

Sommaire

PATHOLOGIE INFECTIEUSE

- 189 Etude préliminaire de l'innocuité et du pouvoir immunogène de la souche atténuée VD_{47/25} de camelpoxvirus. Nguyen-Ba-Vy, Guerre L., Saint-Martin G. (en français)
- 195 Prévalence d'anticorps dirigés contre les virus de la fièvre catarrhale ovine, de l'herpèsvirus bovin de type 1 et de la diarrhée bovine/maladie des muqueuses chez le buffle d'eau dans l'Etat de Minas Gerais, Brésil. Lage A.P., Castro R.S., Melo M.I.V., Aguiar P.H.P., Barreto Filho J.B., Leite R.C. (en anglais)

PATHOLOGIE PARASITAIRE

- 199 Influence de l'intervalle du repas d'entretien sur la compétence vectorielle de *Glossina palpalis palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre) vis-à-vis de *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125 - Morphologie et cycle du parasite. Kazadi J.M., Kageruka P., Losson B., Jochems M., Van Hees J. (en français)
- 207 Détection d'antigènes circulants au cours d'une infection expérimentale à *Trypanosoma brucei brucei* chez des bovins Borgou, Lagunaires et zébus Bororo blancs. Doko A., Verhulst A., Pandey V.S., Büscher Ph., Lejon V. (en français)
- 212 Note de lecture
- 213 Observations sur l'épidémiologie de la trypanosomose des ruminants dans l'Etat de Kano, Nigeria. Kalu A.U., Lawani F.A. (en anglais)
- 219 Prévalence sérologique de l'aérostose ovine au Burkina Faso : estimation par la technique ELISA. Ouattara L., Dorchie Ph. (en français)
- 223 Présence à Cuba de la lucilie bouchère du bétail (*Cochliomyia hominivorax*). Rodriguez Diego J.G., Blandino T., Alonso M., Mendoza E., Seoane G., Fregel N. (en français)
- 227 Elimination périodique des oocystes d'*Eimeria* chez le poulet pendant la journée en milieu tropical. Mpoame M., Tchoumboue J. (en anglais)

RESSOURCES ALIMENTAIRES

- 229 Teneur en énergie métabolisable et digestibilité des acides aminés chez le coq de deux sous-produits de l'extraction de l'huile : tourteau de palmiste pressé (*Elaeis guineensis*) et germe et son de maïs extrait (*Zea mays*). Vilariño M., Rudeaux F., León A., Picard M. (en français)
- 235 Effet du passage par le tractus digestif des ruminants domestiques sur la germination des graines de légumineuses ligneuses des zones tropicales sèches. Danthu P., Ickowicz A., Friot D., Manga D., Sarr A. (en français)

RESSOURCES ANIMALES

- 243 Les coûts et revenus de l'association de l'élevage bovin et de l'agriculture dans la Province de l'Ouest du Zambie. Baars R.M.T., de Jong R., Zwart D. (en anglais)
- 252 Note de lecture
- 253 Evaluation des pertes d'agneaux et de chevreaux par abattage des femelles gravides. Manjeli Y., Njwe R.M., Tchoumboué J., Abba S., Tegua A. (en français)
- 257 Etudes hématologiques et biochimiques de poule domestique (*Gallus domesticus*) et de pintade domestique (*Numida meleagris*) de races locales du Nord-Ouest du Nigeria. Uko O.J., Ataja A.M. (en anglais)
- 263 Concentrations du glutathion érythrocytaire et ses corrélations avec l'hématocrite et les concentrations d'hémoglobine et d'acide ascorbique du plasma chez les bovins Wadara nigerians. Igbokwe I.O., Bah G.S., Obagaiye O.K., Saror D.I., Esievo K.A.N. (en anglais)
- 266 Notes de lecture

Contents

INFECTIOUS PATHOLOGY

- 189 Preliminary study of the safety and immunogenicity of the attenuated VD_{47/25} strain of camelpoxvirus. Nguyen-Ba-Vy, Guerre L., Saint-Martin G. (in French)
- 195 Prevalence of antibodies to bluetongue, bovine herpesvirus 1 and bovine viral diarrhoea/mucosal disease viruses in water buffaloes in Minas Gerais State, Brazil. Lage A.P., Castro R.S., Melo M.I.V., Aguiar P.H.P., Barreto Filho J.B., Leite R.C. (in English)

