiciel Stat-Itcf et elle a été significative au seuil de 5 p. 100.

## RESULTATS

### Influence du traitement mécanique

Deux jours après semis, seuls les fruits et les graines ayant subi une scarification mécanique ont germé. A partir du 3<sup>e</sup> jour, la vitesse de germination s'est améliorée pour les graines intactes et est devenue supérieure à celle des fruits. Jusqu'au 6<sup>e</sup> jour après semis, aucune différence significative n'a cependant été notée entre les taux de germination des fruits et des graines intactes. La scarification mécanique a très nettement favorisé la germination des graines de *Z. Glochidiata* en relevant aussi bien la vitesse que le taux de germination par rapport aux graines intactes et aux fruits (figure 1). Après environ une semaine, le taux de germination des graines de *Z. glochidiata* est passé de 8 p. 100 pour les fruits et de 25 p. 100 pour les graines intactes, à 86 p. 100 pour les graines ayant subi une scarification mécanique.

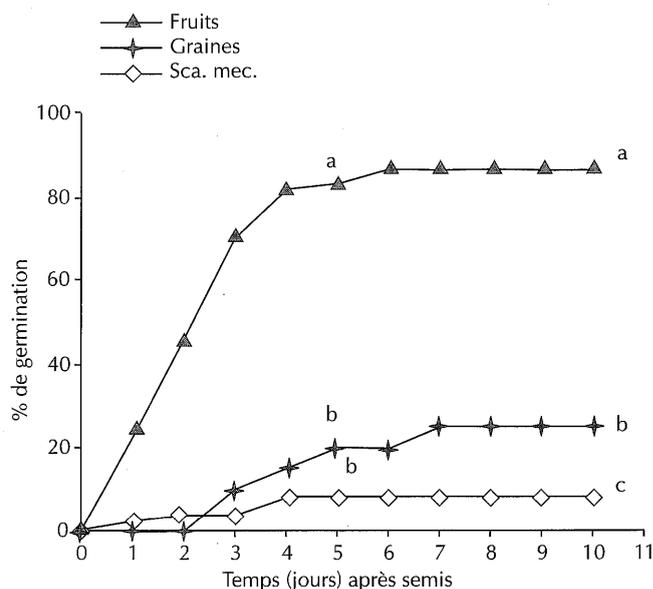


Figure 1 : évolution du taux de germination des fruits et des graines (intactes et scarifiées mécaniquement) de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC. mis à germer à la température ambiante (25-30 °C). (Sca. mec. = scarification mécanique)

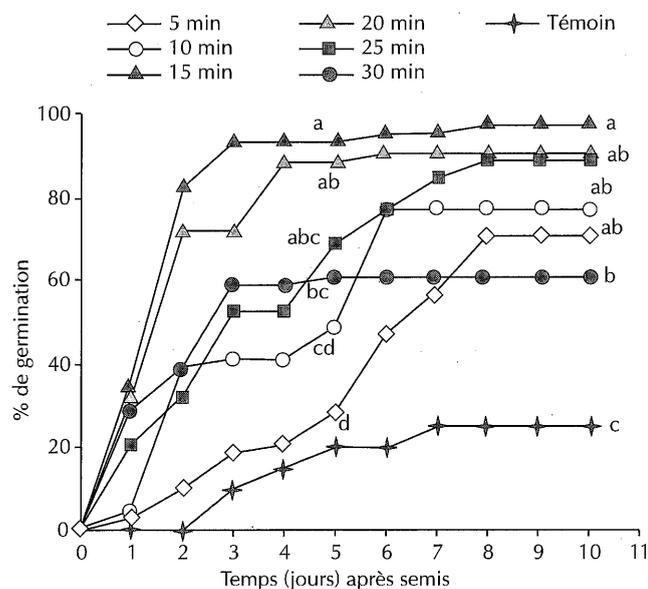
### Influence du traitement chimique

Le traitement des graines à l'acide sulfurique a augmenté significativement le taux de germination (figure 2). Toutefois, le taux de germination a varié en fonction de la durée de trempage des graines dans l'acide. Ainsi, le taux de germination a été proportionnel au temps de trempage pour des durées de 5 à 15 min et inversement proportionnel pour des durées de 15 à 30 min (figure 2). La durée de trempage optimale des graines de *Z. glochidiata* a été de 15 min avec 96 p. 100 de germination. Au-delà, les taux de germination ont diminué de 90 p. 100 pour 20 min et de 85 p. 100 pour 25 min, à 60 p. 100 pour 30 min. Des taux de germination de 70 et 76 p. 100 ont été observés pour des durées de trempage respectivement de 5 et 10 min à l'acide sulfurique. En revanche, les graines trempées pendant 30 min ont atteint plus vite (cinq jours) leur optimum de germination par rapport à celles ayant séjourné dans l'acide pendant 5 et 10 min pour lesquelles cet optimum a été atteint respectivement 8 et 10 jours après semis. Toutefois, les taux de germination obtenus après traitement à l'acide sulfurique pendant 5, 10, 20 et 25 min n'ont pas présenté de différence significative.

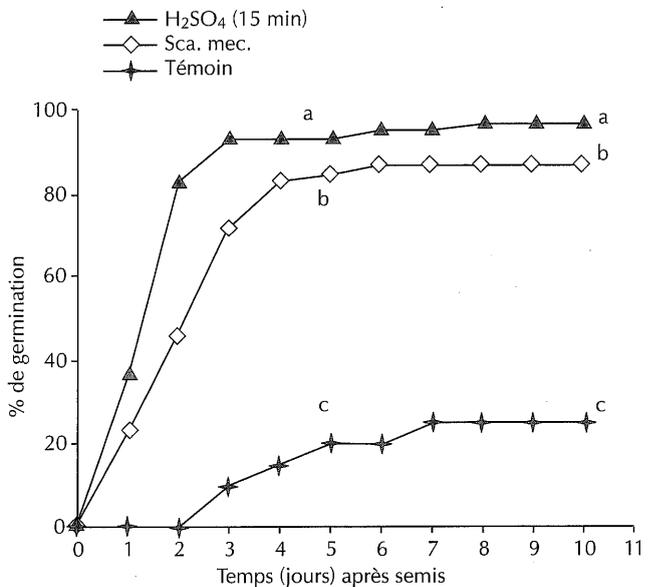
La comparaison des taux de germination obtenus après scarifications mécanique et chimique des graines de *Z. glochidiata* a montré que le taux de germination des graines trempées dans l'acide pendant 15 min a été significativement plus élevé que celui obtenu après scarification mécanique (figure 3).

### Influence de la température

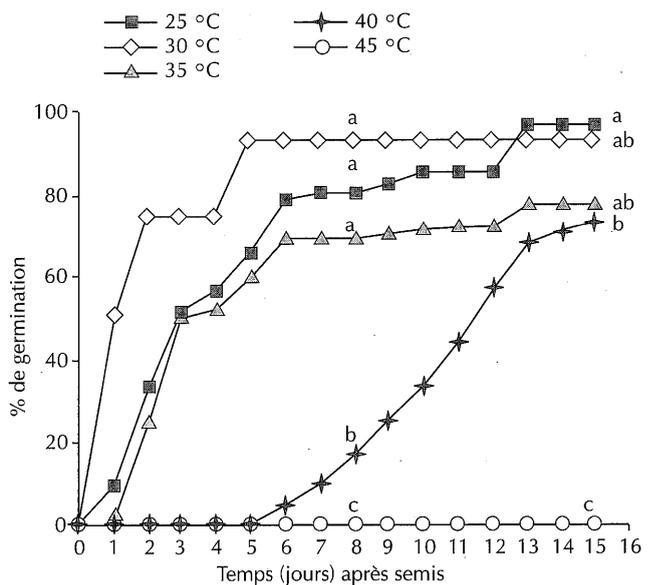
Les graines germées à la température de 25 °C ont présenté le meilleur taux de germination (96 p. 100) (figure 4). Ce taux a été légèrement supérieur à celui obtenu à 30 °C (92 p. 100). Toutefois, les graines incubées à 30 °C ont atteint très rapidement (cinq jours après semis) leur taux optimal de germination. Les taux de germination ont été inversement proportionnels à l'accroissement de la température entre 30 et 45 °C et sont passés de 77 à 73 p. 100 pour des températures respectives de 35 et 45 °C.



**Figure 2 :** évolution du taux de germination des graines de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC. en fonction de la durée de trempage dans l'acide sulfurique (96 p. 100). Les courbes affectées des mêmes lettres aux 5<sup>e</sup> et 10<sup>e</sup> jours après semis présentent des taux de germination qui ne sont pas significativement différents au seuil de 5 p. 100 d'après le test de Newman-Keuls.



**Figure 3 :** influence de l'acide sulfurique et de la scarification mécanique sur l'évolution du taux de germination des graines de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC. (Sca. mec. = scarification mécanique)



**Figure 4 :** évolution des taux de germination des graines de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC. en fonction de la température. Les courbes affectées des mêmes lettres aux 8<sup>e</sup> et 15<sup>e</sup> jours après semis présentent des taux de germination qui ne sont pas significativement différents au seuil de 5 p. 100 d'après le test de Newman-Keuls.

### Influence du choc thermique

Lorsque les graines ont été soumises à des chocs thermiques de 50, 60 et 80 °C pendant 24 h, leur aptitude à germer a été conservée. Cependant, les taux de germination obtenus (25 p. 100 à 50 °C, 24 p. 100 à 60 et à 80 °C) ont été statistiquement identiques à celui du témoin qui a été de 25 p. 100. Toutefois, les graines soumises aux températures de 60 et 80 °C pendant 24 h ont présenté jusqu'au 7<sup>e</sup> jour après semis un taux de germination supérieur à celui du témoin (figure 5). Aucune germination n'a été observée pour des chocs thermiques de grande amplitude, notamment 100, 125 et 150 °C pendant 5, 10 et 15 min (figure 5).

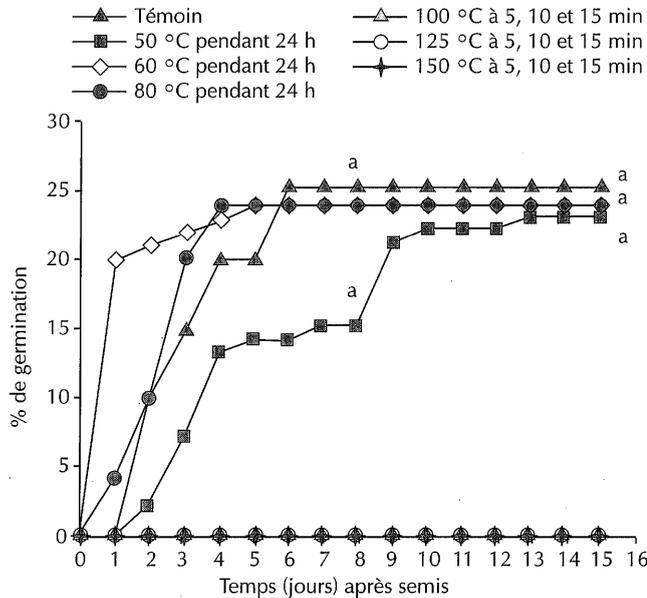


Figure 5 : évolution des taux de germination des graines de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC. en fonction du temps pour différents traitements à la chaleur. Les courbes affectées des mêmes lettres aux 8<sup>e</sup> et 15<sup>e</sup> jours après semis présentent des taux de germination qui ne sont pas significativement différents au seuil de 5 p. 100 d'après le test de Newman-Keuls.

## DISCUSSION

Les résultats obtenus sur le comportement germinatif des fruits et des graines de *Z. glochidiata* ont montré que le taux de germination des graines intactes (25 p. 100) a été plus important que celui des fruits (8 p. 100). La capacité de germination des graines intactes est restée tout de même faible par rapport aux graines ayant subi une scarification mécanique. Ces faibles taux de germination chez les fruits et les graines seraient dus à la présence du péricarpe chez les fruits qui, d'une part, empêcherait d'apprécier l'intégrité des graines et, d'autre part, constituerait en plus des téguments de la graine, une barrière supplémentaire qui limiterait l'accès de l'eau et de l'oxygène à l'embryon. Les graines de *Z. glochidiata* présenteraient ainsi une inhibition tégumentaire liée aux téguments de la graine qui seraient imperméables à l'air et à l'eau. Toutefois, il faut noter que cette imperméabilité des téguments des graines serait aussi un atout car elle les protégerait d'une germination rapide dans des conditions peu ou pas favorables à l'établissement des plants (7, 14, 16, 22).

La scarification mécanique tout comme le traitement des graines à l'acide sulfurique concentré à 96 p. 100 ont permis d'augmenter significativement la vitesse et le taux de germination des graines de *Z. glochidiata* par rapport aux graines intactes (témoins). Le principal obstacle à la germination des graines de *Z. glochidiata* serait donc d'origine tégumentaire. En effet, tous les prétraitements appliqués aux graines ont pour action de fragiliser les téguments et de faciliter, d'une part, l'accès de l'eau et de l'air à l'embryon et, d'autre part, la sortie radiculaire.

Le meilleur taux de germination obtenu après 15 min d'immersion des graines dans l'acide a été supérieur à celui obtenu après scarification mécanique. Cela pourrait s'expliquer en partie par le fait que l'acide affaiblit le tégument sur toute sa surface (14) facilitant ainsi l'absorption d'eau et d'oxygène qui sont indispensables pour la germination. En revanche, la scarification mécanique n'étant que sectaire, elle ne faciliterait pas autant l'imbibition et l'expansion de l'embryon. Toutefois, selon Cavanagh (3) c'est la méthode

qui permet de se rapprocher le mieux du pouvoir germinatif d'un lot de graines, bien qu'elle soit très laborieuse pour des quantités importantes de graines (13). L'utilisation de l'acide nécessite des précautions de sécurité et la maîtrise de la durée d'immersion qui varie avec la dureté des graines. Ainsi, l'immersion des graines dans l'acide peut être insuffisante lorsqu'elle est de courte durée ou entraîner des dommages quand elle est trop longue. Chez les graines traitées à l'acide sulfurique, le taux de germination a varié en fonction de la durée de trempage. Les graines de *Z. glochidiata* semblent être moins dures comparées à d'autres espèces sahéliennes comme *Alysicarpus ovalifolius* (Schumach. & Thonn.) J. Léonard et *Aeschynomene indica* L. dont les graines germent après deux heures d'immersion dans l'acide sulfurique (7), ou encore à celles de *Sesbania pachycarpa* DC. dont la germination des graines nécessite plus d'une heure de trempage (18). En revanche, les graines de *Z. glochidiata* tolèrent mieux l'immersion dans l'acide que celles de *Chamaecytisus proliferus* (L. fil.) Link. *sensus lato* dont les taux de germination sont inférieurs à 20 p. 100 après 10 ou 20 min de séjour dans l'acide sulfurique (17).

Par ailleurs, l'inhibition tégumentaire qui est observée chez la plupart des espèces tropicales peut être levée par divers mécanismes dans les conditions naturelles. C'est ainsi que Grouzis (7) a observé une levée progressive de l'inhibition tégumentaire au cours de la saison sèche chez *Zornia glochidiata*, *Aeschynomene indica*, *Alysicarpus ovalifolius*, *Aristida mutabilis* Trin. et *Cenchrus biflorus* Roxb. Cette augmentation de la capacité de germination au cours de la saison sèche laisse supposer que les semences subissent durant cette période une maturation physiologique correspondant à une levée progressive de l'inhibition tégumentaire. Une observation similaire a été faite par Cissé (4) chez les graines de *Cassia mimosoides* L. qui perdent leur imperméabilité suite à une apparition sur les téguments de craquelures sous l'effet des facteurs du milieu. Lorsque l'aptitude à la germination est requise, les conditions externes peuvent être favorables ou non à la germination.

Les températures optimales de germination sont variables d'une espèce à une autre. Pour *Z. glochidiata*, la température optimale de germination se situe entre 25 et 30 °C. Même si le taux de germination est légèrement plus élevé à 25 °C, la vitesse de germination est plus élevée à 30 °C. Ces résultats sont relativement compatibles avec ceux de Grouzis (7) qui situe la température optimale de germination des graines de *Z. glochidiata* à 30 °C. Toutefois, la température de 25 °C n'a pas été testée par ce dernier. Néanmoins, l'aptitude des graines à germer est conservée jusqu'à 40 °C. La capacité germinative se perd rapidement puisque à 45 °C aucune germination n'a été notée. Les graines de *Z. glochidiata* présentent ainsi une certaine plasticité vis-à-vis de la température. Cette large gamme de températures pourrait être liée à la scarification chimie des graines. En effet, Sy (18) note dans les mêmes conditions un élargissement de la gamme de température optimale de germination des graines de *Tephrosia purpurea* (L.) Pers., de *Sesbania pachycarpa* et de *Cassia obtusifolia* L. après scarification chimie. Dans les régions sahéliennes, la température ne constituerait donc pas un facteur limitant majeur à la germination des graines de *Z. glochidiata* car les températures de l'air et du sol à 10 cm de profondeur à l'époque des levées varient entre 25 et 42 °C (7). Lorsque la température est très élevée (45 °C), il est possible que la quantité d'oxygène qui arrive à l'embryon ne soit pas suffisante pour permettre sa germination. En effet, l'embryon exige plus d'oxygène quand la température de germination s'élève (6, 11). En plus, les températures fortes peuvent tuer l'embryon et/ou dénaturer certains enzymes indispensables au métabolisme de base de la germination. Les effets des fortes températures pourraient expliquer l'action des feux de brousse sur la régénération des espèces. Les feux de brousse peuvent avoir des effets bénéfiques ou négatifs suivant l'intensité du feu et sa durée.

L'effet des chocs thermiques a été testé pour simuler l'action des feux de brousse. Lorsque les graines ont été soumises à des chocs thermiques faibles à moyens (50, 60 et 80 °C pendant 24 h), elles ont conservé leur aptitude à germer mais les taux de germination n'ont pas dépassé celui du témoin. Ces résultats confirment ceux de Grouzis (7) qui révèlent une légère amélioration de la capacité de germination des graines de *Z. glochidiata* soumises à 60 °C pendant huit jours. En revanche, les chocs thermiques élevés (100, 125 et 150 °C pendant 5, 10 et 15 min) ont totalement inhibé la germination des graines. Il apparaît donc que la chaleur forte ne serait pas efficace pour la levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Z. glochidiata*. Cependant, l'augmentation de la vitesse de germination observée à des températures de 60 et 80 °C pendant 24 h pourrait être due à une meilleure perméabilité des téguments à l'eau et à l'air. En effet, la chaleur forte selon Tybirk (22) ramollit les téguments. Dans les conditions naturelles, les graines de *Z. glochidiata* pourraient germer après le passage d'un feu dont l'amplitude se situerait entre 50 et 80 °C pendant 24 h. Comparée à des espèces comme *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. et *Acacia raddiana* Savi qui germent après des chocs thermiques de 100 °C pendant 5 min (9), *Z. glochidiata* semble plus sensible aux fortes températures. En revanche, elle supporterait mieux les chocs thermiques qu'*Acacia senegal* (L.) Willd. dont un choc thermique de 80 °C pendant 24 h altère la capacité germinative (9). Ces différences de comportements pourraient s'expliquer par une dureté des graines plus importante chez *Z. glochidiata* que chez *Acacia senegal* alors que les téguments des graines de *Faidherbia albida* et d'*Acacia raddiana* seraient plus dures.

## BIBLIOGRAPHIE

- BOUDET G., 1983. Evolution du couvert herbacé. In : Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo (Griza). Paris, France, Gerdar-Orstom, 172 p.
- BOUDET G., 1987. Pâturages et élevage de la Mauritanie (Kaédi) : étude intégrée sur les pâturages, leur conservation. Le cheptel et les éleveurs. Maisons-Alfort, France, Iemvt, 282 p.
- CAVANAGH A.K., 1975. A review of some aspects of germination of acacias. *Proc. R. Soc. Victoria*, **91**: 161-180.
- CISSE A.M., 1986. Dynamique de la strate herbacée des pâturages de la zone sud sahélienne. Wageningen, The Netherlands, Centre for Agrobiological Research, 211 p.
- COME D., 1968. Problèmes de terminologie posés par la germination et ses obstacles. *Bull. Soc. Fr. Physiol. vég.*, **14** : 3-9.
- COME D., 1970. Les obstacles à la germination. Paris, France, Masson, 162 p.
- GROUZIS M., 1987. Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (mare d'Oursi, Burkina Faso). Thèse Doct. Sciences nat., université de Paris-Orsay, France, 336 p.
- GROUZIS M., ALBERGEL J., 1991. Du risque climatique à la contrainte écologique : incidences de la sécheresse sur les productions végétales et le milieu au Burkina Faso. In : Eldin, Milleville, Ed., Le risque en agriculture. Paris, France, Orstom, 620 p.
- GUEYE M., 1997. Contribution à l'étude de quelques facteurs exogènes et endogènes contrôlant la germination de cinq espèces ligneuses sahéliennes : *Sclerocarya birrea* (Richard) Hochst., *Zizyphus mauritiana* Lam. et trois espèces du genre *Acacia* Miller. Thèse Doct., faculté des Sciences et techniques, université de Dakar, Sénégal, 116 p.
- MAZLIAK P., 1982. Croissance et développement. Physiologie végétale II. Paris, France, Hermann, 465 p.
- MOORE R.P., 1985. Tetrazolium testing manual. Zurich, Switzerland, International seed testing association, 99 p.
- NAEGELE A.F.G., 1977. Plantes fourragères spontanées de l'Afrique tropicale sèche. Emasar, phase II. Rome, Italie, FaO, p. 359-366.

## ■ CONCLUSION

L'étude comparative de l'aptitude à germer des fruits et des graines de *Z. glochidiata* a montré que ces dernières présentent une capacité de germination supérieure mais tout de même faible. La scarification mécanique comme la scarification chimique ont permis d'augmenter significativement le taux de germination. Pour la scarification chimique à l'acide sulfurique à 96 p. 100, les taux de germination obtenus ont été fonction de la durée d'immersion des graines dans l'acide. Ainsi, ils ont été proportionnels au temps de trempage pour des durées de 5 à 15 min et ont été inversement proportionnels pour les durées de 15 à 30 min. L'optimum de germination a été atteint après 15 min avec un taux de germination de 96 p. 100. Les graines de *Z. glochidiata* présenteraient une inhibition tégumentaire qui serait due à l'imperméabilité des téguments à l'eau et à l'air.

L'optimum thermique de germination se situerait entre 25 et 30 °C. Au-delà, les taux de germination décroissent pour s'annuler à 45 °C. L'élévation de la température de manière à provoquer des chocs thermiques de durée limitée montre que les températures moyennes à faibles agiraient plus sur la vitesse que sur la capacité de germination. En revanche, les fortes températures inhiberaient la germination des graines de *Z. glochidiata*.

Les résultats ont indiqué que, pour réussir un semis avec des graines de *Z. glochidiata*, une scarification mécanique ou chimique est nécessaire afin de lever l'inhibition tégumentaire, ainsi qu'une incubation des graines à une température optimale de germination située entre 25 et 30 °C.