PARASITIC DISEASES

- 199 Influence of upkeep meal intervals on *Glossina palpalis palpalis* (Mongo-Bemba, Zaire) vectorial competence in relation with *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125 - Morphology and parasite cycle. Kazadi J.M., Kageruka P., Losson B., Jochems M., Van Hees J. (in French)
- 207 Detection of blood antigens in Borgu, Lagoon and White Bororo zebu cattle experimentally infected with *T. brucei brucei*. Doko A., Verhulst A., Pandey V.S., Büscher Ph., Lejon V. (in French)
- 212 Reading notes
- 213 Observations on the epidemiology of ruminant trypanosomosis in Kano State, Nigeria. Kalu A.U., Lawani F.A. (in English)
- 219 Serological prevalence of *Oestrus ovis* infestation in Burkina Faso: an estimate using ELISA testing. Ouattara L., Dorchie Ph. (in French)
- 223 Presence of cattle screwworms (*Cochliomyia hominivorax*) in Cuba. Rodriguez Diego J.G., Blandino T., Alonso M., Mendoza E., Seoane G., Fregel N. (in French)
- 227 Periodic release of *Eimeria* species oocysts from chicken during daytime hours in a tropical environment. Mpoame M., Tchoumboue J. (in English)

FEED RESOURCES

- 229 Metabolisable energy and digestible amino acids contents in cockerels of two oil extracted by-products: palm kernel meals (*Elaeis guineensis*) and germ-bran extracted maize (*Zea mays*). Vilarinho M., Rudeaux F., León A., Picard M. (in French)
- 235 Effect of the passage through the digestive tracts of domestic ruminants on the germination of woody leguminous tree seeds in the semi-arid tropics. Danthu P., Ickowicz A., Friot D., Manga D., Sarr A. (in French)

ANIMAL RESOURCES

- 243 Costs and returns of the crop-cattle system in the Western Province of Zambia. Baars R.M.T., de Jong R., Zwart D. (in English)
- 252 Reading notes
- 253 Loss evaluation of lambs and kids through slaughtering of pregnant females. Manjeli Y., Njwe R.M., Tchoumboué J., Abba S., Tegui A. (in French)
- 257 Haematological studies of pure indigenous domestic fowl (*Gallus domesticus*) and guinea fowl (*Numida meleagris*) in North-West Nigeria. Uko O.J., Ataja A.M. (in English)
- 263 Erythrocyte glutathione concentrations and the correlations with packed cell volume, haemoglobin and plasma ascorbic acid concentrations in Nigerian Wadara cattle. Igbokwe I.O., Bah G.S., Obagaiye O.K., Saror D.I., Esievo K.A.N. (in English)
- 266 Reading notes

Sumario

PATOLOGIA INFECCIOSA

- 189 Estudio preliminar sobre la inocuidad y el poder inmunógeno de la cepa atenuada VD_{47/25} de camelpoxvirus. Nguyen-Ba-Vy, Guerre L., Saint-Martin G. (en francés)
- 195 Prevalencia de anticuerpos de lengua azul, herpesvirus bovino 1 y diarrea viral bovina/enfermedad de las mucosas en búfalos de agua, en el estado de Minas Gerais, Brasil. Lage A.P., Castro R.S., Melo M.I.V., Aguiar P.H.P., Barreto Filho J.B., Leite R.C. (en inglés)

PATOLOGIA PARASITARIA

- 199 Influencia del intervalo entre alimentaciones de mantenimiento sobre la capacidad vectorial de *Glossina palpalis palpalis* (Mongo-Bemba, Zaire), con respecto al *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125 - Morfología y ciclo del parásito. Kazadi J.M., Kageruka P., Losson B., Jochems M., Van Hees J. (en francés)
- 207 Detección de antígenos circulantes durante una infección experimental por *Trypanosoma brucei brucei* en bovinos Borgou, Lagunare y cebúes Bororo blancos. Doko A., Verhulst A., Pandey V.S., Büscher Ph., Lejon V. (en francés)
- 212 Nota de lectura
- 213 Observaciones sobre la epidemiología de la tripanosomosis en los rumiantes en el estado de Kano, Nigeria. Kalu A.U., Lawani F.A. (en inglés)
- 219 Prevalencia serológica de la miasis por *Oestrus ovis* en los ovinos de Burkina Faso : estimación mediante la técnica ELISA. Ouattara L., Dorchie Ph. (en francés)
- 223 Presencia en Cuba del gusano barrenador del ganado (*Cochliomyia hominivorax*). Rodriguez Diego J.G., Blandino T., Alonso M., Mendoza E., Seoane G., Fregel N. (en francés)
- 227 Liberación periódica de oocitos de *Eimeria* spp. en pollos, durante el día, en un medio tropical. Mpoame M., Tchoumboue J. (en inglés)