- NGUGULUBE M.R., 1989. Seed germination, seedling growth and biomass production of eight Central-American multipurpose trees under nursery conditions in Zomba, Malawi. *For. Ecol. Manage.*, **27**: 21-27.
- NONGONIERMA A., 1978. Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* Miller en Afrique occidentale. Thèse Doct., faculté des Sciences et techniques, université de Dakar, Sénégal, 451 p. (tome I), tableaux (tome II).
- OUEDRAOGO S., 1983. Problématique de la culture fourragère dans l'amélioration des parcours naturels. Exemple du projet de développement de l'élevage au Sénégal Dakar, Sénégal, Eismv, 41 p.
- PENNING DE VRIES F.W.T., DJITEYE M.A., 1982. La productivité des pâturages sahéliens, une étude des sols des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Wageningen, The Netherlands, Cabo, Pudoc, 525 p.
- REGHUNATH B.R., FRANCISCO-ORTEGA J., NEWBURY H.J., FORD-LLYOD B.V., 1993. Methods for increasing the efficiency of seed germination in the fodder legumes tagasaste and scobon (*Chamaecytisus proliiferus* (L. fil.) Link *sensu lato*). *Seed Sci. Technol.*, **21**: 225-235.
- SY A., 1996. Etude de trente-quatre légumineuses herbacées du Sénégal et caractérisation de leurs micro-organismes symbiotiques. DEA Biologie végétale, faculté des Sciences, université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal, 52 p.
- TARREGA R., CALVO L., TABAUD L., 1992. Effect of high temperature on seed germination of two woody leguminosae (*Cystisus scoparius* and *Genista florida*). *Vegetation*, **102**: 139-147.
- TRABAUD L., 1970. Etude du comportement du feu dans les garrigues du chêne Kermès à partir des températures et des vitesses de propagation. *Ann. Sci. For.*, **36** : 13-38.
- TROCHAIN J.L., 1940. Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal. Paris, France, Larose, 433 p. (Mém. Ifan n° 2)
- TYBIRK K., 1991. Régénération des légumineuses ligneuses au Sahel. Aarhus, Danemark, Botanical Institute, Aarhus University, 86 p. (Report n° 28)

Reçu le 13.07.2001, accepté le 28.11.2002

### Summary

Mbaye N., Diop A.T., Guèye M., Diallo A.T., Sall C.E., Samb P.I. Germinative Behavior of *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC. Seeds, a Leguminous Fodder Crop, and Trials to Suppress Integumentary Inhibition

Conditions for regeneration of seeds of *Zornia glochidiata* Reichb ex DC., a local fodder crop much appreciated by cattle and with a high fodder value, were studied in the laboratory. The seeds were collected in the sylvopastoral zone of Senegal. Three types of pretreatments (mechanical, chemical and thermal) were used to improve seed germination. Mechanical and chemical pretreatments significantly increased seed germination with rates of 86 et 96%, respectively, compared to 25% obtained in untreated seeds. The best germination rate was obtained with seeds treated at 25°C. Heat variations ranging from low to medium (50, 60 and 80°C over 24 h) did not alter the seed potential for germination, but the recorded germination rates were similar to that of control (25%). Variations at high temperatures (100, 125 and 150°C over periods of 5, 10 and 15 min) totally inhibited seed germination.

**Key words:** *Zornia glochidiata* – Feed legume – Germination – Seed – Senegal.

### Resumen

Mbaye N., Diop A.T., Guèye M., Diallo A.T., Sall C.E., Samb P.I. Estudio del comportamiento germinativo y ensayos sobre el levantamiento de la inhibición tegumentaria de las semillas de la leguminosa forrajera *Zornia glochidiata* Reichb. Ex DC.

Se estudiaron en el laboratorio, las condiciones de regeneración de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC., leguminosa local con buen contenido forrajero y muy apreciada por el ganado, sobre semillas colectadas en la zona silvopastoril de Senegal. Se utilizaron tres tipos de pre tratamientos, mecánico, químico y térmico, con el fin de mejorar la germinación de los granos. Los pre tratamientos mecánico y químico aumentaron significativamente la germinación de las semillas, con tasas de germinación respectivas de 86 y 96%, comparadas con las tasas de 25% obtenidas con las semillas no pre tratados. La mejor tasa de germinación se obtuvo con las semillas que germinaron a temperaturas de 25°C. Los choques térmicos de amplitud baja a media (50, 60 y 80°C durante 24 h), conservaron el poder germinativo de las semillas, pero las tasas de germinación registradas fueron similares a las del testigo (25°C). Los choques térmicos elevados (100, 125 y 150°C durante 5, 10 y 15 minutos) inhibieron totalmente la germinación de las semillas.

**Palabras clave:** *Zornia glochidiata* – Leguminosa forrajera – Germinación – Semilla – Senegal.

# Utilisation optimale de ressources alimentaires localement disponibles pour l'engraissement des ovins au sein des exploitations mixtes agriculture-élevage du plateau central du Burkina Faso

J.S. Zoundi <sup>1\*</sup> A.J. Nianogo <sup>2</sup> L. Sawadogo <sup>3</sup>

## Mots-clés

Ovin Djallonké – Engraissement – Aliment de substitution – Urée – *Piliostigma reticulatum* – Analyse coût avantage – Burkina Faso.

## Résumé

Deux essais ont été effectués avec des ovins Djallonké à l'engrais dans le but de rechercher des systèmes d'alimentation pour la production de viande à moindre coût. Dans cette étude ont été examinées les possibilités de substitution partielle ou totale d'un concentré commercial « Aliment Kibsa » (Ksa) (17,60 p. 100 de matières azotées digestibles ; 0,91 UF/kg de matière sèche) ou du tourteau de coton (TC) par des sources énergétiques et azotées disponibles localement. Une ration témoin (R1) [40 p. 100 paille de sorgho (PS) + 60 p. 100 Ksa] a ainsi été comparée à différentes combinaisons alimentaires intégrant des produits locaux : dans R2 il y a eu une substitution partielle de Ksa (- 30 p. 100) par 27,50 p. 100 de gousses de *Piliostigma reticulatum* (GPr) + urée (Ur) et dans R3 il y a eu une substitution totale de Ksa par 47 p. 100 de TC + GPr + Ur. Les gains moyens quotidiens (gmq) enregistrés dans l'essai 1 ont présenté des différences significatives ( $P < 0,01$ ) avec 100,5, 62,4 et 58,6 g respectivement pour R1, R2 et R3. Ces substitutions se sont traduites par des pertes respectives en gmq de - 38,1 et - 49,2 g. Toutefois, R2 et R3 ont présenté les meilleurs profits, avec respectivement des bénéfices nets additionnels de + 519 et + 1 055 Fcfa par animal. L'essai 2 a montré que la substitution partielle de TC (- 10 p. 100) par du foin de *Pennisetum pedicellatum* (Pp) s'est traduite par des pertes en gmq de - 14,4 g. En conclusion, la combinaison entre 20-30 p. 100 de TC ou de Ksa et 27 p. 100 de GPr + Ur a permis, d'une part, une bonne valorisation des fourrages (PS ou Pp) et, d'autre part, aux producteurs d'enregistrer les meilleurs gains économiques.

## ■ INTRODUCTION

La conduite du petit élevage au sein des exploitations mixtes agriculture-élevage constitue une activité particulièrement stratégique pour les producteurs (12) en tant que source de liquidité, d'assurance contre les risques en agriculture pluviale, de fertilisants organiques pour les cultures, d'épargne sur pied... Toutefois, l'engrais-

sement saisonnier des ovins, bien que constituant une opportunité de mobilisation de revenus en saison sèche, connaît de sérieuses contraintes d'alimentation, plus particulièrement celle relative à l'accès des producteurs aux concentrés produits hors ferme.

Ces problèmes de stratégie d'alimentation des animaux au sein des systèmes mixtes ont été à la base de plusieurs travaux de recherche pour permettre une meilleure valorisation de produits de substitution et contribuer ainsi à la réduction des coûts d'alimentation. Ces investigations ont été orientées vers divers sujets, parmi lesquels les systèmes de complémentation à base d'aliments non-conventionnels (15, 20), les traitements chimiques de la paille (6, 19), la valorisation de la croissance compensatrice par le biais de la complémentation stratégique (29), les systèmes de rationnement à partir des résidus de culture (23). D'autres investigations ont mis en évidence la possibilité de valoriser des fourrages pauvres par

1. Inera, 04 BP 8645, Ouagadougou 04, Burkina Faso

2. Université polytechnique, 01 BP 1091, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

3. Fast-UO, 03 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso

\* Auteur assurant la correspondance

Tél. : (226) 340 270 ou 347 112 ; fax : (226) 340 271

E-mail : zoundi@hotmail.com ou zoundi@fasonet.bf

l'utilisation de ressources azotées et énergétiques disponibles localement (8, 27, 29). Pour optimiser l'utilisation des sous-produits agro-industriels, des essais (17) ont permis la formulation d'un concentré dénommé Kbsa (Ksa) [30 p. 100 de tourteau de coton (TC), 27 p. 100 de son de blé, 26 p. 100 de graines de coton, 14 p. 100 de mélasse ou de poudre de néré, 1,70 p. 100 de coquilles d'huîtres et 1,30 p. 100 de sel], avec une ration retenue pour l'embouche intensive comprenant 40 p. 100 de paille de sorgho (PS) et 60 p. 100 de Ksa.

Tenant compte du contexte socio-économique des exploitations mixtes du plateau central du Burkina Faso, marqué notamment par la faible disponibilité en ressources financières, la présente étude a examiné les possibilités de valorisation des fourrages pauvres pour la production de viande à moindre coût à travers l'utilisation raisonnée de sources azotées protéiques et non-protéiques, et énergétiques disponibles à la ferme. Dans l'essai 1 ont été analysées les possibilités de substitution partielle du concentré Ksa par des sources azotées et énergétiques localement disponibles, et dans l'essai 2 celles liées à la substitution partielle de tourteau de coton par l'utilisation combinée de fourrages produits au sein de la ferme et de sources énergétiques et azotées facilement accessibles aux producteurs.

## MATERIEL ET METHODES

Deux essais consécutifs, l'un en milieu réel (essai 1) et l'autre en station (essai 2) ont été conduits avec des ovins mâles entiers de race Djallonké. Tous les animaux ont été vaccinés contre la pasteurellose ovine et déparasités avant le démarrage de chaque essai. Les pesées ont lieu eu une fois par semaine à 7 h 00 du matin après 12 heures de jeûne. Des mesures d'azote ammoniacal (N-NH<sub>3</sub>) du jus de rumen ont été effectuées en deux prises journalières (10 h 00 et 18 h 00) et quatre heures après la distribution des aliments selon les procédures de prélèvement décrites par Preston et Leng (20). Le dosage du N-NH<sub>3</sub> a été fait selon la méthode de Conway (9).

Chaque essai a duré 112 jours y compris une période d'adaptation de 14 jours. Les aliments ont été offerts sur la base de 2,5 kg de matière sèche (MS) pour 100 kg de poids vif, lequel taux a été progressivement réajusté jusqu'à 3,5 p. 100 en fin d'expérimentation. Les aliments grossiers [PS et foin de *Pennisetum pedicellatum* Trin. (Pp)] ont été fournis en limitant les refus à un taux de 10-15 p. 100. A la fin de chaque essai, un échantillon de quatre animaux par lot a été abattu et les analyses des performances d'habillage et de découpe des carcasses ont été effectuées selon les procédures décrites par Boccard et Dumont (4, 5).

L'essai 1 a concerné des ovins âgés de 14-17 mois et de poids vif initial de 19,3 ± 2,6 kg. Deux traitements expérimentaux (tableau I) ont été étudiés en comparaison avec le témoin incorporant le concentré Ksa [17,6 p. 100 de matières azotées digestibles (MAD) ; 0,91 UF/kg MS] dans un dispositif en blocs incomplets avec deux répétitions (atelier d'embouche ou bloc) par traitement ; chaque atelier d'embouche comportant 10 animaux, soit un total de 70 ovins.

Tenant compte de l'objectif de l'étude, un mélange de poudre de gousses de *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst (GPr) (5,8 p. 100 MAD ; 0,41 UF/kg MS), aliment traditionnellement utilisé par les producteurs, et d'urée (Ur) a été utilisé en substitution partielle au concentré. Ce complément a été servi en quatre prises fractionnées dans la journée.

Pour l'essai 2, des ovins mâles entiers âgés de 12-15 mois et de poids vif initial de 16,8 ± 0,5 kg ont été utilisés dans un dispositif factoriel à deux facteurs. Le facteur 1 a représenté la nature du

Tableau I

Dispositif expérimental (essai 1)

	Traitements		
	Témoin (60 % Ksa)	Substitution partielle de Ksa par GPr + Ur	Substitution totale de de Ksa par TC + GPr + Ur
	Ration 1	Ration 2	Ration 3
Composition (%)			
PS	40	40	50,50
Ksa	60	30	-
TC	-	-	20
GPr	-	26	26
Ur	-	1,50	1
Pierre à lécher	-	2,50	2,50
Valeur théorique <sup>a</sup>			
MAD (%)	10,68	11,11	11,62
UF/kg MS	0,67	0,50	0,43
Nombre d'ateliers	2	2	3

PS : paille de sorgho ; Ksa : aliment Kbsa ; GPr : gousses de *Piliostigma reticulatum* ; Ur : urée ; TC : tourteau de coton

<sup>a</sup> Calcul effectué à partir des équations de régression pour la détermination des éléments digestibles totaux selon Harris (Rivière, 1991, Cirad-Iemvt)

MAD : matières azotées digestibles

fourrage de base : paille de sorgho (0,30 p. 100 MAD ; 0,30 UF/kg MS) ou foin de *Pennisetum pedicellatum* Trin. (Pp) (2,9 p. 100 MAD ; 0,39 UF/kg MS). Le facteur 2 a représenté la source azotée : tourteau de coton (TC) (35,2 p. 100 MAD ; 1,04 p. 100 UF/kg MS) ou foin de niébé (FN) (9,2 p. 100 MAD ; 0,60 UF/kg MS). Un total de quatre traitements expérimentaux (tableau II) ont été évalués en comparaison avec le témoin identique à celui de l'essai 1, chaque traitement comportant 10 animaux, soit un total de 50 ovins. La formulation des rations a été faite de manière à permettre des comparaisons deux à deux (ration 2 et ration 4 ; ration 3 et ration 5) avec pour objectif de voir si l'amélioration de la qualité du fourrage de base pouvait se traduire par une économie en sources azotées ainsi que des gains économiques plus intéressants pour les producteurs.

Les évaluations économiques des deux essais ont été basées sur l'analyse coût-avantage selon les procédures décrites par Amir et Knipscheer (3). Les analyses statistiques des données ont été effectuées à l'aide des procédures de SAS (22) et selon le test de Newman-Keuls.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Essai 1

#### Performances pondérales et consommation alimentaire

Les valeurs des gains moyens quotidiens (gmq) obtenus (tableau III) ont été de 100,5, 62,4 et 58,6 g, respectivement pour les rations 1, 2 et 3. Les valeurs de gmq obtenues avec le témoin (ration 1) ont été comparables à celles obtenues par Nianogo et coll. (19). Le gmq moyen enregistré avec la ration 3 a été, quant à lui, légèrement inférieur à celui obtenu (64,1 g) par Zoundi et coll. (28) sur

**Tableau II**  
Dispositif expérimental (essai 2)

	Traitements				
	Témoin (60 % Ksa)	PS + 20 % TC + 27 % GPr + Ur	PS + 40 % FN + 13 % GPr + Ur	Pp + 10 % TC + 27,50 % GPr + Ur	Pp + 30 % FN + 13 % GPr + Ur
	Ration 1	Ration 2	Ration 3	Ration 4	Ration 5
Composition (%)					
PS	40	50,50	45,50	-	-
Pp	-	-	-	60	54,50
Ksa	60	-	-	-	-
TC	-	20	-	10	-
FN	-	-	40	-	30
GPr	-	26	12	26	12
Ur	-	1	1	1,50	1
Pierre à lécher	-	2,50	2,50	2,50	2,50
Valeur théorique <sup>a</sup>					
MAD (%)	10,68	11,36	7,26	10,84	7,8
UF/kg MS	0,67	0,42	0,42	0,43	0,44

PS : paille de sorgho ; Ksa : aliment Kibsa ; GPr : gousses de *Piliostigma reticulatum* ; Ur : urée ; TC : tourteau de coton ; FN : foin de niébé ; Pp : foin de *Pennisetum pedicellatum*

<sup>a</sup> Calcul effectué à partir des équations de régression pour la détermination des éléments digestibles totaux selon Harris (Rivière, 1991, Cirad-Iemvt)

MAD : matières azotées digestibles

**Tableau III**  
Performances pondérales et consommation volontaire des animaux (essai 1)

	Traitements			Signification effets traitements	Ecart-type
	Témoin (60% Ksa)	Substitution partielle Ksa par GPr + Ur	Substitution totale de Ksa par TC + GPr + Ur		
	Ration 1	Ration 2	Ration 3		
Poids vif (kg)					
Semaine 0	19,4 <sup>a</sup>	19,3 <sup>a</sup>	19,3 <sup>a</sup>	NS	3,04
Semaine 4	22,3 <sup>a</sup>	20,5 <sup>a</sup>	20,9 <sup>a</sup>	NS	3,20
Semaine 8	24,9 <sup>a</sup>	22,3 <sup>b</sup>	22,7 <sup>b</sup>	**	3,39
Semaine 12	27,8	24,5 <sup>b</sup>	24,2 <sup>b</sup>	***	3,52
Gain total de poids vif	8,4 <sup>a</sup>	5,2 <sup>b</sup>	4,9 <sup>b</sup>	***	1,59
Gain moyen quotidien (g)					
Semaines 1-4	102,7 <sup>a</sup>	43,1 <sup>b</sup>	59,1 <sup>b</sup>	***	43,0
Semaines 5-8	95,7 <sup>a</sup>	65,0 <sup>b</sup>	64,0 <sup>b</sup>	***	32,40
Semaines 9-12	103,2 <sup>a</sup>	78,9 <sup>b</sup>	52,6 <sup>c</sup>	***	26,67
Semaines 1-12	100,5 <sup>a</sup>	62,4 <sup>b</sup>	58,6 <sup>c</sup>	***	18,52
Consommation alimentaire					
Ingestion volontaire (g MS/kg P <sup>0,75</sup> )	72,7 <sup>a</sup>	68,4 <sup>b</sup>	70,9 <sup>b</sup>	***	1,15
Indice de consommation					
Kg MS/kg de gain	8,0 <sup>b</sup>	11,0 <sup>a</sup>	13,1 <sup>a</sup>	***	3,20
UF/kg gain	6,1 <sup>a</sup>	6,2 <sup>a</sup>	5,7 <sup>b</sup>	***	0,27
N-NH <sub>3</sub> jus de rumen (mg/l)	155,2 <sup>a</sup>	191,8 <sup>a</sup>	190,7 <sup>a</sup>	NS	17,62

PS : paille de sorgho ; Ksa : aliment Kibsa ; GPr : gousses de *Piliostigma reticulatum* ; Ur : urée ; TC : tourteau de coton

MS : matière sèche ; N-NH<sub>3</sub> : azote ammoniacal

Les valeurs figurant sur la même ligne et ne portant aucun indice commun sont significativement différentes selon le test de Newman-Keuls (SNK) pour :

\*\* P < 0,05 ; \*\*\* P < 0,01 ; NS = non significatif

la même race et avec une ration identique. Il a également été inférieur aux valeurs obtenues (78,4 g) par Nianogo et coll. (18) sur des ovins de même race en conduite semi-intensive (pâturage libre en saison de pluies et complémentation à 25 p. 100 des besoins en MS avec un mélange 50 p. 100 TC + 50 p. 100 son de blé).

Des différences significatives ( $P < 0,01$ ) ont été observées entre les  $gmq_{S1-12}$  des trois traitements. Ainsi, la substitution partielle de Ksa par le mélange GPr + Ur s'est soldée par une baisse significative des  $gmq$ , qui sont passés de 100,5 g pour la ration 1 à 62,4 g pour la ration 2, bien que les deux traitements aient eu le même taux en MAD. Cette situation a révélé, d'une part, l'importance de la source azotée et, d'autre part, l'effet déterminant de l'apport énergétique. La complémentation avec l'urée a permis d'avoir des niveaux de  $N-NH_3$

élevés avec 191,8 et 190,7 mg/l pour les rations 2 et 3. Ces niveaux ont été supérieurs au seuil de 150 mg/l recommandés (20) pour une dégradation convenable des fourrages pauvres, mais ils n'ont pas eu d'effet sur les gains de poids vif, sans doute à cause de la réduction en source protéique mais surtout de l'insuffisance d'apport d'énergie. Cette tendance a été similaire à celle observée par Garcia et coll. (11), examinant les effets d'une substitution partielle de TC par de l'urée sur la croissance des ovins.

La substitution totale de Ksa par le TC à 20 p. 100 en combinaison avec le mélange GPr + Ur s'est également traduite par des pertes significatives ( $P < 0,01$ ) en gains de poids (-49,2 g).

Les résultats obtenus sur la consommation volontaire ont été comparables à ceux de Bourzat et coll. (7). Ils ont été inférieurs à ceux

Tableau IV

Performances d'abattage des animaux (essai 1)

	Traitements			Signification effets traitements	Ecart-type
	Témoin (60% Ksa)	Substitution partielle Ksa par GPr + Ur	Substitution totale de Ksa par TC + GPr + Ur		
	Ration 1	Ration 2	Ration 3		
<b>Poids carcasse et rendements</b>					
Carcasse chaude (kg)	11,8 <sup>a</sup>	11,4 <sup>a</sup>	10,6 <sup>a</sup>	NS	1,1
Carcasse après ressuyage (kg)	11,0 <sup>a</sup>	10,6 <sup>a</sup>	9,9 <sup>a</sup>	NS	1,0
Rendement vrai (%)	44,9 <sup>a</sup>	43,63 <sup>a</sup>	42,6 <sup>a</sup>	NS	2,4
<b>Organes internes (kg)</b>					
Foie	0,45 <sup>a</sup>	0,41 <sup>ab</sup>	0,36 <sup>b</sup>	***	0,04
Cœur	0,15 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	NS	0,01
Reins	0,08 <sup>a</sup>	0,07 <sup>ab</sup>	0,07 <sup>ab</sup>	***	0,005
Rate	0,12 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	NS	0,02
Rumen	0,58 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	NS	0,03
Feuillet + caillette	0,23 <sup>a</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,18 <sup>b</sup>	***	0,02
Intestins	1,39 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	NS	0,15
Poumons + trachée	0,33 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	NS	0,03
Total organes/carcasse chaude	29,61 <sup>a</sup>	28,01 <sup>a</sup>	28,74 <sup>a</sup>	NS	2,34
<b>Gras (kg)</b>					
Gras de toilette	0,46 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	NS	0,18
Gras périrénal	0,35 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>	NS	0,13
<b>Catégories morceaux</b>					
<b>Catégorie 1</b>					
Poids (kg)	5,8 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>	5,1 <sup>b</sup>	***	1,17
En % de la carcasse	52,7 <sup>a</sup>	51,6 <sup>a</sup>	52,5 <sup>a</sup>	NS	0,27
<b>Catégorie 2</b>					
Poids (kg)	3,1 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	NS	0,89
En % de la carcasse	28,5 <sup>b</sup>	29,1 <sup>a</sup>	28,8 <sup>a</sup>	***	0,22
<b>Catégorie 3</b>					
Poids (kg)	2,1 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	NS	1,25
En % de la carcasse	18,8 <sup>a</sup>	19,2 <sup>a</sup>	18,7 <sup>a</sup>	NS	0,057

Ksa : aliment Kibsa ; GPr : gousses de *Piliostigma reticulatum* ; Ur : urée ; TC : tourteau de coton

Les valeurs figurant sur la même ligne et ne portant aucun indice commun sont significativement différentes selon le test de Newman-Keuls (Snk) pour : \*\*\*  $P < 0,01$

NS = non significatif

Catégorie 1 : gigot, selle, filets, carré couvert

Catégorie 2 : carré découvert, épaules

Catégorie 3 : poitrine, collier

de Tiendrebeogo (27) sur la race Bali Bali, mais supérieurs aux normes indiquées par Rivière (21). Les valeurs des indices de consommation ont été faibles comparées à celles obtenues par Tiendrebeogo (27) qui rapporte des indices allant de 14 à 23, mais supérieures aux valeurs obtenues par Amegee (2). Elles ont été comparables à celles observées par Bourzat et coll. (7), Dehoux et Hounsou-Ve (10) et Nianogo et coll. (19) et ont traduit une bonne efficacité de transformation alimentaire par les animaux, plus particulièrement ceux du traitement 3.

#### Performances d'abattage des animaux

Les rendements des carcasses obtenus (tableau IV) ont été de 44,9, 43,6 et 42,6 p. 100 respectivement pour les rations 1, 2 et 3. Ces valeurs ont été proches de celles de Bourzat et coll. (7) et de Nianogo et coll. (19) (40-48 p. 100), mais elles ont été inférieures à celles obtenues par Amegee (2) (52-56 p. 100) et par Nianogo et coll. (18) (49-53 p. 100).

Concernant le développement des organes internes et hormis les reins et l'ensemble feuillet + caillette, il n'y a eu aucune différence significative entre les rations. Toutefois, un développement plus important d'organes internes des animaux utilisant la ration 1 a été

observé. Cette situation qui traduit la relative disponibilité en nutriments dans la ration 1 a été similaire à celle observée chez des animaux soumis à la croissance compensatrice (13, 14, 29).

#### Analyse économique

En termes de bénéfice net en liquidité, les résultats obtenus (tableau V) ont révélé un avantage des rations 2 et 3 (respectivement 3 481 et 4 017 Fcfa de bénéfice net par animal, contre 2 962 Fcfa pour le témoin). Les marges brutes ont été dans la même fourchette de valeurs que celles obtenues par Tiendrebeogo (2 400 à 5 200 Fcfa) (27), mais elles ont été inférieures aux valeurs reportées par Zoundi et coll. (4 000-5 200 Fcfa) (29) sur la même race. Toutefois, ces valeurs ont été largement supérieures à celles obtenues par Dehoux et Hounsou-Ve (910 Fcfa en moyenne par animal) (10) sur des béliers Djallonké en zone humide. En termes de renouvellement du capital investi, un net avantage des rations 2 et 3 a également été observé. Ces avantages économiques obtenus avec les traitements 2 et 3 malgré leurs faibles gains en poids (comparés au témoin) seraient dus non seulement aux coûts d'alimentation (39,8 p. 100 des charges totales de la ration 1 contre 23,7 et 18,1 p. 100 respectivement pour les rations 2 et 3), mais aussi à la « rente de situation » créée par la fête de la Tabaski et au

Tableau V

Analyse économique (en Fcfa par animal embouché) (essai 1)

	Traitements		
	Témoin (60% Ksa)	Substitution partielle Ksa par GPr + Ur	Substitution totale de Ksa par TC + GPr + Ur
	Ration 1	Ration 2	Ration 3
Coûts de production			
Dépenses en liquidité			
Aliments <sup>1</sup>	3 525	1 676	984
Animaux <sup>2</sup>	4 790	4 747	4 754
Soins vétérinaires <sup>3</sup>	300	300	300
Dépenses en nature			
Aliments <sup>4</sup>	239	340	389
Coûts alimentation/charges (%)	39,8	23,7	18,1
Recettes			
Recettes en liquidité <sup>5</sup>	11 577	10 204	10 055
Recettes en nature <sup>6</sup>	126	126	126
Résultats			
Marges brutes <sup>a</sup>	2 849	3 278	3 760
Bénéfice net en liquidité <sup>b</sup>	2 962	3 481	4 017
Rapport coût-avantage <sup>c</sup>	1,32	1,46	1,87
Renouvellement capital <sup>d</sup>	1,34	1,51	1,98

Ksa : aliment Kibsa ; GPr : gousses de *Piliostigma reticulatum* ; Ur : urée ; TC : tourteau de coton

<sup>1</sup> Prix (Fcfa) par kilogramme de matière sèche : Ur = 82 ; TC = 75 ; Ksa = 90 ; minéraux = 550

<sup>2</sup> Prix moyen d'achat des animaux : 247 Fcfa par kilogramme de poids vif

<sup>3</sup> Coût moyen par animal : 300 Fcfa

<sup>4</sup> Coût estimé : paille de sorgho = 7 Fcfa ; GPr = 8 Fcfa

<sup>5</sup> Prix moyen réel à la vente : 416 Fcfa par kilogramme de poids vif

<sup>6</sup> Fumier : 300 g par animal/j ; 5 Fcfa par kilogramme de fumier

<sup>a</sup> Recettes totales – coûts totaux

<sup>b</sup> Recettes en liquidité – dépenses en liquidité

<sup>c</sup> Recettes totales / coûts totaux

<sup>d</sup> Recettes en liquidité / dépenses en liquidité

mode de vente des animaux. En effet, pendant cette période, les prix de vente des ovins mâles sont particulièrement élevés et sont déterminés par d'autres critères (conformation, robe...) que le poids vifs. Un prix moyen réel de 416 Fcfa/kg de poids vif a été noté sur les marchés à partir de pesées effectuées pendant les ventes.

Les résultats ont montré que la substitution partielle de Ksa par le mélange GPr + Ur, même si elle s'est traduite par des gains de poids moindres, a permis aux producteurs d'avoir un bénéfice net en liquidité additionnel de + 519 Fcfa par animal engraisé. L'utilisation du mélange GPr + Ur en combinaison avec le TC à une plus faible proportion (20 p. 100 au lieu de 30 p. 100 Ksa) a constitué une alternative intéressante avec le gain économique en liquidité le plus élevé (gain additionnel de + 1 055 Fcfa et de + 536 Fcfa par animal en comparaison avec les rations 1 et 2).

## Essai 2

### Performances pondérales et consommation volontaire

Les gains de poids observés (tableau VI) ont été globalement inférieurs à ceux enregistrés au cours de l'essai 1. Cette situation serait

due aux cas de diarrhées enregistrés pendant 96 h dans la 7<sup>e</sup> semaine de l'essai. Les gmq (semaines 1-12) ont présenté des différences très significatives ( $P < 0,01$ ) avec une supériorité du traitement témoin. Les gmq enregistrés avec les rations 3 et 5 ont été les plus bas (respectivement 5,0 et 8,6 g), comparables à ceux obtenus par Tamboura et Abou (24) avec des animaux de même race utilisant la paille de riz et recevant une complémentation sous forme de bloc mélasse-urée.

La comparaison entre les rations 2 et 4 a montré que la diminution du taux d'incorporation du TC (- 10 p. 100) au profit de Pp a entraîné des pertes en gmq (- 14,4 g). L'amélioration de la qualité du fourrage de base n'a donc pas été suffisante pour compenser le manque en nutriments dû à la baisse du taux de TC, le raisonnement de la substitution étant basé sur le pourcentage de MS d'aliment. Les rations 2 et 4 ont eu sensiblement les mêmes valeurs énergétiques et cette situation indiquerait l'effet négatif de la réduction en source protéique dans la ration 4. Le mélange GPr + Ur, sensé améliorer la digestion globale de la ration à travers l'amélioration de l'environnement du rumen, n'a pas produit l'effet escompté en termes de gains de poids. Cette tendance rejoint les observations de certains auteurs (25) montrant que

Tableau VI  
Performances pondérales et consommation alimentaire (essai 2)

	Traitements					Signification effets traitements	Ecart-type
	Témoin (60 % Ksa)	PS + 20 % TC + 27 % GPr + Ur	PS + 40 % FN + 13 % GPr + Ur	Pp + 10 % TC + 27,50 % GPr + Ur	Pp + 30 % FN + 13 % GPr + Ur		
	Ration 1	Ration 2	Ration 3	Ration 4	Ration 5		
Poids vifs (kg)							
Semaine 0	16,6 <sup>a</sup>	17,4 <sup>a</sup>	16,4 <sup>a</sup>	17,3 <sup>a</sup>	17,7 <sup>a</sup>	NS	0,56
Semaine 4	19,9 <sup>a</sup>	19,0 <sup>a</sup>	17,5 <sup>a</sup>	18,3 <sup>a</sup>	18,0 <sup>a</sup>	NS	0,93
Semaine 8	20,8 <sup>a</sup>	18,9 <sup>ab</sup>	16,2 <sup>b</sup>	17,9 <sup>ab</sup>	17,4 <sup>ab</sup>	**	1,70
Semaine 12	22,4 <sup>a</sup>	19,7 <sup>ab</sup>	16,6 <sup>b</sup>	18,6 <sup>b</sup>	18,0 <sup>b</sup>	***	2,90
Gain total de poids vif	5,9 <sup>a</sup>	2,4 <sup>b</sup>	0,1 <sup>b</sup>	1,2 <sup>b</sup>	0,3 <sup>b</sup>	***	2,33
Gmq (g)							
Semaines 1-4	122,2 <sup>a</sup>	55,4 <sup>b</sup>	34,4 <sup>b</sup>	28,6 <sup>b</sup>	17,9 <sup>b</sup>	***	36,8
Semaines 5-8	33,7 <sup>a</sup>	8,0 <sup>ab</sup>	29,0 <sup>a</sup>	4,4 <sup>ab</sup>	14,3 <sup>b</sup>	***	32,8
Semaines 9-12	57,1 <sup>a</sup>	28,0 <sup>ab</sup>	9,8 <sup>b</sup>	24,6 <sup>b</sup>	22,2 <sup>b</sup>	***	19,9
Semaines 1-12	71,0 <sup>a</sup>	30,7 <sup>b</sup>	5,1 <sup>c</sup>	16,3 <sup>bc</sup>	8,6 <sup>c</sup>	***	17,7
Consommation alimentaire							
Ingestion volontaire (g MS/kg P <sup>0,75</sup> )	61,0 <sup>a</sup>	58,8 <sup>b</sup>	59,7 <sup>b</sup>	58,7 <sup>b</sup>	56,5 <sup>b</sup>	***	1,60
Indice de consommation							
Kg MS/kg de gain	8,4 <sup>b</sup>	16,8 <sup>b</sup>	57,4 <sup>a</sup>	48,7 <sup>a</sup>	42,1 <sup>a</sup>	***	21,06
UF/kg de gain	5,3 <sup>e</sup>	7,2 <sup>d</sup>	40,5 <sup>a</sup>	13,5 <sup>c</sup>	25,1 <sup>b</sup>	***	1,06
N-NH <sub>3</sub> jus de rumen (mg/l)	171,9 <sup>a</sup>	253,6 <sup>a</sup>	253,6 <sup>a</sup>	190,6 <sup>a</sup>	187,9 <sup>a</sup>	NS	32,84

Ksa : aliment Kibsa ; PS : paille de sorgho ; TC : tourteau de coton ; GPr : gousses de *Piliostigma reticulatum* ; Ur : urée ; Pp : foin de *Pennisetum pedicellatum* ; FN : foin de niébé

Gmq : gain moyen quotidien

Ksa : aliment Kibsa ; GPr : gousses de *Piliostigma reticulatum* ; Ur : urée ; TC : tourteau de coton

Les valeurs figurant sur la même ligne et ne portant aucun indice commun sont significativement différentes selon le test de Newman-Keuls (Snk) pour :

\*\*  $P < 0,05$  ; \*\*\*  $P < 0,01$

NS = non significatif

MS : matière sèche ; N-NH<sub>3</sub> : azote ammoniacal

l'effet de la fourniture convenable de N-NH<sub>3</sub> à travers l'apport en urée n'est maximisé qu'en présence d'une source protéique de bonne valeur nutritive.

La comparaison des rations 3 et 5 a montré un effet positif de la substitution, même s'il n'a pas été significatif. Cette tendance s'expliquerait par le fait que la substitution s'est traduite par un léger accroissement du niveau d'énergie et d'azote, rendant ainsi plus évident l'effet dû à l'amélioration de la qualité du fourrage de base. Malgré tout, les gains de poids enregistrés avec les rations 3 et 5 sont apparus faibles comparés à ceux des rations 2 et 4, ce qui pose le problème de la disponibilité des sources énergétiques et azotées de bonne valeur nutritive au sein des exploitations.

Il y a donc un équilibre à rechercher entre sources énergétiques et azotées hors ferme de bonne valeur et celles disponibles localement ; certains auteurs (1, 16) aboutissent à des taux de substitution du TC par des fourrages azotés ligneux de 25 à 66 p. 100.

La consommation volontaire des aliments a donné des valeurs inférieures à celles enregistrées au cours de l'essai 1, mais avec la même tendance marquée par une supériorité du traitement témoin.

#### Performances d'abattage des animaux

Contrairement aux résultats de l'essai 1, le tableau VII montre des différences très significatives ( $P < 0,01$ ) pour les poids et les rendements des carcasses. D'une manière générale, les rendements

**Tableau VII**  
Performances d'abattage des animaux (essai 2)

	Traitements					Signification effets traitements	Ecart-type
	Témoin (60 % Ksa)	PS + 20 % TC + 27 % GPr + Ur	PS + 40 % FN + 13 % GPr + Ur	Pp + 10 % TC + 27,50 % GPr + Ur	Pp + 30 % FN + 13 % GPr + Ur		
	Ration 1	Ration 2	Ration 3	Ration 4	Ration 5		
<b>Poids carcasse et rendements</b>							
Carcasse chaude (kg)	10,4 <sup>a</sup>	7,9 <sup>b</sup>	6,1 <sup>c</sup>	7,1 <sup>bc</sup>	7,0 <sup>bc</sup>	***	1,65
Carcasse après ressuyage (kg)	10,1 <sup>a</sup>	7,5 <sup>b</sup>	5,5 <sup>c</sup>	6,7 <sup>bc</sup>	6,7 <sup>bc</sup>	***	1,70
Rendement vrai (%)	42,7 <sup>a</sup>	37,0 <sup>b</sup>	32,6 <sup>c</sup>	36,5 <sup>bc</sup>	36,0 <sup>bc</sup>	***	3,65
<b>Organes internes (kg)</b>							
Foie	0,37 <sup>a</sup>	0,26 <sup>b</sup>	0,24 <sup>b</sup>	0,26 <sup>b</sup>	0,25 <sup>b</sup>	***	0,05
Cœur	0,14 <sup>a</sup>	0,12 <sup>ab</sup>	0,09 <sup>b</sup>	0,10 <sup>b</sup>	0,09 <sup>b</sup>	***	0,02
Reins	0,07 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	NS	0,004
Rate	0,10 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	NS	0,02
Rumen + feuillet + caillette	0,78 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,69 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	NS	0,04
Intestins	1,20 <sup>a</sup>	0,92 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>	0,88 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>	NS	0,16
Poumons + trachée	0,29 <sup>a</sup>	0,26 <sup>ab</sup>	0,22 <sup>b</sup>	0,27 <sup>b</sup>	0,23 <sup>b</sup>	**	0,03
Total organes/ carcasse chaude	28,04 <sup>b</sup>	30,16 <sup>ab</sup>	34,72 <sup>a</sup>	32,22 <sup>ab</sup>	31,93 <sup>ab</sup>	**	2,38
<b>Gras (kg)</b>							
Gras de toilette	0,40 <sup>a</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,01 <sup>b</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,05 <sup>b</sup>	***	0,16
Gras périrénal	0,28 <sup>a</sup>	0,08 <sup>b</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,05 <sup>b</sup>	***	0,10
<b>Parties découpe en gros</b>							
Culotte (kg)	3,1 <sup>a</sup>	2,4 <sup>b</sup>	1,9 <sup>c</sup>	2,2 <sup>bc</sup>	2,3 <sup>bc</sup>	***	0,24
Culotte (% de la carcasse)	32,1 <sup>b</sup>	32,8 <sup>ab</sup>	34,9 <sup>a</sup>	33,1 <sup>ab</sup>	35,0 <sup>a</sup>	***	1,09
Coffre (kg)	6,6 <sup>a</sup>	4,92 <sup>b</sup>	3,6 <sup>c</sup>	4,4 <sup>b</sup>	4,2 <sup>bc</sup>	***	0,45
Coffre (% de la carcasse)	67,9 <sup>a</sup>	67,1 <sup>a</sup>	65,1 <sup>b</sup>	66,9 <sup>ab</sup>	65,0 <sup>b</sup>	***	1,10

Ksa : aliment Kibsa ; PS : paille de sorgho ; TC : tourteau de coton ; GPr : gousses de *Piliostigma reticulatum* ; Ur : urée ; Pp : foin de *Pennisetum pedicellatum* ; FN : foin de niébé

Les valeurs figurant sur la même ligne et ne portant aucun indice commun sont significativement différentes selon le test de Newman-Keuls (Snk) pour : \*\*  $P < 0,05$  ; \*\*\*  $P < 0,01$

NS = non significatif

Culotte : gigots + selle

Coffre : épaules + collier + carrés (couvert et découvert)

des carcasses sont apparus faibles, comparés aux valeurs obtenues par Amegee (2), Zoundi et coll. (28) et Nianogo et coll. (18).

Au niveau des organes internes, hormis les reins, la rate, l'estomac et les intestins, des différences significatives ( $P < 0,05$ ) ont également été observées. Comme pour l'essai 1, les plus fortes valeurs ont été enregistrées avec le traitement témoin. Toutefois, le rapport organes internes/carcasse chaude a montré des variations significatives ( $P < 0,05$ ), les valeurs les plus élevées ayant été observées avec les traitements expérimentaux. Cette tendance expliquerait en partie les faibles rendements des carcasses obtenus et rejoint les observations de Kabbali et coll. (13,14) et de Zoundi et coll. (29), traduisant le fait que les nutriments sont prioritairement mobilisés au profit du développement des organes internes. Cette situation est non seulement liée à l'âge des animaux mais également à leur antécédent nutritionnel.

Les parties de la découpe en gros ont également présenté des variations significatives ( $P < 0,01$ ) et les tendances observées s'expliqueraient par l'effet du statut nutritionnel sur le développement différentiel des parties de la carcasse (13, 14, 29).

### Analyse économique

Les résultats consignés au tableau VIII montrent des bénéfices nets en liquidité variant de 3 000 à 3 700 Fcfa par animal. Les traitements expérimentaux ont enregistré les meilleurs gains économiques. Comme pour les gains de poids vif, la diminution du taux de TC au profit du Pp s'est traduite par une perte (- 324 Fcfa par animal en bénéfice net), alors que la substitution partielle du FN par le Pp s'est traduite par un gain (+ 309 Fcfa de bénéfice net par animal). Ces tendances observées s'expliquaient également par l'effet « rente de situation » créé par la fête de la Tabaski où d'autres critères que le poids vif sont intervenus dans la vente des animaux.

### ■ CONCLUSION

Cette étude a montré que les niveaux d'urée (1-1,5 p. 100) étaient appropriés pour assurer une production suffisante de  $N-NH_3$  ( $\geq 150$  mg/l) nécessaire pour une utilisation convenable

Tableau VIII

Analyse économique (en Fcfa par animal embouché) (essai 2)

	Traitements				
	Témoin (60 % Ksa)	PS + 20 % TC + 27 % GPr + Ur	PS + 40 % FN + 13 % GPr + Ur	Pp + 10 % TC + 27,50 % GPr + Ur	Pp + 30 % FN + 13 % GPr + Ur
	Ration 1	Ration 2	Ration 3	Ration 4	Ration 5
Coûts de production					
Dépenses en liquidité					
Aliments <sup>1</sup>	2 901	752	61	439	54
Animaux <sup>2</sup>	5 796	6 083	5 733	6 065	6 184
Soins vétérinaires <sup>3</sup>	350	350	350	350	350
Dépenses en nature					
Aliments <sup>4</sup>	130	253	661	329	641
Coûts alimentation/charges (%)	33,0	13,5	10,6	10,7	9,61
Recettes					
Recettes en liquidité <sup>5</sup>	12 342	10 863	9 147	10 208	9 900
Recettes en nature <sup>6</sup>	126	126	126	126	123
Résultats					
Marges brutes <sup>a</sup>	3 291	3 551	2 468	3 151	2 797
Bénéfice net en liquidité <sup>b</sup>	3 295	3 678	3 003	3 354	3 312
Rapport coût-avantage <sup>c</sup>	1,36	1,48	1,36	1,44	1,39
Renouvellement capital <sup>d</sup>	1,36	1,51	1,49	1,49	1,50

Ksa : aliment Kibsa ; PS : paille de sorgho ; TC : tourteau de coton ; GPr : gousses de *Piliostigma reticulatum* ; Ur : urée ; Pp : foin de *Pennisetum pedicellatum* ; FN : foin de niébé

<sup>1</sup> Prix (Fcfa) par kilogramme de matière sèche : Ur = 82 ; TC = 75 ; Ksa = 100 ; minéraux = 550

<sup>2</sup> Prix moyen d'achat des animaux : 350 Fcfa par kilogramme de poids vif

<sup>3</sup> Coût moyen par animal : 350 Fcfa

<sup>4</sup> Coût estimé : paille de sorgho = 7 Fcfa ; GPr = 8 Fcfa ; FN = 30 Fcfa ; Pp = 9 Fcfa

<sup>5</sup> Prix moyen réel à la vente : 550 Fcfa par kilogramme de poids vif

<sup>6</sup> Fumier : 300 g par animal/j ; 5 Fcfa par kilogramme de fumier

<sup>a</sup> Recettes totales - coûts totaux

<sup>b</sup> Recettes en liquidité - dépenses en liquidité

<sup>c</sup> Recettes totales / coûts totaux

<sup>d</sup> Recettes en liquidité / dépenses en liquidité

des fourrages pauvres. Les résultats ont également indiqué que, pour les besoins de production saisonnière de viande ovine dans ce contexte à faible disponibilité en capital financier, la combinaison entre une source azotée protéique (TC ou Ksa) à 20-30 p. 100 et un mélange GPr + Ur à 27 p. 100 permettait, d'une part, une utilisation optimale des fourrages pauvres (PS ou Pp) et, d'autre part, aux producteurs d'enregistrer les meilleurs gains économiques.

Les résultats ont toutefois révélé des limites liées à la mobilisation de sources azotées et énergétiques de bonne valeur au sein de la ferme en vue d'une substitution partielle ou totale des concentrés produits hors ferme. Ainsi, l'investissement dans la recherche de sources énergétiques et azotées de bonne valeur nutritive, telles les gousses d'essences légumineuses fourragères, apparaît justifié et permettrait de réduire de manière significative les coûts en liquidité tout en assurant un meilleur croît pondéral.