RECURSOS ALIMENTICIOS

- 229 Contenido en energía metabolizable y digestibilidad de los amino ácidos en el gallo, de dos sub productos extraídos de aceite: torta de palmito prensado (*Elaeis guineensis*) y germen y afrecho de extracto de maíz (*Zea mays*). Vilariño M., Rudeaux F., León A., Picard M. (en francés)
- 235 Efecto del pasaje por el tracto digestivo de los rumiantes domésticos sobre la germinación de semillas de arbustos leguminosos, en las zonas tropicales secas. Danthu P., Ickowicz A., Friot D., Manga D., Sarr A. (en francés)

RECURSOS ANIMALES

- 243 Costos y beneficios del sistema cultivo-ganado en la Provincia Oeste de Zambia. Baars R.M.T., de Jong R., Zwart D. (en inglés)
- 252 Nota de lectura
- 253 Evaluación de las pérdidas de corderos y cabritos por el sacrificio de hembras gestantes. Manjeli Y., Njwe R.M., Tchoumboué J., Abba S., Teguia A. (en francés)
- 257 Estudios hematológicos del ave doméstica autóctona (*Gallus domesticus*) y del ave de Guinea (*Numida meleagris*) en el Noroeste de Nigeria. Uko O.J., Ataja A.M. (en inglés)
- 263 Concentraciones de glutatión eritrocitario y correlaciones con el hematocrito, la hemoglobina y las concentraciones de ácido ascórbico en plasma, en el ganado Wadara nigeriano. Igbokwe I.O., Bah G.S., Obagaiye O.K., Saror D.I., Esievo K.A.N. (en inglés)
- 266 Notas de lectura

Etude préliminaire de l'innocuité et du pouvoir immunogène de la souche atténuée VD_{47/25} de camelpoxvirus

Nguyen-Ba-Vy^{1*} L. Guerre^{2**} G. Saint-Martin^{1***}

Mots-clés

Camelus dromedarius - Dromadaire - Poxviridae - Vaccin - Anticorps - Mauritanie.

Résumé

L'examen de l'innocuité et du pouvoir immunogène de la souche atténuée de camelpoxvirus VD_{47/25} a été effectué sur 30 chamelons en Mauritanie. Aucun signe clinique n'a été constaté durant les 40 jours d'observation suivant la vaccination. Les titres des anticorps neutralisants des sérums prélevés durant cette période sont restés faibles (1/4-1/16). Les titrages *in vivo* d'une souche virulente sur des vaccinés et des témoins ont permis le calcul de la dose protectrice 50 p. 100 (DP₅₀) qui renfermait l'équivalent de 10^{3,7} DICT₅₀ (dose infectant 50 p. 100 des cultures cellulaires). D'autres études seront nécessaires pour la détermination de la dose vaccinale protégeant 95 p. 100 des vaccinés.

■ INTRODUCTION

L'élevage de dromadaires se développe de plus en plus dans les pays africains, au Moyen-Orient et en Asie centrale, non seulement à cause des traditions socio-culturelles, mais aussi pour des raisons économiques. Celles-ci tiennent à une meilleure pérennité du capital de production que représentent les troupeaux, et à la bonne rentabilité de son exploitation commerciale, qui incitent davantage de commerçants et d'agriculteurs à investir dans cet élevage, face aux demandes accrues en lait et en viande (17).

Ce développement a pour corollaire des problèmes d'alimentation et de pathologie (3, 6, 7). Les dromadaires sont réputés plus résistants aux maladies que les autres espèces domestiques, mais certaines enzooties comme la trypanosomose, la variole et l'ecthyma contagieux affectent actuellement des troupeaux de camélidés en créant des pertes économiques considérables (1, 8, 9, 17). La variole des dromadaires peut causer la mort des jeunes, mais aussi des adultes lorsqu'ils ont été mal nourris et affaiblis par une infection latente ou concomitante due à d'autres agents pathogènes.