## BIBLIOGRAPHIE

1. AL-JASSIM R.A.M., EREIFEJ K.I., SHIBLI R.A., ABUDABOS A., 1998. Utilization of concentrate diets containing acorns (*Quercus aegilops* and *Quercus coccifera*) and urea by growing Awassi lambs. *Small Ruminant Res.*, **29**: 289-293.
2. AMEGEE Y., 1984. Le mouton de Vogan (croisé Djallonké x Sahélien) au Togo. III. Performances d'engraissement et rendements des carcasses. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **37** : 97-106.
3. AMIR P., KNIPSCHER H.C., 1989. Conducting on-farm animal research: Procedures and economics analysis. Arlington, VA, USA, Winrock International Institute for Agricultural Development/Ottawa, Canada, International Development Research Centre, 244 p.
4. BOCCARD R., DUMONT B.L., 1955. Etude de la production de viande chez les ovins. 1. La découpe des carcasses. Définition d'une coupe de référence. *Ann. Zootech.*, **3** : 241-257.
5. BOCCARD R., DUMONT B.L., 1960. Etude de la production de viande chez les ovins. II. Variation de l'importance des différentes régions corporelles de l'agneau de boucherie. *Ann. Zootech.*, **9** : 356-363.
6. BOUGOUMA-YAMEOGO V., 1997. Influence de la qualité du fourrage et du taux de concentré sur les performance de croissance et d'engraissement de béliers « Djallonké » de type « Mossi ». *Revue Méd. vét.*, **148** : 299-306.
7. BOURZAT D., BONKOUNGOU E., RICHARD D., SANFO R., 1987. Essais d'intensification de la production animale en zone sahélo-soudanaïenne : alimentation intensive de jeunes ovins dans le nord du Burkina. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **40** : 151-156.
8. CELIK B., ALARSLAN O.F., 1998. A research on the effects of only barley ration and added urea as protein source on the fattening performance of lambs. *Lalahan Hayvancilik Arastirma Enstitusu Dergisi*, **38**: 41-48.
9. CONWAY E.J., 1962. Microdiffusion analysis and volumetric error, 5th Ed. London, UK, Crosby Lockwood, 468 p.
10. DEHOUX J.P., HOUNSOU-VE G., 1991. Essai préliminaire d'embouche intensive de béliers Fulani et Djallonké à base de céréales (mil et maïs) et de graines de coton, au nord-est du Bénin. *Tropicultura*, **9** : 151-154.
11. GARCIA C.A., DA SILVA-SOBRINHO A.G., FERNANDES E.A., SCHENCK P.F., 1995. The use of urea as partial cotton meal substitution for lambs in growth. *UNIMAR Ciencias*, **4**: 42-48.
12. GRYSSELS G., 1988. Role of livestock on mixed smallholder farms in the Ethiopian Highlands: A case study from Baso and Worena Wereda near Debre Berhan. PhD thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 249 p.
13. KABBALI A., JOHNSON W.L., GOODRICH R.D., ALLEN C.E., 1992. Effect of compensatory growth on some body component weights and on carcass and non carcass composition of growing lambs. *J. Anim. Sci.*, **70**: 2852-2858.
14. KABBALI A., JOHNSON W.L., GOODRICH R.D., ALLEN C.E., 1992. Effect of under-nutrition and refeeding on weights of body parts and chemical components of growing Moroccan lambs. *J. Anim. Sci.*, **70**: 2859-2865.
15. KHAMIS H.S., EL SAHER H.M., SALEM O.A., 1996. Fattening sheep on diets of broiler litter ensiled with green Berseem (*Trifolium alexandrinum* L.): Nutritional evaluation of fattening sheep diets. *Small Ruminant Res. Network Newsl.* (32): 4-8.
16. NDEMANISHO E.E., MTENGA L.A., KIMBI E.F.C., KIMAMBO A.E., MTENGETI E.J., 1998. Substitution of dry *Leucaena leucocephala* (DDL) leaves for cotton seed cake (CSC) as a protein supplement to urea treated maize stover fed to dairy weaner goats. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **73**: 365-374.
17. NIANOGO A.J., LOUIS S.L., SOLAIMAN S., OUEDRAOGO C.L., SIWAYAY A., 1999. Effect of urea treatment on digestibility and utilization of sorghum straw. *Biotechnol., Agron., Soc. Environ.* (BASE), **3**: 78-85.
18. NIANOGO A.J., NASSA S., SOMA L., SANON H.O., 1997. Influence de la complémentation et du mode de conduite sur la croissance des agneaux Mossi en saison pluvieuse. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **45** : 241-249.
19. NIANOGO A.J., SOMA L., BONKOUNGOU G.F.X., NASSA S., ZOUNDI S.J., 1995. Utilisation optimale de la graine de coton et des fourrages locaux pour l'engraissement des ovins Djallonké type Mossi. *Revue Rés. Amélior. Prod. agr. Milieu aride*, **7** : 179-195.
20. PRESTON T.R., LENG R.A., 1986. Matching livestock production systems to available resources (pre-testing edition). Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, 331 p.
21. RIVIERE R., 1991. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Paris, France, ministère de la Coopération et du développement, 529 p.
22. SAS, 1982. User's guide. Cary, NC, USA, SAS Institute, 40 p.
23. SAVADOGO M., 2000. Crop residue management in relation to sustainable land use. A case study in Burkina Faso. PhD thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 159 p.
24. TAMBOURA H., ABOU F., 1992. Utilisation des blocs mélasse-urée pour la valorisation des pailles de riz dans l'alimentation des moutons en pays tropicaux sahéliens. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **40** : 25-31.
25. TAREQUE A.M.M., 1987. Non-protein and agro-industrial by-products utilization by ruminants in Bangladesh. In: Proc. Final co-ordination meeting "Isotope aided studies on non-protein nitrogen and agro-industrial by-products utilization by ruminants", Vienna, Austria, 24-26 March 1986. Vienna, Austria, FAO/IAEA, p. 129-142.
26. THYS E., 1991. L'utilisation de tourteau et de coques de coton à haute dose dans l'alimentation de béliers de l'extrême Nord Cameroun. Observations préliminaires. *Tropicultura*, **4** : 132-136.
27. TIENDREBEOGO J.-P., 1992. Embouche ovine améliorée. Etude comparée des différentes rations alimentaires à forte proportion de fourrages naturels locaux. *Revue sci. tech.*, **20** : 68-78.
28. ZOUNDI S.J., NIANOGO A.J., SAWADOGO L., 1996. Utilisation de gousses de *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst. et de feuilles de *Cajanus cajan* (L.) Millsp. en combinaison avec l'urée pour l'engraissement de moutons Djallonké type Mossi et du Sud au Burkina. *Tropicultura*, **14** : 149-152.
29. ZOUNDI S.J., SAWADOGO L.L., NIANOGO A.J., 1994. Croissance compensatrice d'ovins alimentés sur parcours naturels : analyse des grains de poids vif et des caractéristiques de la carcasse. *Revue Rés. Amélior. Prod. agr. Milieu aride*, **6** : 179-196.

Reçu le 30.11.2000, accepté le 13.12.2002

### Summary

**Zoundi J.S., Nianogo A.J., Sawadogo L.** Optimal Use of Locally Available Feed Resources for Sheep Fattening in Mixed Crop-Livestock Farming Systems in the Central Plateau of Burkina Faso

Two trials were carried out on Djallonke fattening sheep to investigate feed systems that would produce meat at lower cost. "Kibsa Aliment" (KSA), a commercial concentrate (17.60% digestible crude protein, 0.91 UF/kg dry matter), or cottonseed cakes (CSC) were partially or totally substituted by local energy and nitrogen sources. A control diet (D1) [40% sorghum straw (SS) + 60% KSA] was thus compared to various feed combinations that included local products: in D2, KSA was partially substituted (- 30%) by 27.50% *Piliostigma reticulatum* pods (PrP) + urea (Ur), and in D3, KSA was totally substituted by 47% CSC + PrP + Ur. In trial 1, the average daily gains (ADG) were significantly different ( $P < 0.01$ ) with values of 100.5, 62.4, and 58.6 g recorded in D1, D2, and D3, respectively. These substitutions led to ADG losses of - 38.1 and - 49.2 g, respectively. However, D2 and D3 yielded the highest profits with extra benefits of + 519 and + 1055 CFA francs net per animal. In trial 2, CSC was partially substituted (- 10%) by *Pennisetum pedicellatum* (Pp) hay, which resulted in ADG losses of - 14.4 g. In conclusion, the combination of 20-30% CSC or KSA, and 27% PrP + Ur enhanced the fodder (SS or Pp) quality and enabled producers to register the highest profits.

**Key words:** Djallonke sheep – Fattening – Substitute feed – Urea – *Piliostigma reticulatum* – Cost benefit analysis – Burkina Faso.

### Resumen

**Zoundi J.S., Nianogo A.J., Sawadogo L.** Uso optimizado de los recursos alimenticios disponibles localmente para el engorde de ovinos en el seno de explotaciones mixtas agricultura-cría en la meseta central de Burkina Faso

Se llevaron a cabo ensayos con los ovinos Djallonke de engorde, con el fin de buscar los sistemas de alimentación para la producción de carne a menor costo. Durante el presente estudio se examinaron las posibilidades de sustitución parcial o total de un concentrado comercial "Alimento Kibsa" (Ksa) (17,60% de materias nitrogenadas digeribles; 0,91 UF/kg de materia seca) o torta de algodón (TC) mediante fuentes energéticas y nitrogenadas disponibles localmente. De esta manera, se comparó una ración testigo (R1) [40% paja de sorgo (PS) + 60% Ksa] con diferentes combinaciones alimenticias integrando productos locales: en R2 hubo una sustitución parcial de Ksa (- 30%) por 27,50% de vainas de *Piliostigma reticulatum* (GPr) + urea (Ur) y en R3 hubo una sustitución total de Ksa por 47% de TC + GPr + Ur. Las ganancias medias diarias (gmq) registradas durante la prueba 1 presentaron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) con 100,5, 64,2 y 58,6 g respectivamente para R1, R2 y R3. Estas sustituciones se traducen por pérdidas respectivas de gmq de - 38,1 y de - 49,2 g. Sin embargo, R2 y R3 presentaron mejores ganancias, con beneficios respectivos netos adicionales de + 519 y + 1055 Fcfa por animal. El estudio 2 mostró que la sustitución parcial de TC (- 10%) por heno de *Pennisetum pedicellatum* (Pp) se traduce por pérdidas de gmq de - 14,4 g. En conclusión, la combinación de entre 20-30% de TC o de Ksa y de 27% de GPr + Ur condujo a una buena valorización de los forrages (PS o Pp) y permitió a los productores mejores ganancias económicas.

**Palabras clave:** Ovino Djallonke – Engorde – Alimento sustitutivo – Urea – *Piliostigma reticulatum* – Analisis de costos y beneficios – Burkina Faso.

# Estimates of Genetic and Phenotypic Parameters for Milk Production in Moroccan Holstein-Friesian Cows

I. Boujenane<sup>1</sup>

## Key words

Holstein-Friesian cattle – Dairy cow – Milk yield – Milk fat – Heritability – Genetic correlation – Morocco.

## Summary

Heritabilities, repeatabilities and genetic and phenotypic correlations among milk yield, fat yield and fat percentage were estimated using an animal model and 20,140 records of 11,618 Holstein-Friesian cows enrolled in the Moroccan official milk-recording program between 1990 and 1999. Heritabilities for milk yield, fat yield and fat percentage were 0.29, 0.27, and 0.39, respectively, and their repeatabilities were 0.33, 0.32, and 0.39, respectively. Genetic correlations of milk yield with fat yield and with fat percentage were 0.96 and  $-0.32$ , respectively, and correlation of fat yield with fat percentage was  $-0.06$ . Phenotypic correlations were 0.96 between milk and fat yields,  $-0.28$  between milk yield and fat percentage, and  $-0.03$  between fat yield and percentage. It was concluded that these genetic and phenotypic parameters could be used for the genetic evaluation of dairy cattle in Morocco.

## ■ INTRODUCTION

To satisfy the growing demand of the human population for milk, the Moroccan government set up a plan in 1975 to increase milk production. The most important genetic strategies were the introduction of improved dairy cattle, the institution of milk recording, and the extension of artificial insemination (AI). Thus, more than 10,000 Holstein and Friesian heifers were purchased annually from Europe and North America. In 1995, the number of improved cows was 288,000 (5). To improve this gene pool, official milk recording was instituted in the early 70's and the progeny test of AI bulls was initiated in 1989 (5). However, development and realization of animal breeding plans require knowledge of genetic parameters of the traits considered.

The objectives of this study were to estimate heritabilities and repeatabilities for milk and fat yields and fat percentage, as well as genetic and phenotypic correlations among them from lactation records of Holstein-Friesian cows enrolled in the Moroccan

official milk-recording program. These parameters were needed to plan out future breeding programs as well as to predict breeding values.

## ■ MATERIALS AND METHODS

### Data

The data analyzed were kindly provided by the Livestock Service of the Ministry of Agriculture and concerned Holstein-Friesian cows involved in the official milk-recording program. Test day yields for milk and fat percentage were the basic information used for calculation of yields. Milk recording practiced in Morocco is classified as type A. During lactation, morning and evening milking of each cow was recorded once a month within an interval of 26-35 days. Data were restricted to records for which the first milk recording had occurred between 5 and 73 days and spacing of consecutive sample days was not more than 68 days. Lactation records were standardized to 305 days, except records of cows that went dry with less than 305 days of milk. Data were edited for errors, redundancy, and incomplete observations. Further editing was carried for pedigree checks, consistent lactation number, date of calving, and calving age. The final data file was restricted to

1. Department of Animal Production, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, BP 6202, Rabat-Instituts, 10101 Rabat, Morocco  
Tel/Fax: 212 37 77 64 20; E-mail: i.boujenane@iav.ac.ma

cows milked twice a day, calving from 1990 to 1999, age at calving from 22 to 120 months, parity from 1 to 5, milk yield range from 845 to 10,104 kg, and over 210-day lactation. Although in Morocco 85% of herds have less than five cows (5), in this study herds that had less than three cows were omitted. Moreover, records with missing values on any of the traits of interest (milk yield, fat yield and fat percentage) were discarded. The remaining records included 20,140 records from 11,618 cows located in 320 herds.

### Statistical analyses

The total number of animals in the analysis was 20,220 (11,618 individuals, 1519 sires and 7083 dams). The traits studied were milk yield, fat yield and fat percentage during 305 days of lactation. Data were first analyzed by least-squares analysis of variance in order to identify the fixed effects to include in the model. The statistical model included the age of the cow ( $\leq 30$  months,  $> 30$  to  $\leq 42$  months,  $> 42$  to  $\leq 54$  months,  $> 54$  to  $\leq 66$  months,  $> 66$  to  $\leq 78$  months,  $> 78$  to  $\leq 90$  months, and  $> 90$  months), calving season (October through March and April through September), and the herd year of calving. All the effects were significant for all traits and hence were included in the model. First order interactions between effects were not tested and hence were assumed to be negligible.

Variance components for yields and percentage were estimated for each trait separately with derivative-free REML procedures using the MTDFREML program of Boldman *et al.* (4). The basic single-trait repeatability model in matrix notation was:

$$y = Xb + Za + Wpe + e$$

where  $y$  is a vector of observations,  $b$  is a vector of fixed effects with incidence matrix  $X$ ,  $a \sim N(0, A\sigma_a^2)$  is a vector of random animal effects with incidence matrix  $Z$ ,  $pe \sim N(0, I_c\sigma_{pe}^2)$  is a vector of random permanent environmental effects with incidence matrix  $W$ , and  $e \sim N(0, I_n\sigma_e^2)$  is a vector of random residual effects.

$\sigma_a^2$  is the additive genetic variance,  $\sigma_{pe}^2$  is the permanent environmental variance,  $\sigma_e^2$  is the residual variance,  $A$  is the additive genetic relationship matrix, and  $I_c$  and  $I_n$  are identity matrices of order equal to the number of cows and the number of records, respectively.

Convergence of the derivative-free iterative process was considered reached when the variance of simplex values ( $-2$  log-likelihood) was less than  $10^{-8}$ . To ensure a global maximum, each analysis was restarted with previous converged values until the estimated value of the  $-2$  log-likelihood function did not differ in its first three decimal places. Solutions for fixed and random effects were from the last round of iteration in which the global maximum was achieved.

Similar derivative-free REML procedures were used for bivariate analyses to estimate correlations between traits. The model included the same fixed effects and the animal effects only. Estimates from single-trait analyses were used to obtain starting values for bivariate analyses. Convergence was first obtained when the simplex variance was less than  $10^{-3}$  and then when the simplex variance was less than  $10^{-8}$ .

## ■ RESULTS AND DISCUSSION

### Fixed effects

Unadjusted means, standard deviations, and coefficients of variation for milk yield, fat yield and fat percentage are presented

in Table I. Means of yields of milk and fat, and fat percentage were 5353.4 kg, 192.8 kg, and 3.63%, respectively. Performance levels for yields were higher than earlier estimates by Boujenane and Ba (6) in Black and White cows enrolled in the official milk record-keeping program from 1975 to 1982, indicating a positive trend in the interval between the two studies. Moreover, coefficients of variation for yields (28.6 and 26.5%) were larger than that for fat percentage (7.16%).

The estimates for age at calving indicated that milk and fat yields were highest for calving at 78 to 90 months, whereas fat percentage was highest for calving at less than 30 months (Table II). Milk and fat yields increased with the increasing age at calving until 78 to 90 months, and declined slightly thereafter. Differences between the highest and lowest age classes for milk and fat yields were 759.7 and 25.6 kg, respectively. For fat percentage, there was a lack of trend with age. The difference between the extreme classes was 0.03%. The influence of age at calving on milk yield and composition was consistent with published results (7, 13, 20).

Yields of milk and fat were highest for cows calving from October through March, and lowest for those calving from April through September. Conversely, fat percentage was highest for cows calving from April through September and lowest for those calving from October through March. Differences between seasons of calving for milk yield, fat yield, and fat percentage were  $-132.5$  kg,  $-4.66$  kg, and  $0.001\%$ , respectively. The influence of season of calving on lactation is well recognized (7, 13). Seasonal variation in cow performance was expected to be primarily a manifestation of variation in feed quantity and quality.

### Single-trait analyses

Table III shows heritability and repeatability estimates derived from the variance component estimates with single-trait analyses. The heritability estimates were 0.29 for milk yield, 0.27 for fat yield, and 0.39 for fat percentage. The heritability estimate for milk yield agrees with those given by many authors (2, 3, 8, 10, 18, 24), was slightly lower than those from other studies (9, 12, 22) and was slightly higher than those from yet other studies (11, 17, 19). The heritability of fat yield was comparable to those of Chauhan and Hayes (8), deJager and Kennedy (10) and Van Vleck *et al.* (23). The estimate of heritability for fat percentage was similar to that of Meyer (19), but markedly smaller than those previously mentioned (8, 9, 10, 18). These heritabilities indicated that there was a considerable amount of variation in milk yield similar to that found for fat that would be used for selection. The heritability was higher for fat percentage than those for milk and fat yields. This is in agreement with results reported in the literature (8, 10, 15, 24). The estimate of heritability for milk yield was higher than that for fat yield. This result is similar to those of Boichard and Bonaiti (3), Dematawewa and Berger (11), and Van Vleck and Dong (22), but contrary to other reports (8, 15, 18).

Table I

Number of records, unadjusted means, standard deviations and coefficients of variation for milk yield, fat yield and fat percentage of Holstein-Friesian cows

Trait	Num. of records	X	SD	CV (%)
Milk yield (kg)	20,140	5353.4	1533.9	28.6
Fat yield (kg)	20,140	192.8	51.2	26.5
Fat (%)	20,140	3.63	0.26	7.16

Table II

Number of records and effects of age and season of calving on milk yield, fat yield and fat percentage of Holstein-Friesian cows

Effect	Number	Milk yield (kg)		Fat yield (kg)		Fat (%)	
		Difference <sup>a</sup>	Row mean	Difference <sup>a</sup>	Row mean	Difference <sup>a</sup>	Row mean
<b>Age (months)</b>							
[Age ≤ 30] <sup>b</sup>	4944	0.0	5055.4	0.0	183.5	0.000	3.65
30 < age ≤ 42	1786	170.3	5013.7	5.9	182.7	-0.002	3.67
42 < age ≤ 54	2448	368.6	5417.5	12.0	195.8	-0.017	3.64
54 < age ≤ 66	3650	554.1	5489.4	18.0	197.0	-0.028	3.62
66 < age ≤ 78	2601	754.8	5661.3	25.2	202.6	-0.030	3.61
78 < age ≤ 90	1951	759.7	5627.2	25.6	201.2	-0.028	3.61
Age > 90	2760	666.7	5386.5	22.1	192.7	-0.031	3.62
<b>Calving season</b>							
[Oct.-March] <sup>b</sup>	10,364	0.0	5453.2	0.00	196.3	0.000	3.63
April-Sept.	9776	-132.5	5247.5	-4.66	189.2	0.001	3.64

<sup>a</sup> Estimates of deviation from reference class

<sup>b</sup> The reference class from which deviations were taken is in brackets

The low heritabilities found in the present study may be explained by the low mean performance of the Moroccan cows. Hill *et al.* (16) showed that heritability estimates of milk yield and composition may increase as the production level of herds increases.

Permanent environmental variance as a proportion of phenotypic variance was low and varied from almost zero for fat percentage to 0.05 for milk yield. The repeatability estimates for milk and fat yields and fat percentage were 0.33, 0.32 and 0.39, respectively. The estimates for yields were higher than their corresponding heritabilities, but that of fat percentage was similar.

Table III

Variance components, heritability and repeatability estimates for milk yield, fat yield and fat percentage from single-trait analyses

Parameter <sup>a</sup>	Milk yield	Fat yield	Fat %
$\sigma_p^2$	846,641.5	984.1	0.026
$\sigma_a^2$	241,588.2	268.7	0.010
$\sigma_{ep}^2$	40,744.2	42.5	0.000
$\sigma_e^2$	564,310.1	672.9	0.016
$h^2$	0.29	0.27	0.39
$c^2$	0.05	0.04	0.00
$e^2$	0.67	0.68	0.61
$t$	0.33	0.32	0.39

<sup>a</sup>  $\sigma_p^2$  = phenotypic variance;  $\sigma_a^2$  = additive genetic variance;  $\sigma_{ep}^2$  = permanent environment variance;  $\sigma_e^2$  = residual variance;  $h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2}$  = heritability;  $c^2 = \frac{\sigma_{ep}^2}{\sigma_p^2}$  = permanent environmental variance as a proportion of phenotypic variance;  $e^2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_p^2}$  = residual variance as a proportion of phenotypic variance;  $t = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{ep}^2}{\sigma_p^2}$  = repeatability

The repeatability estimates of the present study were lower than those reported by other workers (1, 11, 14, 21, 24). The medium repeatabilities indicated that temporary environmental factors contributed appreciably to the variation in milk traits among parities, hence, culling of cows on single performance should be avoided.

**Two-trait analyses**

Table IV shows estimates of genetic correlations, phenotypic correlations, and average for heritabilities from all bivariate analyses. The heritability estimates for milk and fat yields (0.33 and 0.32, respectively) were higher than those obtained from single-trait analyses, but those for fat percentage were similar (0.39).

There was a very high positive genetic correlation of 0.96 between milk and fat yields suggesting that selection for milk yield would increase fat yield. Reported estimates of genetic correlations between milk and fat yields ranged from 0.40 to 0.95 (2, 8, 10, 11, 15, 17, 21, 24).

Table IV

Heritabilities, genetic and phenotypic correlations from bivariate analyses among milk yield, fat yield and fat percentage of Holstein-Friesian cows<sup>a</sup>

Trait	Trait		
	Milk yield	Fat yield	Fat %
Milk yield	0.33	0.96	-0.32
Fat yield	0.96	0.32	-0.06
Fat %	-0.28	-0.03	0.39

<sup>a</sup> Heritabilities, on the diagonal, are the average values from all bivariate analyses. Genetic and phenotypic correlations are shown above and below the diagonal, respectively

Milk yield had a negative genetic correlation of  $-0.32$  with fat percentage. This correlation was in the range of those reported in the literature (8, 9, 10, 15, 18, 21, 24), falling between  $-0.20$  and  $-0.56$ . The negative correlation between milk yield and fat percentage indicated that selection for the former would decline fat percentage.

The genetic correlation between fat yield and fat percentage was slightly negative ( $-0.06$ ), but lower than the correlation between milk yield and fat percentage. The estimates of correlation for fat yield and fat percentage differed from the positive relationships reported in the literature (8, 10, 15, 18, 19, 24). This antagonism between fat yield and percentage occurs mainly because the former depends more on milk yield than on fat content.

The phenotypic correlation was positive and high between milk and fat yields ( $0.96$ ), negative and medium between milk yield and fat percentage ( $-0.28$ ), and close to zero between fat yield and fat percentage ( $-0.03$ ). The phenotypic correlation between yields was similar to its corresponding genetic correlation and nearly in agreement with previous works (8, 9, 10, 11, 18, 19, 22, 24). The phenotypic correlation of fat percentage with milk yield was comparable to those reported by Chauhan and Hayes (8), Cue *et al.* (9), deJager and Kennedy (10), and Welper and Freeman (24), ranging from  $-0.26$  to  $-0.34$ . However, the phenotypic correlation between fat yield and fat percentage close to zero was different from the positive and medium relationship reported in the literature (8, 10, 18, 19, 24).

## ■ CONCLUSION

This report is the first documentation of genetic and phenotypic parameters in Moroccan dairy cattle. The estimates of genetic parameters obtained in Holstein-Friesian cows were very similar to those reported in the literature. Heritabilities indicated that there was a considerable amount of variation in milk yield, similar to that found for fat. The genetic correlation between yields was shown to be high. However, the negative correlation between milk and fat percentage will not permit a rapid genetic change under divergent selection. In Morocco, where milk, butter and other derived products are partly imported in order to satisfy the human population's demand, the desired breeding goal would seem to be the increase in milk yield, while holding the fat percentage constant.

## Acknowledgments

I am grateful to the staff of the Livestock Service of the Ministry of Agriculture who made these data available.

## REFERENCES

1. ABDALLAH J.M., MCDANIEL B.T., 2000. Genetic parameters and trends of milk, fat, days open, and body weight after calving in North Carolina experimental herds. *J. Dairy Sci.*, **83**: 1364-1370.
2. ALBUQUERQUE L.G., DIMOV G., KEOWN J.F., VAN VLECK L.D., 1995. Estimates using an animal model of (co)variances for yields of milk, fat, and protein for the first lactation of Holstein cows in California and New York. *J. Dairy Sci.*, **78**: 1591-1596.
3. BOICHARD D., BONAITI B., 1987. Genetic parameters of first lactation dairy traits in Friesian, Montbéliarde and Normande breeds. *Genet., Sel., Evol.*, **19**: 337-350.
4. BOLDMAN K.G., KRIESE L.A., VAN VLECK L.D., VAN TASSELL C.P., KACHMAN S.D., 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT]. Washington, DC, USA, USDA/ARS.
5. BOUJENANE I., 2002. Les races bovines au Maroc. Rabat, Maroc, Actes Editions, 144 p.
6. BOUJENANE I., BA M., 1986. Performances de reproduction et de production laitière des vaches Pie-Noires au Maroc. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **39**: 145-149.
7. BOUJENANE I., REBOUDI A., DIAMOITOU B., 2000. Effets non génétiques sur la production laitière des vaches de races Holstein et Frisonne au Maroc. *Actes Inst. agron. vét. (Maroc)*, **20**: 31-38.
8. CHAUHAN V.P.S., HAYES J.F., 1991. Genetic parameters for first lactation milk production and composition traits for Holsteins using multivariate restricted maximum likelihood. *J. Dairy Sci.*, **74**: 603-610.
9. CUE R.I., MONARDES H.G., HAYES J.F., 1987. Correlations between production traits in first lactation Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, **70**: 2132-2137.
10. DEJAGER D., KENNEDY B.W., 1987. Genetic parameters of milk and composition and their relationship with alternative breeding goals. *J. Dairy Sci.*, **70**: 1258-1266.
11. DEMATAWEWA C.M.B., BERGER P.J., 1998. Genetic and phenotypic parameters for 305 days yield, fertility and survival in Holsteins. *J. Dairy Sci.*, **81**: 2700-2709.
12. DONG M.C., VAN VLECK L.D., WIGGANS G.R., 1988. Effect of relationships on estimation of variance components with an animal model and restricted maximum likelihood. *J. Dairy Sci.*, **71**: 3047-3052.
13. GACULA M.C., GAUNT S.N., DAMON R.A., 1968. Genetic and environmental parameters of milk constituents for five breeds. I. Effects of herd, year, season, and age of the cow. *J. Dairy Sci.*, **51**: 428-437.
14. GACULA M.C., GAUNT S.N., DAMON R.A., 1968. Genetic and environmental parameters of milk constituents for five breeds. II. Some genetic parameters. *J. Dairy Sci.*, **51**: 438-444.
15. HARGROVE G.L., MBAH D.A., ROSENBERGER J.L., 1981. Genetic and environmental influences on milk and milk component production. *J. Dairy Sci.*, **64**: 1593-1597.
16. HILL W.G., EDWARDS M.R., AHMED M.-K.A., 1983. Heritability of milk yield and composition at different levels and variability of production. *Anim. Prod.*, **36**: 59-68.
17. MANFREDI E.J., EVERETT R.W., SEARLE S.R., 1984. Phenotypic and genetic statistics of components of milk and two measures of somatic cell concentrations. *J. Dairy Sci.*, **67**: 2028-2033.
18. MEINERT T.R., KROVER S., VAN ARENDONK J.A.M., 1989. Parameter estimation of milk yield and composition for 305 days and peak production. *J. Dairy Sci.*, **72**: 1534-1539.
19. MEYER K., 1985. Genetic parameters for dairy production of Australian black and white cows. *Livest. Prod. Sci.*, **12**: 205-219.
20. MILLER R.H., HARVEY W.R., TABLER K.A., MCDANIEL B.T., CORLEY E.L., 1966. Maximum likelihood estimates of age effects. *J. Dairy Sci.*, **49**: 65-73.
21. REGE J.E.O., 1991. Genetic analysis of reproductive and productive performance of Friesian cattle in Kenya. 1. Genetic and phenotypic parameters. *J. Anim. Breed. Genet.*, **108**: 412-423.
22. VAN VLECK L.D., DONG M.C., 1988. Genetic (co)variances for milk, fat, and protein yield in Holsteins using an animal model. *J. Dairy Sci.*, **71**: 3040-3046.
23. VAN VLECK L.D., DONG M.C., WIGGANS G.R., 1988. Genetic (co)variances for milk and fat yield in California, New York, and Wisconsin for an animal model by restricted maximum likelihood. *J. Dairy Sci.*, **71**: 3053-3060.
24. WELPER R.D., FREEMAN A.E., 1992. Genetic parameters for yield traits of Holsteins, including lactose and somatic cell score. *J. Dairy Sci.*, **75**: 1342-1348.

Reçu le 15.03.2002, accepté le 24.10.2002

**Résumé**

**Boujenane I.** Estimation des paramètres génétiques et phénotypiques de la production laitière des vaches de race Frisonnes Holstein au Maroc

L'héritabilité et la répétibilité du rendement laitier, de la quantité de matières grasses et du taux butyreux, ainsi que leurs corrélations génétiques et phénotypiques, ont été estimées en utilisant un modèle animal à partir de 20 140 données relevées sur 11 618 vaches Frisonnes Holstein soumises au contrôle laitier officiel au Maroc, entre 1990 et 1999. Les héritabilités du rendement laitier, de la quantité de matières grasses et du taux butyreux ont été respectivement de 0,29, 0,27 et 0,39, leurs répétibilités ont été respectivement de 0,33, 0,32 et 0,39. Les corrélations génétiques du rendement laitier avec la quantité de matières grasses et le taux butyreux ont été respectivement de 0,96 et -0,32, et celle de la quantité de matières grasses avec le taux butyreux a été de -0,06. Les corrélations phénotypiques ont été de 0,96 entre les rendements en lait et en matières grasses, de -0,28 entre le rendement en lait et le taux butyreux, et de -0,03 entre le rendement en matières grasses et le taux butyreux. Il a été conclu que ces paramètres génétiques et phénotypiques pourraient être utilisés pour l'estimation des valeurs génétiques des bovins laitiers au Maroc.

**Mots-clés :** Bovin Frison Holstein – Vache laitière – Rendement laitier – Matières grasses du lait – Héritabilité – Corrélation génétique – Maroc.

**Resumen**

**Boujenane I.** Estimaciones de los parámetros genéticos y fenotípicos para la producción de leche en vacas Holstein-Friesian en Marruecos

Se estimaron heredabilidades, repetibilidades y correlaciones genéticas y fenotípicas con la producción de leche, la cantidad de grasa y el porcentaje de grasa, utilizando un modelo animal y 20 140 registros pertenecientes a 11 618 vacas Holstein-Friesian, registradas en el programa oficial de registros de leche de Marruecos, entre 1990 y 1999. La heredabilidad para la producción de leche, cantidad de grasa y porcentaje de grasa fue de 0,29, 0,27 y 0,39, respectivamente y la repetibilidad fue de 0,33, 0,32 y 0,39, respectivamente. Las correlaciones genéticas para producción de leche con cantidad de grasa y porcentaje de grasa fueron de 0,96 y -0,32, respectivamente y la correlación de la cantidad de grasa con el porcentaje de grasa fue de -0,06. La correlación fenotípica fue de 0,96 entre la cantidad de leche y de grasa, -0,28 entre porcentaje de grasa y producción de leche y -0,03 entre cantidad y porcentaje de grasa. Se concluye que estos parámetros genéticos y fenotípicos podrían utilizarse para la evaluación genética del ganado de leche en Marruecos.

**Palabras clave:** Ganado bovino Holstein Friesian – Vaca lechera – Rendimiento lechero – Grasa de la leche – Heredabilidad – Correlación genética – Marruecos.

# Lactoprotéines et lactopeptides

## Propriétés biologiques

Pierre Jouan

Dans la collection « Un point sur... » des Editions Inra, le professeur Pierre Jouan a rédigé une synthèse sur les protéines et peptides du lait.

Cette monographie de 125 pages s'articule en deux grandes parties : les protéines présentes dans le lactosérum et les caséines.

Jean-Louis Maubois, spécialiste de réputation internationale en science et technologie laitières, a écrit une préface acte de foi en l'avenir de ces biomolécules !

Cet ouvrage décrit tout d'abord les principales propriétés des caséines et lactoprotéines : structure, caractéristiques physicochimiques et valeur nutritionnelle. Il présente ensuite l'activité biologique, pharmacologique ou thérapeutique des lactopeptides.

Enfin, l'ouvrage se termine par un appendice rappelant les « notions élémentaires » sur les acides aminés, les peptides et protéines. Cette annexe semble indiquer que ce recueil s'adresse à des lecteurs peu familiers avec ce sujet.

Les protéines et les peptides du lait continuent de faire l'objet de nombreux travaux de recherche dans le monde et en particulier en France. Ce sont des équipes françaises – notamment de l'Inra – qui ont élucidé la majorité des structures primaires des protéines majeures du lait.

Désormais, l'accent est mis sur les propriétés biologiques de ces molécules (morphinomimétique, immunostimulant, hypotensif, antibactérien, transporteur de métaux, inhibiteur d'agrégation plaquettaire, anti-stress...) et sur la meilleure façon de valoriser ces propriétés dans des aliments. L'incorporation de tels peptides à des compléments nutritionnels, à des ali-

ments à allégation santé ou à des préparations pharmaceutiques permettrait de valoriser les protéines du lait en produisant des éléments à haute valeur ajoutée. Le développement de ces produits représente un marché d'avenir dans les domaines de la diététique spécialisée et de la prévention de certains troubles métaboliques.

Pour les non-initiés, l'ouvrage apporte une masse d'informations dans un style sobre et clair. On peut toutefois regretter que cette monographie ne comporte pas davantage de tableaux et de figures de synthèse et n'ait pas traité la multifonctionnalité de certaines séquences peptidiques ainsi que leur conservabilité à travers les espèces...

En résumé, cette monographie restitue l'essentiel des connaissances de base. Les propriétés biologiques des protéines-peptides ayant été traitées de façon approfondie dans plusieurs ouvrages de synthèse en français et publiés ces dernières années, le lecteur pourra s'y reporter, si nécessaire, avec profit.

Guy Linden  
Cirad

### Table des matières

#### Le lactosérum

##### Introduction

##### 1. $\alpha$ -lactalbumine

Propriétés physico-chimiques - Composition en acides aminés - Hydrolyse enzymatique - Propriétés nutritionnelles - Liaison  $\alpha$ -lactalbumine-polyamines -  $\alpha$ -lactalbumine et défense immunitaire -  $\alpha$ -lactalbumine et peptide opioïde -  $\alpha$ -lactalbumine et hypertension -  $\alpha$ -lactalbumine et cancers - Propriétés anti-virales - Propriétés bactéricides - Références bibliographiques

##### 2. $\beta$ -lactoglobuline

Propriétés physico-chimiques - Composition en acides aminés - Hydrolyse enzymatique - Propriétés nutritionnelles - Propriétés vectrices de la  $\beta$ -lactoglobuline -  $\beta$ -lactoglobuline et peptide opioïde -  $\beta$ -lactoglobuline et hypertension - Propriétés anti-virales - Références bibliographiques

##### 3. La lactoferrine

Propriétés physico-chimiques - Composition en acides aminés - Propriétés nutritionnelles - Rôle de la lactoferrine dans l'absorption in-

testinale du fer - Propriétés bactériostatiques de la lactoferrine - La lactoferrine - Propriétés anti-virales de la lactoferrine - Lactoferrine : inflammation-fonction immunitaire - Propriétés anti-tumorales - Références bibliographiques

#### Les caséines

##### Introduction

##### 4. $\alpha_{s1}$ -caséine

Propriétés physico-chimiques - Composition en acides aminés - Propriétés morphinomimétiques - Propriétés hypotensives - Propriétés anti-bactériennes et immunostimulantes - Liaison à la calmoduline - Références bibliographiques

##### 5. $\alpha_{s2}$ -caséine

Propriétés physico-chimiques - Composition en acides aminés - Propriétés biologiques - Références bibliographiques

##### 6. $\beta$ -caséine

Propriétés physico-chimiques - Composition en acides aminés - Hydrolyse enzymatique - Propriétés nutritionnelles - Peptides opioïdes : casomorphines - Peptides immunostimulants - Phosphopeptides - Propriétés hypotensives - Références bibliographiques

##### 7. $\kappa$ -caséine

Propriétés physico-chimiques - Composition en acides aminés - Hydrolyse enzymatique - Propriétés biologiques - Références bibliographiques

##### 8. Caséinomacropéptide

Origine - Propriétés physico-chimiques - Composition en acides aminés - Hydrolyse enzymatique - Propriétés nutritionnelles - Action sur la régulation de la digestion - Propriétés antithrombotiques - Propriétés biologiques diverses - Références bibliographiques

#### Conclusion

Notions élémentaires sur les acides aminés, les peptides et les protéines

2002, 128 p., 16 x 24 cm

Isbn : 2-7380-1020-2

Réf. 01466 ; Collection Un point sur...

38 euros + frais de port

INRA-Éditions

RD 10, 78026 Versailles Cedex, France

Tél. +33 (0)1 30 83 34 06

Fax +33 (0)1 30 83 34 49

INRA-Éditions@versailles.inra.fr

<http://www.inra.fr/Editions/>

# Estimation des réserves corporelles chez le dromadaire

B. Faye<sup>1\*</sup> M. Bengoumi<sup>2</sup> S. Messad<sup>1</sup> Y. Chilliard<sup>3</sup>

## Mots-clés

*Camelus dromedarius* – Mensuration corporelle – Etat corporel – Conformation animale – Maroc.

## Résumé

La gestion des réserves corporelles par les herbivores est un moyen de répondre à la variabilité de la qualité et de l'accès aux ressources alimentaires. L'estimation de ces réserves représente un outil de pilotage pour les éleveurs. Chez le dromadaire, les données sur ces aspects sont quasi inexistantes. Le présent article a fait la synthèse de plusieurs travaux relatifs à des observations barymétriques permettant l'estimation du volume et du poids de la bosse, principale part des réserves adipeuses, l'estimation des relations entre les dimensions de la bosse et le poids de la carcasse et les relations entre le poids de la bosse et celui du gras périrénal. L'évaluation du nombre et de la taille des adipocytes permet de tester la pertinence de ces formes de stockage adipeux. Il existe notamment une relation positive entre la taille et le nombre des adipocytes de la bosse et ceux du gras périrénal. Les effets âge et sexe sont très marqués sur certains de ces critères. L'appréciation de quelques sites anatomiques a permis de construire une grille d'état corporel adaptée à l'espèce. Les résultats ont cependant montré que la bosse, du fait de la variabilité tant de son poids que de la taille des adipocytes, ne représentait pas un bon indicateur de l'état corporel.

## ■ INTRODUCTION

La capacité des camélidés à s'adapter à de fortes variations des disponibilités alimentaires dans les conditions arides est proverbiale. Cette propriété s'appuie sur des mécanismes d'épargne très performants comme cela a été observé pour l'eau (4, 31), l'azote (11), les minéraux (13, 14), l'énergie et les lipides (6). Les fluctuations saisonnières des ressources alimentaires conduisent plus généralement les herbivores à s'inscrire dans une dynamique stockage/mobilisation des réserves corporelles (7) qui permet à l'animal de s'adapter aux conditions extrêmes et à l'éleveur de gérer les apports alimentaires.

Chez le dromadaire, la bosse représente une part considérable des réserves adipeuses et possède l'avantage d'être facilement visible

et estimable. La forte variabilité observée de son volume et de son poids signe son rôle dans la gestion des réserves corporelles par lui-même et la possibilité de prise de décision par l'éleveur. Toutefois, elle ne représente pas le seul lieu de stockage et l'on manque chez cette espèce d'un indicateur objectif de l'état d'engraissement. D'où l'importance, d'une part, de préciser les relations entre les mesures barymétriques et cellulaires (taille moyenne et profil de tailles des adipocytes) de la bosse et l'importance des réserves adipeuses totales afin de tester la pertinence de cette forme de stockage et, d'autre part, de disposer d'une grille de notation de l'état corporel en tant qu'outil de gestion pour les éleveurs.

La présente publication est la synthèse de trois séries de données collectées sur des dromadaires de race Maghrebi dans les provinces sahariennes du sud du Maroc entre 1996 et 2001. Ces données ont concerné :

- des mesures barymétriques réalisées sur 46 animaux à l'abattoir de Laâyoune (province saharienne du Maroc) incluant 28 femelles et 18 mâles de tous âges. Ces mesures ont consisté en des prises de dimensions *ante mortem* concernant la taille de la bosse (longueur, hauteur et largeur) et de l'animal (longueur scapulo-ischiale, tour de poitrine, tour abdominal). Les mesures *post mortem* ont compris le poids de la bosse et celui du poids du gras périrénal (Gpr). Tous

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

2. Département de Biochimie, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, BP 6202, Rabat Instituts, Maroc

3. Unité de recherche sur les herbivores, Inra, 63122 Saint-Genes-Champanelle, France

\* Auteur pour la correspondance

les animaux ont subi après abattage un prélèvement du gras de la bosse et du gras périrénal en vue de mesurer la taille des adipocytes ;

- des mesures barymétriques sur 82 chamelles à l'abattoir de Dakhla. Les mêmes relevés ont été effectués et la mesure du tour de cuisse chez l'animal vivant a été ajoutée. Après abattage, le poids de la bosse a été répertorié. Bien entendu, dans cette étude, comme dans la précédente, le poids de carcasse a été retenu comme élément complémentaire d'information. Par ailleurs, des informations sur l'état corporel des animaux ont été apportées à partir d'une base de caractéristiques anatomiques précisées ci-après ;

- des relevés sur 573 chamelles adultes portant sur l'état d'engraissement perceptible par la palpation et/ou la simple observation visuelle de régions anatomiques précises (apophyses transverses et épineuses des vertèbres, creux du flanc, pointe de la hanche et de la fesse, zone ano-génitale).

## OBSERVATIONS BARYMETRIQUES SUR LA BOSSE ET LA CARCASSE

### Estimation du volume et du poids de la bosse chez l'animal vivant

Le volume de la bosse a été estimé à partir des données barymétriques, en considérant la bosse comme un demi-ellipsoïde (figure 1). La longueur a été définie comme étant la distance entre A et B en passant par le sommet de la bosse E (il s'agit d'une demi-circonférence vue de profil), la largeur comme étant la distance entre A et B en passant par le côté C (ou D) de la bosse (soit la demi-circonférence vue du dessus), la hauteur comme étant la distance entre C et D en passant par le sommet de la bosse E (soit la demi-circonférence vue de l'avant ou de l'arrière de l'animal). Ces mesures ont été réalisées avec un mètre-ruban en prenant soin de tasser la laine, épaisse à ce niveau et susceptible de conduire à une légère surestimation des distances réelles.

L'estimation du volume d'un demi-ellipsoïde de rayons rL, rI et rH peut être approchée par la formule :

$$V = 1/2 (4/3 \pi * rL * rI * rH)$$

Soit en considérant que les demi-circonférences sont égales respectivement à :

$$L = \pi 2 rL / 2$$

$$l = \pi 2 rI / 2$$

$$H = \pi 2 rH / 2$$

Le volume V devient :  $1/2 (4/3 \pi * L/\pi * l/\pi * H/\pi)$

Soit en simplifiant :

$$V = 0,07 L * l * H$$

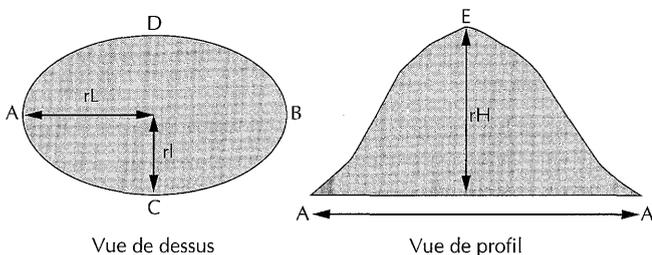


Figure 1 : mesures barymétriques de la bosse du dromadaire.

L'évaluation du poids n'est possible que sur la base d'abaques élaborés à partir d'un jeu de données comprenant des mesures barymétriques et le poids de la bosse mesurée après abattage des animaux. Sur la base de 82 relevés réalisés à l'abattoir, une équation de prédiction au second degré a pu être proposée, les relations entre le poids et chacune des dimensions retenues – hauteur H et longueur L – n'étant pas linéaires :

$$\text{Racine carrée de } P \text{ (kg)} = 0,083 H \text{ (cm)} + 0,000096 L \text{ (cm)} + 1,587 \varepsilon = 0,331 p < 0,0001$$

Cependant, la prédiction obtenue par l'ajout de la longueur L de la bosse n'est pas améliorée. Aussi une équation simplifiée peut être proposée pour les dromadaires du Sud marocain :

$$\text{Racine carrée de } P \text{ (kg)} = 1,59 + 0,0836 H \text{ (cm)} \varepsilon = 0,571 p < 0,0001$$

L'analyse des résidus a montré un meilleur ajustement de ce modèle avec les bosses de taille moyenne ou de grande taille.

### Relations entre les dimensions de la bosse et le poids de carcasse

Une première question a consisté à s'interroger sur le caractère prédictif des dimensions de la bosse du dromadaire pour estimer le poids de carcasse après abattage. Les paramètres de dimensions de la bosse (longueur, largeur et hauteur) sont apparus en effet tous corrélés au tour de la cuisse et au poids de carcasse au seuil de 0,05 (tableau I).

Pour un animal donné, les dimensions de la bosse permettent donc bien d'évaluer la conformation générale, le poids de carcasse en particulier. Toutefois, une mesure comme le périmètre de la cuisse, dont la variabilité résulte *a priori* à la fois du gras et surtout du muscle, couramment utilisée par les bouchers, est un meilleur indicateur que la bosse pour disposer, sur l'animal vivant, d'une évaluation assez fiable du poids de carcasse. Ceci a été confirmé par l'analyse des relations entre les mesures barymétriques de l'animal et le poids de la carcasse avec ou sans le gras de la bosse et le gras périrénal. Un index de conformation a été défini à partir de trois mesures (longueur de l'animal, tour de poitrine et tour abdominal qui reflètent *a priori* le format osseux surtout, la musculature et, dans une moindre mesure, l'adiposité) et a permis de décrire deux types d'animaux : (1) bonne conformation, (2) mauvaise conformation. Cet index a été construit à partir du premier facteur d'une analyse en composantes principales, les trois mesures ayant été fortement corrélées. Les facteurs de variation retenus ont été l'âge et le sexe (tableau II).

Tableau I

Matrice de corrélation des paramètres de dimensions de la bosse, de conformation, des poids de la carcasse et de la bosse (n = 82)

Variables	HB <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	TC <sup>3</sup>	PC <sup>4</sup>	PB <sup>5</sup>
HB	1,00				
LB	0,96	1,00			
TC	0,69	0,65	1,00		
PC	0,74	0,67	0,90	1,00	
PB	0,80	0,70	0,64	0,79	1,00

<sup>1</sup> Hauteur de la bosse

<sup>2</sup> Longueur de la bosse

<sup>3</sup> Tour de cuisse

<sup>4</sup> Poids de la carcasse

<sup>5</sup> Poids de la bosse

**Tableau II**

Plan d'observation pour l'étude des relations entre conformation et poids de la carcasse sans ou avec gras selon l'âge et le sexe

Age <sup>1</sup>	Sexe <sup>2</sup>	Conformation <sup>3</sup>	Nb. d'observations	Poids de carcasse <sup>4</sup> (kg)			
				Moyenne		Ecart-type	
				gras-	gras+	gras-	gras+
1	1	1	2	230	245	14,1	20,8
1	1	2	12	122	133	16,2	15,5
1	2	1	3	199	211	28,5	29,2
1	2	2	6	151	163	30,1	30,7
2	1	1	3	242	268	57,1	53,9
2	2	1	12	258	282	52,5	57,7
2	2	1	2	200	214	0	3,4

<sup>1</sup> 1 = jeune < 4 ans ; 2 = adulte ≥ 4ans

<sup>2</sup> 1 = femelle ; 2 = mâle

<sup>3</sup> 1 = bonne ; 2 = mauvaise

<sup>4</sup> gras- = sans gras ; gras+ = avec gras

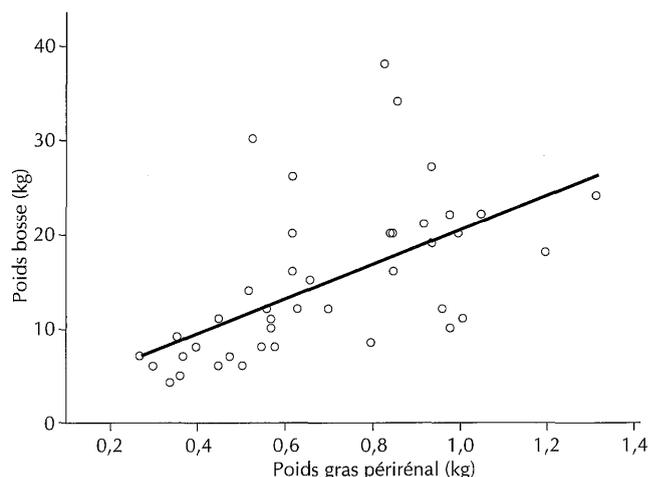
L'analyse de la variance a été testée à partir du modèle :

$$\log(PC) = \text{âge} + \text{sexe} + \text{conf.} + \text{âge} * \text{sexe} + \text{âge} * \text{conf.} + \text{sexe} * \text{conf.}$$

Les résultats ont indiqué dans les deux cas (avec ou sans gras) qu'il existait un effet significatif de l'âge ( $p < 0,0001$ ), mais surtout de la conformation ( $p < 0,0000$ ), indépendamment semblait-il du poids de la bosse et du gras périrénal.

**Relation entre le poids de la bosse et le gras périrénal**

La relation positive entre le poids de la bosse et le poids du gras périrénal a été faiblement significative ( $r = 0,57$ ) (figure 2 et tableau III). Cette relation a été en fait dépendante du sexe et surtout de l'âge des animaux. En effet, les cinq animaux qui ont eu les bosses les plus grosses, à poids donné de Gpr, ont été des animaux âgés de plus de sept ans. En revanche, chez les animaux de moins de quatre ans (mâles ou femelles), le poids de la bosse a peu varié, même lorsqu'il y a eu une variation significative du poids de gras périrénal.



**Figure 2 :** relations entre poids de la bosse et poids de gras périrénal.

**Tableau III**

Coefficients de corrélation entre indicateurs : mesure de liaison globale (qui ne tient pas compte des éventuels effets des facteurs âge et sexe) et test de la nullité du paramètre (niveau de confiance : 95 p. 100)

Critère a	Critère b	r	n
Poids bosse	Poids Gpr <sup>1</sup>	0,57 *	41
Poids bosse/poids carcasse	Poids Gpr/poids carcasse	0,36 *	41
Diam. moy. adipo. <sup>2</sup> bosse	Diam. moy. adipo. Gpr	0,33 *	43
Vol. moy. adipo. bosse	Vol. moy. adipo. Gpr	0,33 *	43
Poids bosse	Vol. moy. adipo. bosse	0,40 *	39
Poids Gpr	Vol. moy. adipo. Gpr	0,40 *	38
Poids bosse/poids carcasse	Vol. moy. adipo. bosse	0,22	39
Poids Gpr /poids carcasse	Vol. moy. adipo. Gpr	0,003	38

\*  $P < 0,05$

<sup>1</sup> Gras périrénal

<sup>2</sup> Diamètre moyen des adipocytes

Il semble donc y avoir un stockage différencié entre la bosse et le tissu adipeux périrénal, mais il est difficile de conclure en l'absence de données sur la dynamique intra-individu des réserves adipeuses. La bosse pourrait être un moins bon indicateur que le gras périrénal de l'état d'engraissement de la carcasse. De fait, le coefficient de variation du poids de la bosse (54,48) a été plus important que pour le gras périrénal (37,84). Le gras périrénal a semblé toutefois être un meilleur indicateur du poids de carcasse (PC) que la bosse. En effet, le coefficient de variation du rapport poids du Gpr/PC a été plus faible (31,31) que celui du rapport poids de la bosse/PC (37,76). Toutefois, il faut signaler que le poids du gras périrénal a été beaucoup plus faible que celui de la bosse : dans l'échantillon de l'étude (n = 46), le poids de la bosse a varié entre 4 et 38 kg (moyenne : 14,8 kg) contre 0,27 et 1,32 kg pour le gras périrénal (moyenne : 1,08 kg). L'importance et la variabilité des autres dépôts adipeux (viscéraux, intermusculaires et sous-cutanés) sont très mal connues chez le dromadaire.

### ■ TAILLE ET NOMBRE DES CELLULES ADIPEUSES

Le tissu adipeux est constitué de cellules (adipocytes) dont la taille varie en fonction des triglycérides qui s'accumulent dans une vacuole lipidique. Après traitement à l'acide osmique et stockage dans l'urée, le tissu adipeux a été dilacéré pour isoler les cellules les unes des autres et faciliter leur comptage par un système automatisé de photographie (30).

Le diamètre des adipocytes a varié entre 12,5 et 175 µm. Pour faciliter l'interprétation de cette variabilité, les cellules ont été groupées en 14 classes par écarts de 12,5 µm. Ainsi, dans la classe 1 les cellules ont eu des diamètres compris entre 12,5 et 25 µm, dans la classe 2 ils ont été compris entre 25 et 37,5 µm ... et dans la classe 14 ils ont été compris entre 162,5 et 175 µm.

A partir du nombre de cellules dans chacune des classes, on peut calculer une moyenne pondérée du volume des adipocytes et évaluer ainsi le volume moyen d'un adipocyte par la formule du calcul du volume d'une sphère de rayon R :  $V = 4/3 \pi R^3$  (exprimé en  $\text{pico-cm}^3$ ). La densité d'une cellule lipidique étant de 0,92, on en déduit le poids moyen par l'équation :

Poids moyen d'un adipocyte (picogrammes) =  $0,92 \times V$

On peut ainsi calculer le poids moyen d'un adipocyte de la bosse et du gras périrénal. A partir des données de poids de la bosse et du gras périrénal, il est donc possible d'évaluer le nombre total d'adipocytes dans les différents tissus adipeux. Deux valeurs ont ainsi été définies :

$NBC_b$  = poids de la bosse/poids moyen d'un adipocyte de la bosse

$NBC_{pr}$  = poids du gras périrénal/poids moyen d'un adipocyte du gras périrénal

Ces valeurs ont permis de calculer le nombre de cellules par gramme de tissu adipeux, ce qui a représenté une fonction inverse de la taille.

### *Relations entre les nombres d'adipocytes de la bosse et du gras périrénal*

Il y a eu une corrélation positive significative ( $r = 0,43$  ;  $n = 38$ ) entre le nombre total de cellules adipeuses de la bosse et celui du Gpr, quel qu'ait été l'âge ou le sexe. En revanche, l'analyse de variance a indiqué qu'il n'y avait pas de lien entre le poids de la bosse ou du Gpr et le nombre total d'adipocytes, alors qu'il existait une corrélation positive avec la taille des adipocytes ( $r = 0,40$  ;

$n = 38$  ou 39). En d'autres termes, la variabilité des réserves adipeuses de la bosse et du Gpr a été probablement liée à la fois à une variabilité de la taille des adipocytes (surtout intra-animal) et de leur nombre (surtout interanimaux), mais les parts respectives de ces facteurs restent à préciser. Il y a eu cependant un léger effet âge sur le nombre d'adipocytes du Gpr, qui a été en moyenne moins important chez les animaux de moins de quatre ans.

### *Relations entre les volumes des adipocytes de la bosse et du gras périrénal*

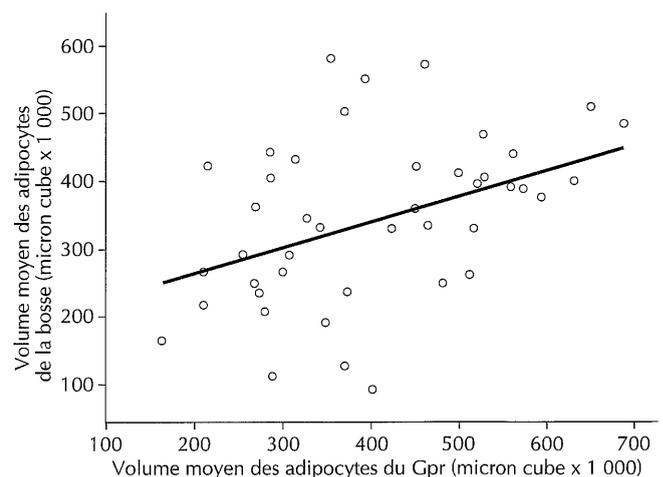
Il y a eu une corrélation positive et significative (quoique modeste,  $r = 0,33$  ;  $n = 43$ ) entre les volumes moyens des adipocytes de la bosse et du Gpr (figure 3 et tableau III). La taille moyenne des adipocytes de la bosse a été légèrement (mais non significativement) inférieure à celle du Gpr. En effet, dans l'échantillon de l'étude, le volume moyen des adipocytes de la bosse a été de 341 pl (picolitres) vs 401 pour ceux du Gpr. Un tel résultat pourrait suggérer que le stockage des réserves lipidiques s'opère en priorité dans le Gpr et dans un second temps dans la bosse.

### *Autres relations entre les paramètres d'estimation des réserves adipeuses*

Le tableau III montre les analyses des relations entre les différents paramètres permettant d'estimer les réserves adipeuses de la bosse et du Gpr (poids total, volume moyen des adipocytes, rapport au poids de carcasse). Ces résultats se sont appuyés sur la totalité des individus de l'échantillon dès lors que les données ont été disponibles et non aberrantes. Il y a eu des effets âge et sexe susceptibles de renforcer les coefficients observés. Cela a notamment été le cas pour le poids de la bosse fortement lié à l'âge des animaux. Comme pour les paramètres précédents, le coefficient de variation du nombre de cellules adipeuses par milligramme de tissu adipeux a été supérieur pour la bosse (53,98) comparé au Gpr (35,07).

### *Relations entre le nombre de cellules adipeuses par gramme de bosse et indice « adiposité bosse »*

L'indice « adiposité bosse » est le rapport entre le poids de la bosse et le poids de la carcasse ( $\times 100$ ). Il permet d'estimer l'importance relative de la bosse par rapport à la carcasse. La relation entre cet indice et le nombre de cellules adipeuses par gramme de bosse a été négative ( $-0,20$ ) mais non significative ( $p = 0,22$ ).



**Figure 3 :** relations entre les volumes moyens des adipocytes de la bosse et du gras périrénal.

■ ELABORATION D'UNE GRILLE D'ETAT CORPOREL

Type de conformation à partir des données de terrain

A partir des données de mesures baryométriques de la bosse (hauteur et longueur) et de la cuisse (périmètre de la cuisse à mi-hauteur) obtenues sur 469 femelles adultes, une analyse en composantes principales suivie d'une classification ascendante hiérarchique a permis d'identifier quatre types d'animaux (figure 4).

On observe un gradient net intégrant l'ensemble des mesures allant des mauvaises conformations (animaux avec petite bosse et faible tour de cuisse, type 2) vers les bonnes conformations (importante dimension de la bosse et bon tour de cuisse, type 4), le type 3 étant intermédiaire. Toutefois, on remarque que le type 1 se caractérise par un tour de cuisse intermédiaire et par une absence totale de bosse. Ce premier résultat montre la différence de sens physiologique des paramètres retenus, le tour de cuisse étant un indicateur de la corpulence générale des animaux (corrélation de 0,90 avec le poids de carcasse), la bosse étant un indicateur partiel des réserves lipidiques corporelles.

Notes d'état corporel à partir du même échantillon

Une analyse multivariée a été mise en œuvre sur les mêmes 469 individus femelles et l'état de différentes zones anatomiques a été

évalué (tableau IV). Ces sites ont été appréciés par l'observation visuelle suivie d'une palpation manuelle, la toison des chamelles pouvant masquer l'état réel des animaux. Il est à noter que la bosse n'était pas incluse dans les sites anatomiques servant de bases à l'analyse.

Ainsi a été obtenu un tableau de données qualitatives où les individus ont été identifiés par leur race, leur âge, leur stade physiologique, leur état d'abreuvement (qui pouvait fortement influencer sur certains paramètres comme le creux du flanc) et leur poids estimé visuellement. Une analyse factorielle des correspondances suivie d'une classification n'ayant inclus que les paramètres qualitatifs d'évaluation des sites anatomiques comme variables actives, les autres variables identifiantes ayant été projetées en supplémentaires, a permis d'identifier quatre types d'animaux selon leur état corporel. Le plan factoriel (F1, F3) est apparu le plus discriminant (figure 5). Ces quatre classes ont pu être interprétées comme quatre notes d'état corporel appréciées après observation/palpation des sites anatomiques cités : animaux très maigres (type 1), maigres (type 2), moyens (type 3), gras (type 4).

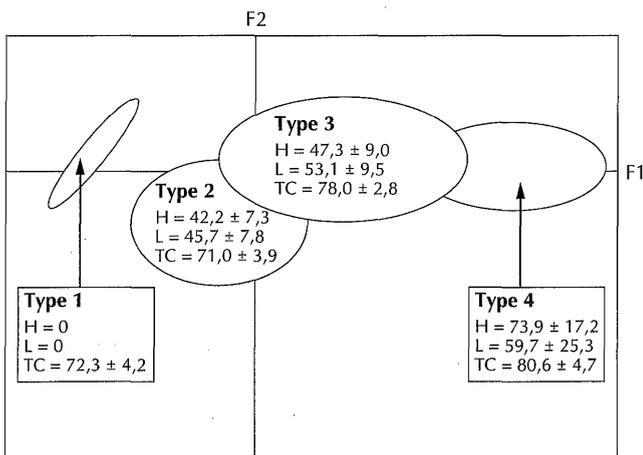


Figure 4 : représentation des types de conformation sur le plan factoriel principal (F1, F2).

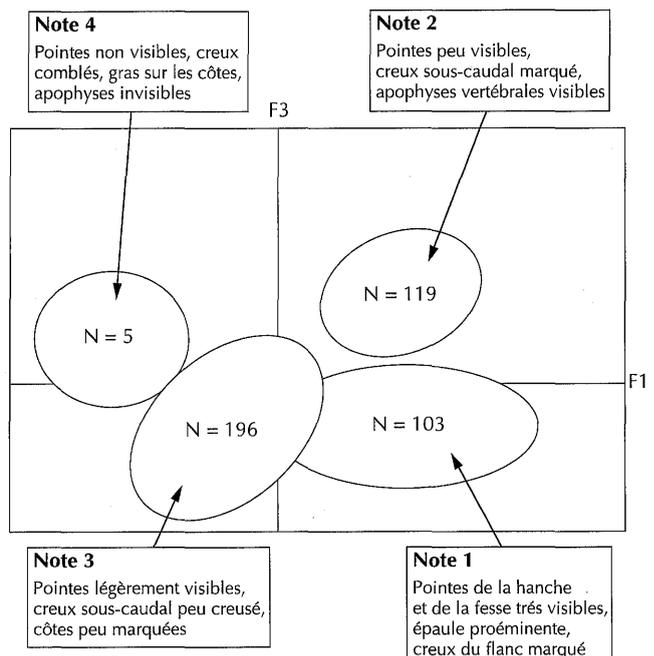


Figure 5 : projection sur le plan factoriel (F1, F3) des classes de données qualitatives (évaluation des sites anatomiques).

Tableau IV

Critères qualitatifs retenus pour apprécier l'état corporel des animaux à partir de l'observation/palpation des animaux

Zone anatomique	Critères qualitatifs			
Côtes	Très saillantes	Saillantes	Peu saillantes	Invisibles
Pointe de la fesse	Très saillante	Saillante	Peu saillante	Invisible
Pointe de la hanche	Très saillante	Saillante	Peu saillante	Invisible
Zone ano-génitale	Très creusée	Creusée	Peu creusée	Pleine
Pointe de l'épaule	Très saillante	Saillante	Peu saillante	Invisible
Omoplate	Très saillante	Saillante	Peu saillante	Invisible
Creux du flanc	Très creusé	Creusé	Peu creusé	Plein
Apophyses vertébrales	Très saillantes	Saillantes	Peu saillantes	Invisibles

### Relations entre le type de conformation et la note d'état corporel

Le tableau croisant les résultats des deux typologies précédentes a permis d'évaluer le degré de corrélation entre les types de conformation générale, exprimant le gabarit de l'animal ainsi que ses réserves adipeuses dans la bosse, et les notes d'état corporel, exprimant l'importance de ses réserves notamment adipeuses sous-cutanées en dehors de la bosse. Il existait une certaine relation entre ces deux paramètres (tableau V). Toutefois, dans le type 1 (dépourvu de bosse) un tiers des animaux ont présenté une note d'état corporel de 3 (état moyen). Une majorité d'animaux du type 2 (animaux de faible conformation) correspondaient à des animaux maigres (note 2). Pour le type 3, la répartition entre animaux très maigres, moyens et gras n'a pas été claire, même si une majorité de chamelles (65,4 p. 100) ont été notées 3 ou 4. En revanche le type 4 (animaux de bonne conformation) comprenait clairement une majorité d'animaux à note élevée.

Cette étude a donc montré qu'une grande variabilité a été observée dans la population et que la bosse, généralement considérée comme la principale réserve adipeuse, n'a pas été un indicateur fiable pour apprécier l'état corporel des animaux dans un troupeau. S'il est possible de clairement distinguer des animaux maigres et

Table V

Répartition (pourcentage) des notes d'état corporel et des types de conformation attribués aux dromadaires (la somme des pourcentages des lignes est égale à 100)

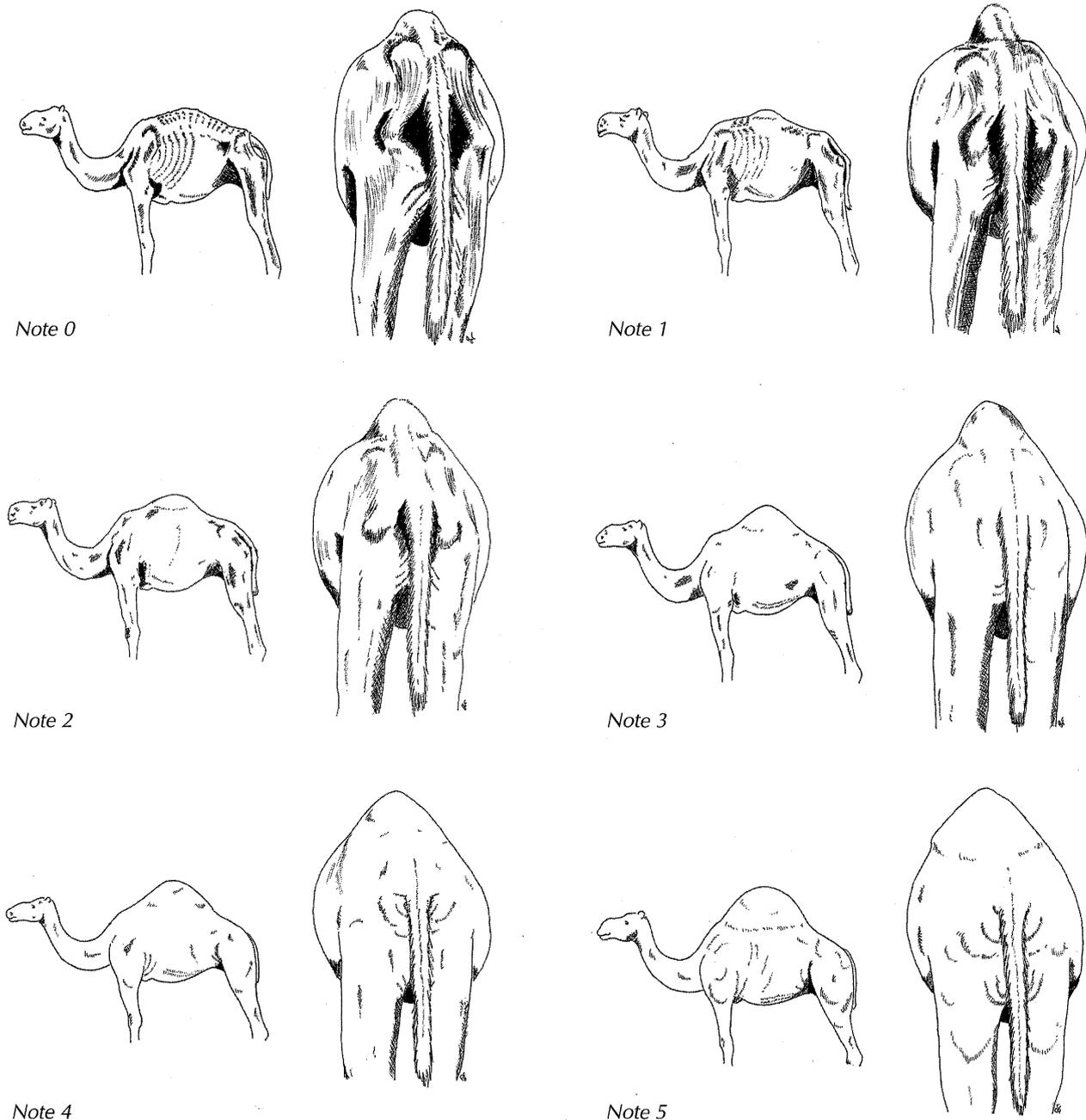
	Note 1	Note 2	Note 3	Note 4
Type 1	35,5	3,2	38,7	22,6
Type 2	5,6	52,8	13,9	27,8
Type 3	29,7	5,0	26,9	38,5
Type 4	16,3	10,0	24,0	49,5

des animaux gras à la fois à partir d'une note d'appréciation générale sur la base de l'état des sites anatomiques classiques et de la bosse, la variabilité des cas intermédiaires interdit de juger de l'état corporel à partir des seules mensurations de la bosse, sans doute un bon indicateur individuel, mais un mauvais indicateur entre les individus à l'échelle d'un troupeau. L'état d'engraissement des animaux, en tout cas, ne peut être apprécié par la seule dimension du gras de la bosse, en dépit de son intérêt zootechnique évident.

Tableau VI

Grille des notes d'état corporel des dromadaires Maghrébi du Maroc

Note	Vue de dos				Vue de flanc				
	Pointe de la fesse	Ligament sacro-tubéral	Détroit caudal	Apophyses épineuses	Pointe de la hanche	Creux du flanc	Apophyses transverses	Côtes	Bosse
0	Totalement visible	Très concave	Très creusé, base de la queue saillante	Toutes visibles	Très saillante	Très apparent	Toutes saillantes	Toutes visibles, la peau colle aux os	Absente
1	Bien visible	Concave	Creusé, base de la queue encore saillante	Saillantes sur la longueur du dos	Nettement saillante	Nettement apparent	Nettement saillantes	Nettement visibles	Absente ou très petite
2	Bien visible	Légèrement aplati	Dépression visible	Visibles sur la longueur du dos	Visible	Visible	Visibles sur toute la longueur	Visibles sur l'avant	Petite
3	Visible, dépôt de gras peu marqué	Plat à convexe	Dépression légère	Légèrement apparentes	A peine visible	Très léger	A peine visibles	Invisibles ou très légèrement visibles à l'avant du thorax	Taille moyenne ou petite
4	A peine visible et couverte de gras	Convexe	Comblé	Bien couvertes de gras	Pratiquement invisible	Pratiquement invisible	Invisibles	Invisibles	Taille importante
5	Disparue sous le gras	Convexe	La base de la queue est noyée dans le gras	Invisibles	Invisible	Invisible	Invisibles et ligne de dos arrondie	Gras de couverture visible	Bosse pouvant déborder les flancs



Note 0

Note 1

Note 2

Note 3

Note 4

Note 5

Figure 6 : grille de notation de l'état corporel des dromadaires (notes de 0 à 5).

### Proposition d'une grille d'état corporel

L'analyse présentée ici s'est appuyée sur une population où il pouvait être admis que des animaux extrêmes, très maigres (notamment chamelles affectées par la trypanosomose) ou très gras (animaux issus d'embouche intensive) n'étaient pas présents. Aussi, pour être comparable à la grille de notation utilisée chez les espèces bovines tempérées (3) ou tropicales (19), une échelle en 6 points allant de 0 à 5 a été proposée (figure 6 et tableau VI). Pour des raisons de commodité, la bosse a été représentée selon un gradient de dimensions corrélé aux autres paramètres bien que, comme cela a déjà été remarqué, cette relation ne soit pas linéaire. Sur le plan pratique, c'est bien l'estimation des sites anatomiques décrits, hors la bosse, qui doit être déterminante pour apprécier l'état corporel d'un animal donné.

### ■ DISCUSSION

On distingue généralement l'état corporel, au sens strict, qui rend compte de l'ensemble des réserves corporelles visibles (adipeuses sous-cutanées et musculaires apparentes) par un observateur sur l'animal vivant et l'état d'engraissement qui ne rend compte que des réserves adipeuses seules mais dans leur totalité (sous-cutanées et internes). De fait, ces deux critères étant corrélés, l'état corporel est généralement utilisé comme indicateur des réserves lipidiques. Les variations des réserves protéiques et minérales ne sont en effet appréciables pour les premières que chez des animaux en état de sous-alimentation aiguë (fonte musculaire) et pour les secondes que par des sondages biologiques (mesure des paramètres minéraux dans le plasma ou les phanères, par exemple) (12). L'état

d'engraissement est un critère utilisé plutôt pour les animaux de boucherie après abattage.

La note d'état corporel, quand elle s'appuie sur une grille de notation objective et des notateurs entraînés (20), représente un meilleur indicateur que le poids vif, celui-ci ne permettant pas de faire la distinction entre les réservoirs digestifs et utérins, les réserves adipeuses et les muscles (3). La variation de la note d'état corporel, en tant que critère d'accumulation des réserves, permet d'évaluer *a posteriori* et à long terme (semaines ou mois) la qualité de l'alimentation reçue au-delà des besoins (entretien, gestation, lactation, croissance) par un animal donné pendant une période donnée. En cela, cette notation est complémentaire des profils métaboliques dont la pertinence se limite au court terme (heures ou jours) (8).

Il existe une forte variabilité raciale et *a fortiori* spécifique de la répartition des réserves corporelles chez les animaux domestiques. Il est donc nécessaire de disposer d'une grille de notation en principe pour chaque race. La grille proposée ici est valable pour les dromadaires du Sud marocain. Toutefois, les différenciations raciales chez l'espèce dromadaire sont faibles\* et la grille présentée ici peut être facilement adaptée, contrairement à l'espèce bovine où les races sont plus fortement différenciées. En revanche, la grande hétérogénéité individuelle de répartition des lipides corporels entre les sites anatomiques (par exemple, le cas des dromadaires sans bosse bien qu'encore assez gras) rend moins précises les notations individuelles.

L'établissement d'une grille de notation s'appuie de préférence sur l'observation d'animaux aux états contrastés et sur la dissection fine des tissus adipeux et musculaire suivie d'analyses chimiques (24). Il n'était pas possible d'opérer des dissections sur les dromadaires dans le cadre de cette étude réalisée en milieu réel et non en station. Les auteurs ont donc opté pour une analyse statistique à partir des seules observations des zones anatomiques les plus remarquables. Les méthodes statistiques ont déjà été utilisées pour établir des grilles de notation notamment chez la chèvre tchadienne (17) ou sur des races caprines françaises (25).

La mesure de la taille des adipocytes sous-cutanés est un bon indicateur de l'état d'engraissement. Chez les bovins, il existe une forte corrélation positive entre ce diamètre et le poids des dépôts adipeux (27) ou le pourcentage de lipides du corps entier (28). Chez la vache allaitante, les animaux notés 1 ont des adipocytes sous-cutanés de diamètre moyen inférieur à 40 µm. Chez les vaches très grasses (note 5), le diamètre moyen peut dépasser les 100 µm (1). Chez la vache Holstein, la quantité de lipides corporels est prédite à partir du poids vif et de la taille des adipocytes sous-cutanés avec un coefficient de variation résiduel de 13 p. 100 contre 21 p. 100 en utilisant la note d'état (9). Chez la brebis Lacaune, les chiffres correspondants sont de 14 et 17 p. 100 (5). Chez la brebis Rasa Aragonesa, la note d'état corporel est corrélée au volume des adipocytes sous-cutanés (29) et mésentériques (30). Chez le dromadaire, les données sont inexistantes. Une étude comparative (22) a permis d'observer chez un chameau de bactriane que la taille des adipocytes était plus importante en moyenne que chez les bovins de même âge, mais

ce type d'observation ne peut être généralisé. En effet, la présente étude montre (figure 3) que les adipocytes de dromadaire, dans la bosse comme dans le tissu adipeux périrénal, ont des volumes moyens compris entre 150 et 700 pl (diamètres moyens compris entre 50 et 120 microns) et ont donc des tailles comparables à celles observées chez la vache adulte et la brebis (9). Les faibles corrélations observées entre la taille des adipocytes et les critères partiels d'adiposité connus, dans cette étude, sont peut-être liées à une plus grande variabilité du nombre d'adipocytes entre individus chez le dromadaire (coefficient de variation de 40 à 60 p. 100 pour le nombre total d'adipocytes dans le Gpr et la bosse). Cette hypothèse reste toutefois à confirmer par des comparaisons quantitatives entre espèces plus complètes.

La grille présentée ici demande à l'évidence d'être validée par son utilisation dans d'autres contextes que celui de sa réalisation. Il importe notamment de tester la répétabilité de la note (un notateur formé doit être capable d'attribuer la même note à un même animal lors de notations répétées dans un laps de temps court) et sa reproductibilité (écart observé entre des notes attribuées au même animal par différents notateurs). Des procédures d'évaluation et de validation ont été proposées dans la littérature (16, 20). La mesure de la taille des adipocytes, compte tenu des corrélations évoquées plus haut, peut également permettre de valider cette grille. Ce travail de validation représente d'ailleurs l'étape suivante des recherches des auteurs.

Selon une étude non publiée de Tunisie, la bosse du dromadaire représente en moyenne 44 p. 100 des réserves adipeuses. C'est l'organe le plus représentatif (bien que non majoritaire) de l'importance du stockage adipeux, avant les régions périrénale et périviscérale. Le tissu adipeux se dépose également sur différentes parts de la carcasse (épaule, sternum, flanc, côtes, cuisse et cou, sous la peau, entre les muscles ou dans ceux-ci). Sur les animaux gras, le tissu adipeux s'accumule également dans la région ano-génitale (21).

La répartition générale du tissu adipeux chez le dromadaire est différente de celle observée chez les bovins (26), les ovins (2) et les caprins (20). Chez les vaches ayant une note moyenne, le gras représente environ 20 p. 100 de la carcasse. Selon des résultats non publiés de Tunisie, cette part représente seulement 8 p. 100 chez le dromadaire, ce qui suggère que le dromadaire est une espèce à carcasse maigre.

La variabilité du poids de la bosse est très importante dans toutes les catégories d'animaux quelle que soit leur note d'état corporel. D'après les résultats de la présente étude, certains animaux dépourvus de bosse peuvent même présenter un état corporel moyen (type 1). Ceci montre sans doute que la bosse ne constitue pas un excellent indicateur du statut adipeux (15). En effet, l'état corporel ne semble pas nécessairement lié à la taille de la bosse. Il est probable que des facteurs génétiques jouent un rôle plus important. Chez le chameau de bactriane, il a d'ailleurs été montré que l'héritabilité de la bosse était assez élevée (10). Autrement dit, si la bosse représente un indicateur individuel (la taille de la bosse augmente de taille pour un individu donné quand son état corporel augmente), les dimensions de la bosse ne peuvent représenter un bon indicateur pour une population donnée. En revanche, le tour de cuisse apparaît comme un indicateur fiable. C'est d'ailleurs celui qu'utilisent les bouchers et les maquignons.

D'un point de vue prospectif, des travaux sont en cours pour étudier la dynamique des dimensions de la bosse et de la taille des adipocytes dans des conditions de sous-alimentation et de suralimentation successives durant des périodes alternées.

\* Dans des publications récentes (Jianlin et coll., 2000, *Anim. Genet.*), il a cependant été montré une distance génétique entre le chameau de bactriane domestique (*Camelus bactrianus*) et le chameau sauvage d'Asie (*Camelus ferus*), observée par les outils de la génétique moléculaire, qui justifie la dénomination de deux espèces distinctes et qui se traduit sur le plan phénotypique par une plus grande distance entre les deux bosses chez la variété sauvage

## ■ CONCLUSION

En dépit de son intérêt zootechnique évident, les dimensions de la bosse du dromadaire dépendent de facteurs qui ne sont pas uniquement alimentaires. Le volume des réserves adipeuses dans ce tissu dorsal, unique parmi les espèces domestiques par son importance relative potentielle, témoigne sans aucun doute de l'état nutritionnel d'un individu compte tenu du nombre d'adipocytes dont il dispose. Mais les dimensions elles-mêmes, le nombre d'adipocytes et la forme générale dépendent de facteurs génétiques et varient donc fortement entre individus ayant des états d'engraissement de l'organisme entier comparables. On peut d'ailleurs observer une variabilité raciale tant dans la position exacte de la bosse sur le dos que dans la propension de certaines races à disposer d'une bosse de fortes dimensions. Autrement dit, la taille et le positionnement de la bosse sont des éléments qui permettent de décrire certaines races de dromadaires.

La grille de notation de l'état corporel proposée ici doit être validée dans d'autres populations de dromadaires. En tout état de cause, il s'agit d'un outil de gestion zootechnique des troupeaux qui, dans la perspective d'une intensification des productions camélines, notamment pour la production laitière, sera de plus en plus utile pour les producteurs.

## BIBLIOGRAPHIE

- AGABRIEL J., GIRAUD J.M., PETIT M., 1986. Détermination et utilisation de la note d'état d'engraissement en élevage allaitant. *Bull. tech. Crzv Inra-Theix*, **66** : 43-50.
- ATTI N., KHALDI G., 1987. Caractéristiques de croissance chez les agneaux de trois races tunisiennes. In : Proc. Symp. Philostios, L'évaluation des ovins et des caprins méditerranéens, Fonte Boa, Portugal, 22-25 sept. 1987, CEE, p. 375-381.
- BAZIN S., AUGÉARD P., CARTEAU M., CHILLIARD Y., CUYLLE G., DISENHAUS C., DURAND G., ESPINASSE R., GASCOIN A., GODINEAU M., JOUANNE D., OLLIER A., REMOND B., 1984. Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches Pie Noires. Paris, France, RNED, ITEB, 31 p.
- BENGOUMI M., RIAD F., GIRY J., DE LA FARGE F., DAVICCO M.-J., SAFWATE A., BARLET J.P., 1993. Hormonal control of water and sodium in plasma and urine of camels during dehydration and rehydration. *Gen. comp. Endocrinol.*, **89** : 378-386.
- BOCQUIER F., GUILLOUET P., BARILLET F., CHILLIARD Y., 1999. Comparison of three methods for the *in vivo* estimation of body composition in dairy ewes. *Ann. Zootech.*, **48** : 297-308.
- CHILLIARD Y., 1989. Particularités du métabolisme des lipides et du métabolisme énergétique chez le dromadaire. In : Tisserand J.L., ed., Séminaire sur la digestion, la nutrition et l'alimentation du dromadaire, Ouargla, Algérie, 27 fév. - 1 mars 1988. Paris, France, Ciheam-lamz, p. 101-110. (Options méditerranéennes, série A. Séminaires méditerranéens n° 2)
- CHILLIARD Y., BOCQUIER F., 2000. Direct effects of photoperiod on lipid metabolism, leptin synthesis and milk secretion in adult sheep. In: Cronjé P.B. Ed., Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction. Wallingford, UK, CAB International, p. 205-223.
- CHILLIARD Y., DOREAU M., BOCQUIER F., LOBLEY G.E., 1995. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to variations in food supply. In: Journet M., Grenet E., Farce M.H., Thériez M., Demarquilly C. Eds, Recent developments in the nutrition of herbivores. Paris, France, Inra, p. 329-360.
- CHILLIARD Y., REMOND B., AGABRIEL J., ROBELIN J., VERITE R., 1987. Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation lactation. *Bull. tech. Crzv Inra-Theix*, **70** : 117-131.
- DE LATOUR G., 1971. Inheritance of the hump in the camel, dromedary and cow. *Saug. Mitt.*, **19** : 193-194.
- EMMANUEL B., HOWARD B.R., EMADY M., 1976. Urea degradation in the camel. *Can. J. Anim. Sci.*, **56** : 595-601.
- FAYE B., BENGOUMI M., 1994. Trace-elements status in camels: a review. *Biol. Trace Elem. Res.*, **41** : 1-11.
- FAYE B., BENGOUMI M., 1997. Données nouvelles sur le métabolisme des principaux éléments-traces chez le dromadaire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **50** : 47-53.
- FAYE B., BENGOUMI M., 2000. Le dromadaire face à la sous-nutrition minérale : un aspect méconnu de son adaptabilité aux conditions désertiques. *Revue Sécheresse*, **11** : 155-161.
- FAYE B., BENGOUMI M., MESSAD S., CHILLIARD Y., 2001. Fat storage and adipocyte patterns in camel: a tool for management of reproduction. *Adv. Reprod.*, **5** : 1-8.
- FAYE B., CALAVAS D., ROSNER G., 1994. La fiabilité des données dans les enquêtes d'écopathologie. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **13** : 651-664.
- IMADINE M., 1991. Mise au point d'une grille de notation de l'état corporel des caprins du Sahel. Mémoire Dess Productions animales en régions chaudes. Maisons-Alfort, France, Cirad-emvt, 75 p.
- JIANLIN H., MBURU D., OCHIENG J., KAUFMANN B., REGE B., HANOTTE O., 2000. Application of New World Camelidae microsatellite primers for amplification of polymorphic loci in Old World Camelids. *Anim. Genet.*, **31** : 404-406.
- MEYER C., DENIS J.P., 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Montpellier, France, Cirad, 314 p. (Coll. Techniques)
- MORAND-FEHR P., BRANCA A., 1987. Méthodes d'estimation de l'état corporel des chèvres reproductrices. In : Proc. Symp. Philostios, L'évaluation des ovins et des caprins méditerranéens, Fonte Boa, Portugal, 22-25 sept. 1987, CEE, p. 182-201.
- OLLIER A., CUYLLE G., PEZANT J.P., CHILLIARD Y., 1995. Reproductibilité de la notation de l'état corporel des vaches Pie Noires. *Cah. Tech. Inra*, **36** : 17-26.
- POND C.M., 1984. Physiological and ecological importance of energy storage in the evolution of lactation: evidence for a common pattern of anatomical organization of adipose tissue in mammals. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, **51** : 1-32.
- PRAT M.L., 1993. L'alimentation du dromadaire. Thèse Doct. vét., Ecole nationale vétérinaire, Maisons-Alfort, France, 125 p.
- REMOND B., ROBELIN J., CHILLIARD Y., 1988. Estimation de la teneur en lipides des vaches laitières Pie Noires par la méthode de notation de l'état d'engraissement. *Inra Prod. Anim.*, 111-114.
- RENARD P., 1990. L'état corporel des chèvres laitières. Mise en œuvre d'une méthode d'appréciation par les maniements. Thèse Doct. vét., Ecole nationale vétérinaire, Nantes, France, 72 p.
- ROBELIN J., 1986. Composition corporelle des bovins : évolution au cours du développement et différences entre races. Thèse Doct. ès-Sci., université de Clermont-Ferrand, France.
- ROBELIN J., AGABRIEL J., 1986. Estimation de l'état d'engraissement des bovins vivants à partir de la taille des cellules adipeuses. *Bull. tech. Crzv Inra-Theix*, **66** : 37-41.
- ROBELIN J., CHILLIARD Y., AGABRIEL J., 1989. Estimation of body lipids and proteins of Holstein, Charolaise and Limousine cows by dilution technique and adipose cell size. In: Van der Honing Y., Close W.H. Eds, Proc. 11th Symp. Energy metabolism of farm animals. Wageningen, Netherlands, EAAP, Pudoc, **43**, p. 370-373.
- SEBASTIAN I., CHILLIARD Y., JAIME C., PURROY A., 1989. Variations du volume des adipocytes et de la note d'état corporel chez la brebis Rasa Aragonesa pendant la lactation et après le tarissement. *Ann. Zootech.*, **38** : 83-90.
- SEBASTIAN I., CHILLIARD Y., PURROY A., JAIME C., 1993. Supplémentation en céréales, état corporel et enzymes lipogéniques du tissu adipeux chez la brebis Aragonesa. *Ann. Zootech.*, **42** : 299-313.
- YAGIL R., SOD-MORIAH V.A., MEYERSTEIN N., 1974. Dehydration and camel blood. III. Osmotic fragility, specific gravity and osmolality. *Am. J. Physiol.*, **226** : 305-308.

Reçu le 17.05.2002, accepté le 28.11.2002

### Summary

**Faye B., Bengoumi M., Messad S., Chilliard Y.** Assessment of Body Reserves in Camels

Herbivores manage their body reserves in a way that helps them respond to variations in the quality and accessibility of feed resources. Assessing these reserves provides farmers with a decision-making tool. Almost no data are available on these aspects of the camel. The present article summarizes several works on weight estimations that are used to assess the volume and weight of the hump (main location of fat reserves), relationships between hump measurements and carcass weight, and between hump weight and perirenal fat weight. Assessing the number and size of adipocytes is a means to test the relevance of these types of fat storage. There is in particular a positive relationship between the size and number of adipocytes in the hump and those in the perirenal fat. The age and sex effects were very pronounced for some of the criteria. A body condition score was established for this species based on the assessment of selected body parts. Results however showed that the hump was not a good body-condition indicator because of variations in its weight as well as in the size of its adipocytes.

**Key words:** *Camelus dromedarius* – Body measurement – Body condition – Body conformation – Morocco.

### Resumen

**Faye B., Bengoumi M., Messad S., Chilliard Y.** Estimación de las reservas corporales en el dromedario

El manejo de las reservas corporales por parte de los herbívoros es una forma de responder a la variabilidad en la calidad y en el acceso a los recursos alimenticios. La estimación de estas reservas representa una herramienta de monitoreo para los criadores. En el dromedario, los datos sobre estos aspectos son casi inexistentes. El presente artículo representa una síntesis de varios trabajos relativos a estas observaciones barométricas, permitiendo la estimación del volumen y del peso de la giba, principal zona de reservas adiposas, la estimación de las relaciones entre las dimensiones de la giba y el peso de la carcasa y las relaciones entre el peso de la giba y el de la grasa peri renal. La evaluación de la cantidad y del tamaño de los adipositos permite poner a prueba la pertinencia de estas formas de almacenamiento adiposo. Existe sobretodo una relación positiva entre el tamaño y la cantidad de adipositos en la giba y los de la grasa peri renal. Los efectos de la edad y el sexo se encuentran muy marcados en ciertos criterios. La apreciación de algunos sitios anatómicos permitió construir una clasificación del estado corporal adaptado a la especie. Los resultados muestran sin embargo, que la giba, debido a la variabilidad, tanto de su peso como del tamaño de los adipositos, no representa un buen indicador del estado corporal.

**Palabras clave:** *Camelus dromedarius* – Medición del cuerpo – Condición corporal – Conformación animal – Marruecos.

# Performances zootechniques des caprins au Niger : étude comparative de la chèvre rousse de Maradi et de la chèvre à robe noire dans la zone de Maradi

H. Marichatou<sup>1\*</sup> L. Mamane<sup>2</sup> M. Banoïn<sup>1</sup> G. Baril<sup>3</sup>

## Mots-clés

Caprin – Chèvre rousse de Maradi – Chevreau – Performance de reproduction – Croissance – Niger.

## Résumé

L'objectif principal de cette étude a été non seulement de contribuer à la connaissance de la chèvre rousse de Maradi, mais également de comparer les paramètres de reproduction, le poids adulte, les mensurations et la croissance de la chèvre noire à ceux de la rousse. Des enquêtes verbales et rétrospectives ont été réalisées pour trois lots de chèvres (noires et rousses) : 106 ayant eu 3 à 4 mises bas, 97 ayant eu deux mises bas et 87 primipares. Sept mensurations ainsi que les poids adultes ont également été relevés sur 125 femelles rousses et noires de 4 ans  $\pm$  3 mois. L'évolution pondérale de 38 cabris noirs et roux en milieu villageois a été suivie de la naissance à deux mois. L'analyse statistique des données sur les deux robes en milieu villageois a montré des résultats globalement analogues. Néanmoins, la prolificité a toujours été plus élevée chez les chèvres à robe rousse que chez les chèvres à robe noire quelle qu'ait été la parité.

## ■ INTRODUCTION

Au Niger, l'élevage contribue pour 12 p. 100 au Produit intérieur brut national et pour 31 p. 100 au Pib agricole (15). L'effectif des caprins est important (6 037 000 têtes en 1996), avec une hausse croissante depuis 1980 en partie attribuable à l'adaptation de l'espèce caprine aux conditions souvent défavorables pour les autres espèces animales domestiques, notamment les bovins et les ovins.

Les caprins se répartissent principalement entre deux races largement métissées : la chèvre sahélienne, adaptée aux longs déplacements, dans la frange nord du Niger, dont la robe comporte le noir, le blanc et le rouge ; la chèvre rousse dans le sud du pays, où les agriculteurs associent son élevage à l'agriculture, dont la robe est rousse. A.H. Robinet écrivait en 1967 : « La robe [de la chèvre rousse de Maradi] est homogène, brillante, à reflets acajou [...]. Le mâle présente de manière constante une teinte plus foncée allant jusqu'à l'apparition d'une raie dorsale noire [...]. Les métis ont une robe généralement bariolée ou mélangée de blanc ou de rouge. Les muqueuses visibles sont noires. Tout éclaircissement de la fourrure, apparition de teintes délavées et de poils blancs, marque un recul dans la pureté du type. [Ainsi, parmi les robes acajou, ont pu être distinguées les nuances suivantes :] acajou avec ligne dorsale noire bien nette ; acajou avec quelques poils noirs sans localisation nette ; acajou sans poils noirs autres que ceux des extrémités » (19).

Les aptitudes zootechniques très marquées de la chèvre rousse ont été décrites (2, 17, 19, 20). L'exceptionnelle qualité de sa peau lui a valu une renommée internationale. L'attention particulière qui lui

1. Faculté d'Agronomie, BP 10960, université Abdou Moumouni, Niamey, Niger  
2. Direction des Centres de multiplication du bétail, ministère des Ressources animales, Niamey, Niger  
3. Inra-Cnrs, Umr 6073, Physiologie de la reproduction et des comportements, 37380 Nouzilly, France

\* Auteur pour la correspondance

Cirdes, 01 BP 454, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

Tél. : (226) 97 57 94 ; fax : (226) 97 23 20 ; e-mail : m.amani@fasonet.bf

est accordée a incité plusieurs actions au niveau national permettant sa diffusion : distribution de caprins roux, mesures législatives très sévères en vue de sa préservation (interdiction d'abattage de femelles rousses, élimination des chèvres bariolées et communes, castration des boucs non roux). En 1965, un Centre d'élevage caprin fut créé avec pour objectifs principaux la sélection et la diffusion de la chèvre rousse de Maradi. Malgré ces énormes efforts, il cohabite dans la même aire géographique une autre chèvre à robe uniformément noire, avec un effectif sans cesse croissant. Son ethnologie n'ayant pas encore été élucidée, aucune étude ne précise ses performances. Seul, un sondage autour du Centre caprin (16) révèle que du point de vue économique les producteurs ne distinguent pas cette chèvre noire de la chèvre rousse. De même, sur les peaux uniformément rousses ou noires, la société nigérienne des cuirs et peaux (Snep) et celle des tanneries du Niger (Sonitan) affichent les mêmes prix.

Dans le but de mieux connaître la chèvre noire et de déterminer si c'est une variante de la chèvre rousse, dans la présente étude ont été comparés certains paramètres zootechniques d'intérêt économique, notamment sur la reproduction, la croissance des jeunes jusqu'à deux mois et les mensurations à l'âge adulte.

■ MATERIEL ET METHODES

*Conditions et animaux de l'étude*

Cette enquête transversale a été réalisée chez les éleveurs encadrés par le projet d'Appui à l'élevage de la chèvre rousse, dans 15 villages des arrondissements de Tessaoua, Madarounfa et Guidan-Roundji, du département du Maradi. Cette région est considérée comme le berceau de la chèvre rousse. Les précipitations y varient de 200 mm au Nord (Dakoro) à 700 mm au Sud (Madarounfa). Les courbes de température moyennes mensuelles présentent deux maxima, en avril-mai (32 °C) et en octobre (29,5 °C), et une minima en décembre-janvier (22 °C).

Les éleveurs concernés ont été au nombre de 77 dont 26 à Guidan-Roundji, 19 à Madarounfa et 32 à Tessaoua. Les critères de leurs choix ont été : la disponibilité à fournir des renseignements clairs et précis ; la possession d'un troupeau caprin d'un effectif minimal de sept caprins roux ou noirs ; la localisation dans un des villages encadrés par le projet et dans la plupart des cas suivis par les agents du projet. Les conditions d'élevage ont été assez homogènes au niveau des arrondissements.

Les catégories d'animaux qui ont fait l'objet de l'étude ont été (tableau I) : les cabris, de la naissance à deux mois (pour la croissance) ; les primipares (pour l'âge à la première mise bas) ; les

chèvres à deux mises bas (pour l'intervalle entre les mises bas) ; les chèvres adultes de 4 ans ± 3 mois ayant eu 3 ou 4 mises bas (pour les mensurations, la prolificité).

Concernant l'alimentation, deux périodes ont dû être considérées. La première allait du début de la saison des pluies à la fin des récoltes (juin-novembre), lorsque les caprins étaient gardés au piquet en permanence et nourris au brouet, de produits de sarclage et de chaumes. La deuxième correspondait à la saison sèche, lorsque les animaux étaient en divagation ou conduits au pâturage. Au début, les chèvres ont profité largement des résidus de récoltes relayés par la suite par les pâturages naturels (ligneux et herbacés). La supplémentation minérale a été assurée pendant toute l'année dans 96 p. 100 des exploitations. Le son domestique a été introduit en complément dans 30 p. 100 des troupeaux. L'abreuvement s'est fait une à deux fois par jour.

En matière de santé, seuls 21 p. 100 des exploitants vaccinaient leurs troupeaux. La vermifugation non systématique n'était réalisée que chez 13 p. 100 des exploitants.

*Analyse des données*

Une enquête rétrospective a été faite pour chaque femelle en vue de reconstituer sa carrière reproductrice : naissance, nombre de mises bas, taille de la portée à chaque mise bas, avortements, etc. Les femelles adultes de 4 ans ± 3 mois ont fait l'objet de mesures aux mois d'août et septembre, portant sur la taille au garrot, la longueur et la largeur de la tête, la circonférence pectorale, la profondeur de la poitrine, la longueur scapulo-ischiale, la longueur scapulo-iliale, le poids adulte (à l'aide d'un peson de portée allant jusqu'à 100 kg et de précision à 500 g près). Les cabris ont été pesés à la naissance, puis suivis à 1 et 2 mois d'âge, à l'aide d'un peson de portée allant jusqu'à 25 kg et de précision à 100 g près.

Les données ont été présentées sous forme de moyennes arithmétiques. L'analyse de la variance suivant le test de Fisher et le test de Student au risque de première espèce de 5 p. 100 a été utilisée pour tester les éventuels effets de la race, du milieu, etc.

■ RESULTATS ET DISCUSSION

*Paramètres de reproduction*

*Prolificité*

La prolificité moyenne a été plus élevée pour la chèvre rousse et pour chaque rang de mise bas (tableau II). Néanmoins, le test de Student n'a pas montré de différence significative entre la chèvre rousse et la chèvre noire pour ce paramètre. Aussi, l'analyse de

Tableau I  
Nombre d'animaux par groupe d'observations et par arrondissement

Paramètres (lieu)	Prolificité			Age 1 <sup>ère</sup> mise bas			Intervalles entre mises bas			Mensurations et poids			Croissance		
	N	R	Total	N	R	Total	N	R	Total	N	R	Total	N	R	Total
G.-Roundji	13	12	25	12	11	23	12	12	24	13	13	26	8	7	15
Madarounfa	9	13	22	7	7	14	8	8	16	9	13	22	12	11	23
Tessaoua	17	21	38	12	12	24	17	19	36	17	21	38	0	0	0
Total	39	46	85	31	30	61	37	39	76	39	47	86	20	18	38

N : caprins noirs ; R : caprins roux

variance a montré que ni le lieu ni la robe n'ont été liés à une différence significative de la prolificité. Les deux races ont été prolifiques, même si elles l'ont moins été que les chèvres naines et celles de Massakory (tableau III). Ce paramètre a été influencé par la taille de la portée. Si aucun cas de naissance triple ou quadruple n'a été enregistré, les naissances doubles ont représenté 24,5 et 36,5 p. 100 des observations totales respectivement chez la chèvre noire et chez la chèvre rousse.

Le tableau IV montre une augmentation de la taille de la portée avec le rang de mise bas. Cette tendance a déjà été signalée par Haumesser sur la chèvre rousse de Maradi (11), Dumas et coll. sur la chèvre de Massakory au Tchad (7) et Gerbaldi sur la chèvre bariolée du Niger (9).

Ainsi, quel qu'ait été le village, la prolificité de la chèvre à robe rousse a été légèrement plus élevée que celle de la chèvre à robe noire. Elle a varié de 121 à 140 p. 100 pour les deux robes confondues.

**Intervalles entre mises bas**

Concernant les intervalles entre mises bas moyens des deux races (tableau II), l'analyse statistique n'a pas montré de différence significative au seuil de 5 p. 100. Cet intervalle a été long (supérieur à un an) et supérieur à ce qui a été observé par d'autres auteurs (9, 11, 13, 14) sur d'autres races (tableau V). Ceci peut s'expliquer par l'insuffisance des boucs dans les villages et la pratique de mise au piquet des caprins pendant toute la saison des cultures (juin à novembre).

**Tableau II**

Paramètres de reproduction comparatifs de la chèvre rousse et de la chèvre noire

Paramètres	Chèvre rousse		Chèvre noire	
	n		n	
Prolificité moyenne (%)	n = 46	136	n = 39	124
Intervalle moyen entre mises bas (jours)	n = 39	386	n = 37	363
Age moyen à la 1 <sup>ère</sup> mise bas (mois)	n = 30	13,57 ± 2,5	n = 31	13,68 ± 2,91

**Tableau III**

Prolificité de différentes races caprines d'Afrique

Race	Prolificité (%)	Auteur et année
Chèvre rousse	147	Haumesser, 1975, <i>Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.</i>
	125	Verhults, 1995, lvtg
Caprin du Sahel tchadien	107-108	Dumas, 1977, Gerdat-Iemvt
Chèvre bariolée du Niger	126	Haumesser, 1975, <i>Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.</i>
Chèvre naine d'Afrique occidentale	175	Kabbali et Berger, 1990, Actes Edition
Chèvre de Massakory	143	Iemvt, 1977

**Tableau IV**

Type de naissance en fonction du rang de mise bas et de la robe

Rang de mise bas	Robe	Effectif	Naissance double		Naissance simple		Total cabris	Taille portée
			Nb.	%	Nb.	%		
1 <sup>ère</sup>	Noire	39	3	7,7	36	92,3	42	1,08
	Rousse	45	5	11,1	40	88,9	50	1,12
2 <sup>e</sup>	Noire	39	12	30,8	27	69,2	51	1,31
	Rousse	45	17	37,8	28	62,2	66	1,38
3 <sup>e</sup>	Noire	34	10	29,4	24	70,6	44	1,29
	Rousse	40	20	50	20	50	60	1,5
4 <sup>e</sup>	Noire	19	7	38,8	12	63,2	23	1,37
	Rousse	18	12	66,7	6	33,3	30	1,67
Total	Noire	131	32	24,4	99	75,5	163	1,24
	Rousse	148	54	36,5	94	63,6	202	1,36

Tableau V

Intervalle entre mises bas chez quelques races caprines

Race	Intervalle entre mises bas (jours)	Auteur et année
Chèvre rousse	332	Haumesser, 1975, <i>Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.</i>
Chèvre bariolée du Niger	258	Gerbaldi, 1978, <i>lemvt</i>
Chèvre naine de l'Afrique de l'Ouest	283	Kabbali et Berger, 1990, Actes Edition
Chèvre Massakory du Tchad	261	<i>lemvt</i> , 1977

### Age moyen à la première mise bas

Les âges moyens à la première mise bas des femelles des deux couleurs (tableau II) ont été semblables à celui obtenu par Haumesser (11) chez la chèvre rousse en élevage. Il n'a pas été observé de lien entre la couleur de la robe ou le milieu sur l'âge à la première mise bas. Aussi, le test de Student n'a pas différencié la moyenne des chèvres noires de celle des chèvres rousses en milieu villageois. Ces chèvres ont été plus précoces que les chèvres rousses de l'étude de Verhults (20 mois) en 1995 (20) et plus tardives que la chèvre Mossi du Burkina qui avait un âge moyen de 11 mois (3).

### Poids et mensurations

Les poids moyens et mensurations ont été relevés dans les différents arrondissements (tableau VI). Ces résultats ont été semblables à ceux précédemment obtenus par d'autres auteurs (4, 19). Le test de Student n'a pas relevé de lien entre la couleur de la robe et le poids et les différentes mensurations. Ceci permet de considérer que les deux chèvres ont la même stature physique. Cependant, on note une supériorité sur tous les paramètres des chèvres des deux couleurs de l'arrondissement de Guidan-Roundji, liée certainement à la conduite de l'élevage. En effet, la période de mesures ayant coïncidé avec la saison des pluies, les animaux de cet arrondissement étaient conduits au pâturage, pendant que ceux des autres arrondissements restaient au piquet au village dans la majorité des cas.

### Croissance

#### Evolution pondérale de la naissance à 60 jours

Les données relatives à la croissance des cabris des deux robes de la naissance à 60 jours ont indiqué que le poids moyen à la naissance a été de  $1,95 \pm 0,36$  kg ( $n = 20$ ) pour les chèvres à robe noire et de  $1,82 \pm 0,45$  ( $n = 18$ ) pour les chèvres rousses (tableau VII). Il n'y a pas eu de lien entre la couleur de la robe et le poids à la naissance. Cependant, les mâles noirs tendaient à être plus lourds que les mâles roux. Ces poids à la naissance ont été semblables à ceux déjà trouvés chez la chèvre rousse de Maradi, en station comme en élevage, par d'autres auteurs (4, 12, 17). Les mâles sont apparus légèrement plus lourds que les femelles à la naissance, observation faite antérieurement par Haumesser (11) et Oumara (17) chez la chèvre rousse, Alexandre et coll. (1) chez la chèvre créole.

Le poids moyen à 30 jours des cabris roux a été supérieur à celui des cabris noirs, mais cette différence n'a pas été significative. Le poids moyen des cabris de l'échantillon de la présente étude (noirs et roux) a été de  $3,68 \pm 0,88$  kg. Il a été légèrement inférieur aux résultats de Nicolas cité par Robinet (19) et d'Oumara (17), tous deux en station. Cette différence pourrait être inhérente à la période de l'étude, ces auteurs ayant mené leurs travaux en saison sèche humide.

A deux mois également, les cabris roux ont pesé plus que les cabris noirs sans que cette différence n'ait été statistiquement significative.

Tableau VI

Poids et mensurations des femelles selon la robe et l'arrondissement enquêté

	Nb.	Poids (kg)	Haut. au garrot (cm)	Long. de la tête (cm)	Périmètre thorac. (cm)	Profondeur poitrine (cm)	Long. scapulo-ischiale	Long. scapulo-iliale
Noire/GR	13	30,0	68,0	18,1	72,2	36,7	66,2	54,3
Noire/Mdfa	9	25,5	64,3	18,3	69,0	33,7	61,6	51,2
Noire/Tessa	17	27,5	64,6	18,5	69,5	36,2	64,7	52,4
Rousse/GR	13	30,0	64,2	18,4	72,7	37,1	66,0	54,2
Rousse/Mdfa	13	25,7	64,8	17,8	68,9	33,2	62,6	51,4
Rousse/Tessa	21	28,6	65,5	18,5	70,8	36,7	67,3	53,4
Noire	39	27,9	65,7	18,3	70,3	35,8	64,5	52,7
Rousse	47	28,2	64,9	18,3	70,8	35,9	65,6	53,0
Noire et rousse	86	28,1	65,3	18,3	70,6	35,9	65,1	52,9

GR : Guidan-Roundji ; Mdfa : Madarounfa ; Tessa : Tessaoua

Tableau VII

Performances de croissance de cabris selon la robe et le sexe

Paramètres	Robe		Mâle		Femelle	
	Noire	Rousse	Noire	Rousse	Noire	Rousse
Effectif	n = 21	n = 21	n = 7	n = 8	n = 14	n = 13
Poids vif (kg)						
Naissance	1,95 ± 0,36	1,82 ± 0,45	2,15 ± 0,33	1,84 ± 0,54	1,82 ± 0,34	1,80 ± 0,28
A 30 jours	3,42 ± 0,88	3,94 ± 0,81	3,28 ± 0,84	4,13 ± 0,68	3,49 ± 0,88	3,62 ± 0,95
A 60 jours	5,86 ± 0,59	6,07 ± 0,56	6,08 ± 0,40	6,05 ± 0,46	5,75 ± 0,66	6,09 ± 0,68
Gmq <sup>1</sup> (g/jour)						
0-30 j	49	70,7	44,7	77,7	48,7	59,3
30-60 j	81,3	71	86,3	65,3	82,3	81

<sup>1</sup> Gain moyen quotidien

### Gains moyens quotidiens

Les gains moyens quotidiens des chevreaux roux entre 0 et 30 jours ont été de 70,7 g par jour contre 49 g par jour pour les cabris noirs. Ces données ont été différentes de celles enregistrées sur des chevreaux roux par Oumara (61,33 g par jour) (17) au Centre d'élevage caprin au Niger et par Denis (4) à Dara au Sénégal. La tendance semble s'être un peu inversée pour les gains moyens quotidiens entre 30 et 60 jours : 81,3 g par jour pour les noirs et 71 g par jour pour les roux. Globalement, il n'y a pas eu de différence significative entre les deux robes en termes de croissance jusqu'à l'âge de deux mois. L'allure des courbes a été similaire à celle observée chez la chèvre créole dans le cas de portée double (1).

### CONCLUSION

Cette étude n'a pas mis en évidence de différence significative entre les principales caractéristiques de reproduction, les mensurations corporelles et la croissance de 0 à 60 jours de la chèvre

rousse en milieu villageois, et celles de la chèvre noire. Ces résultats apportent quelques éléments d'appréciation sur la parenté des deux caprins, même s'ils ne permettent pas d'établir que la chèvre noire est de même type génétique que la chèvre rousse. Cette étude devrait être poursuivie pour prendre en compte des effectifs plus importants et pour ajouter d'autres paramètres comme la fécondité, la qualité de la peau, la production laitière, etc. Aussi, des études sur le calcul d'une distance génétique sur la base d'outils moléculaires plus précis que les seules performances apporteraient des précisions considérables aux connaissances actuelles.

### Remerciements

Les auteurs remercient M. Lippert, assistant technique Belge, et M. Gaya, directeur du Centre caprin de Maradi, pour leur concours, de même que le personnel et les agents vulgarisateurs du projet d'Appui à l'élevage de la chèvre rousse pour leur contribution dans l'exécution des travaux de terrain.

### BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE G., AUMONT G., FLEURY J., MAINAUD J.C., KANDASSAMY T., 1997. Performances zootechniques de la chèvre créole allaitante de Guadeloupe. Bilan de 20 ans dans un élevage expérimental de l'Inra. *Prod. Anim.*, **10** : 7-20.
- BEMBELLO A., 1961. La chèvre rousse et son exploitation au Niger. Thèse Doct. vét., Ecole nationale vétérinaire, Toulouse, France, 110 p.
- CHARRAY J., COULOMB J., HAUMESSER J.B., 1980. Les petits ruminants d'Afrique centrale et d'Afrique de l'Ouest : synthèse des connaissances actuelles. Maisons-Alfort, France, lemvt, 295 p.
- DENIS J.P., 1972. Rapport sur les résultats d'introduction de la chèvre rousse de Maradi au Sénégal. Dakar, Sénégal, Lnerv.
- Direction départementale de l'élevage et des industries animales de Maradi, 1999. Rapport annuel d'activités. Maradi, Niger, Ddeia, 59 p.
- DUMAS R., 1977. Etude sur l'élevage des petits ruminants du Tchad. Analyse des caractéristiques de la reproduction. Maisons-Alfort, France, lemvt, 32 p. (Fiche de synthèse n° 5)

- DUMAS R., LEFÈVRE P., DESLANDES P., 1977 Etude sur l'élevage des petits ruminants au Tchad. Maisons-Alfort, France, Gerdat-lemvt, 354 p.
- DUMAS R., RAYMOND H., 1974. L'élevage des petits ruminants dans les circonscriptions de Kaya, Ouahigouya et du Sahel. Paris, France, Société pour le développement économique et social.
- GERBALDI P., 1978. Divers rapports petits ruminants du Niger. Maisons-Alfort, France, lemvt.
- GUILLERMO L., 1948. Chèvre Angora et Mohair à Madagascar. Thèse Doct. vét., Ecole nationale vétérinaire, Maisons-Alfort, France, 99 p.
- HAUMESSER J.B., 1975. Quelques aspects de la reproduction chez la chèvre rousse de Maradi. Comparaison avec d'autres races tropicales ou subtropicales. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **28** : 225-234.
- HAUMESSER J.B., 1975. Modalités et résultats des enquêtes sur les petits ruminants au Niger. Journées techniques Production animale. Maisons-Alfort, France, lemvt, p. 54-60.
- IEMVT, 1977. La race caprine du Sahel : résultats d'une année d'observations. Rapport annuel du Lrvz de Farcha. Maisons-Alfort, France, lemvt.

14. KABBALI A., BERGER Y.M., 1990. L'élevage du mouton dans un pays à climat méditerranéen. Casablanca, Maroc, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Actes Edition, 235 p.
15. Ministère du Plan, 1997. Schéma directeur de développement régional de Maradi, Niger, vol. 1. Maradi, Niger, ministère du Plan, 150 p.
16. MOUDY M.S., 1985. La sélection de la chèvre rousse de Maradi : buts, méthodes, résultats et impacts. Rapport de stage. Niamey, Niger, faculté d'Agronomie, 42 p.
17. OUMARA A.D., 1986. Croissance et viabilité de la chèvre rousse de Maradi au Centre d'élevage caprin de Maradi (Niger), Thèse Doct. vét., Eismv, Dakar, Sénégal, 122 p. (N° 22)

18. Programme national de reconstitution du cheptel, 1980. Note sur la diffusion de la chèvre rousse de Maradi. Niamey, Niger, ministère de l'Elevage, 13 p.
19. ROBINET A.H., 1967. La chèvre rousse de Maradi. Son exploitation et sa place dans l'économie et l'élevage de la République du Niger. *Revue Elev. Méd. vet. Pays trop.*, **20** : 129-186.
20. VERHULTS A., 1995. Appui à la sélection, à la promotion et à la diffusion de la chèvre rousse de Maradi. Anvers, Belgique, Ivtg, 132 p.

Reçu le 27.05.2002, accepté le 09.01.2003

### Summary

**Marichatou H., Mamane L., Banoïn M., Baril G.** Zootechnical Performances of Goats in Niger: Comparative Study of the Maradi Russet Goat with the Black-Coat Goat in Maradi Area

The main objective of this study was not only to contribute to the knowledge of the Maradi russet goat, but also to compare some of its parameters (reproduction, adult weight, measurements, growth) with those of the black goat. Retrospective oral surveys were carried out on three groups of black, and russet goats, in which 106 goats gave birth 3 or 4 times, 97 of them twice and 87 were primiparous. Seven measurements as well as adult weights were recorded in 125 russet, and black females of 4 years  $\pm$  3 months of age. Weight changes in 38 black, and russet kids were monitored from birth to three months of age in village conditions. Data statistical analysis on both coat-type groups showed, overall, similar results in village conditions. Nevertheless, prolificacy in russet goats was systematically higher than that in black goats regardless of parity.

**Key words:** Maradi russet goat – Kid – Reproductive performance – Growth – Niger.

### Resumen

**Marichatou H., Mamane L., Banoïn M., Baril G.** Rendimientos zootécnicos de los caprinos de Níger: estudio comparativo de la cabra roja de Maradi con su pariente de pelaje negro en la zona de Maradi

El objetivo principal del presente estudio fue no sólo el de contribuir al conocimiento de la cabra roja de Maradi, sino igualmente el de comparar los parámetros de reproducción, el peso del adulto, las medidas y el crecimiento de la cabra negra con los de la roja. Se llevaron a cabo encuestas verbales y retrospectivas para tres lotes de cabras (negras y rojas): 106 con 3 o 4 partos, 97 con dos partos y 87 primíparas. Se efectuaron igualmente ocho medidas, incluyendo el peso adulto, en 125 hembras rojas y negras de 4 años  $\pm$  3 meses. Se siguió la evolución ponderal de 38 cabritos negros y rojos en un medio local desde el nacimiento hasta dos meses. El análisis estadístico de los datos sobre los dos pelajes en un medio de pueblo local mostró resultados globalmente análogos. Sin embargo, la prolificidad fue siempre más elevada en las cabras de pelo rojo que en las de pelo negro, cualquiera que fuese el número de partos.

**Palabras clave:** Cabra rojiza de Maradi – Cabrito – Reproductividad – Crecimiento – Niger.

## 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 tous les fichiers sont au format Word Perfect ou Microsoft Word (indiquer clairement sur la disquette le logiciel utilisé).

- **Contenu des 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> 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 chiffre romains, dans l'ordre de leur apparition dans le texte.

- **Figures** (photos, graphes, dessins, cartes) : sur papier uniquement, indépendantes du texte, numérotées en chiffre arabe dans l'ordre de leur apparition, les légendes rassemblées sur feuille indépendante, compréhensibles par elles-mêmes ; **de qualité excellente**, dès l'expédition du manuscrit, pour pouvoir être reproduites par clicage et réduites ou agrandies. 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 vêlages chez le zébu Gobra (Peulh sénégalais). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **24** : 635-647.

3. GUYOT B., TOBAR M., VINCENT J.C., 1988. Essai de détermination de la couleur verte du café en système modèle. In : XII<sup>e</sup> colloque scientifique international sur le café, Montreux, Suisse, 28 juin-3 juillet 1987. Paris, France, ASIC, p. 143-147.

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.

Une présentation détaillée est disponible sur demande.

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 faire part de toutes corrections.

**30 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" diskette** is included. The text and tables are in separate files saved under Word Perfect or Microsoft Word (clearly indicate on the diskette the software used).

- **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): originals submitted on paper only, separate from the text, numbered (Arabic num.) in the order they appear in the text; legends are listed separately, meaningful by themselves; **high-quality** is required from the start as they may be reproduced without any modification (except in size). 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 vêlages chez le zébu Gobra (Peulh sénégalais). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **24** : 635-647.

3. GUYOT B., TOBAR M., VINCENT J.C., 1988. Essai de détermination de la couleur verte du café en système modèle. In : XII<sup>e</sup> colloque scientifique international sur le café, Montreux, Suisse, 28 juin-3 juillet 1987. Paris, France, ASIC, p. 143-147.

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.

The complete guidelines are available upon request.

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 the corrections.

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