La prévention de cette maladie, selon la méthode traditionnelle (inoculation d'un prélèvement d'animal malade à un animal sain après une atténuation par des procédés empiriques) est très risquée, tandis que l'usage du virus de la vaccine (8) pour obtenir une immunité croisée, a été abandonné suite aux recommandations de l'OMS en 1977, après l'éradication de la variole humaine. Certains vaccins homologues anti-camelpox ont été essayés par

différents auteurs (5, 10). Les résultats d'une étude préliminaire de l'innocuité et du pouvoir immunogène de l'une des souches atténuées de camelpoxvirus sont exposés dans ce travail.

■ MATERIEL ET METHODES

Souches de camelpoxvirus

Souche VD_{47/25}

C'est une souche atténuée dérivant de la souche virulente VD₄₇ isolée des dromadaires du Niger en 1981 (12). Elle a subi 65 subcultures sur des cellules IB-RS₂ à 36°C et 18 passages à 25°C avant d'être utilisée pour la fabrication du vaccin sur des cellules Vero.

Souche VDR-A₂

La souche virulente VDR-A₂ a été isolée par Lejan en 1987 sur des dromadaires de Mauritanie. Elle se multiplie bien sur des cellules d'explantation de dromadaires ou de moutons et s'adapte facilement aux cellules Vero.

Production du vaccin brut

Après la destruction de la nappe des cellules Vero par le camelpoxvirus, la culture a été soumise à cinq cycles de congélation-décongélation, puis à une centrifugation à 1 000 g pendant 15 min. Le surnageant constituait le vaccin brut qui peut être conservé à -80°C ou lyophilisé après vérification de l'absence de toute contamination.

Sélection des chamelons sensibles

Il n'est pas facile de trouver en Mauritanie, où sévit la variole des dromadaires à l'état endémique, des chamelons parfaitement sensibles, car la majorité d'entre eux possèdent un certain degré de résistance au camelpoxvirus. Elle est due à la persistance des

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

2. CNERV, BP 167, Nouakchott, République islamique de Mauritanie

* Adresse actuelle

** Adresse actuelle : LANAVET, BP 503, Garoua, Cameroun

*** Adresse actuelle : Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, Mission scientifique et technique, DSPT9, 77 avenue Denfert-Rochereau, 75014 Paris, France

anticorps maternels transmis avec le colostrum ou à la suite d'une infection naturelle bénigne. L'absence des anticorps neutralisants ne signifie pas toujours une sensibilité de l'animal car la résistance contre ce virus est basée non seulement sur des anticorps neutralisants, mais aussi sur une immunité à médiation cellulaire. Les tests d'examen de ce dernier type d'immunité n'étaient pas praticables sur le terrain, il a donc été décidé de sélectionner parmi les chamelons de 3 à 18 mois dans différents élevages aux alentours de Nouakchott, 35 sujets ayant des titres d'anticorps neutralisants inférieurs à 1/4, dans l'espoir de trouver un certain nombre d'animaux sensibles pour les différents lots. Ceux-ci ont été enfermés simplement dans des enclos à l'air libre.

Vaccination des chamelons et test d'innocuité

Une suspension du virus VD_{47/25} contenant 10⁵ DICT₅₀/ml (dose infectant 50 p. 100 des cultures cellulaires) et ses dilutions de 10⁻¹ à 10⁻⁵ ont été inoculées à la dose de 5 ml en sous-cutané à 6 lots de chamelons. Chaque sujet a donc reçu respectivement de 10^{0,7} à 10^{5,7} DICT₅₀. Des injections de plus grand volume, 50 ml d'une suspension de virus VD_{47/25} contenant 10⁵ DICT₅₀, soit l'équivalent de 10^{6,7} DICT₅₀, ont été faites sur deux chamelons pour tester l'innocuité de la préparation.

Des échantillons de sang ont été prélevés juste avant la vaccination (le jour même) et chaque semaine suivante durant une période de 40 jours, au niveau de la partie haute de la veine jugulaire à l'aide de tubes vacutainer de 10 ml, munis de gel séparateur de sérum et d'activateur de coagulation (Becton-Dickinson SST). Les sérums exsudés ont été décantés dans des tubes stériles et gardés au congélateur jusqu'aux titrages.

Titration des anticorps neutralisants

La recherche des anticorps neutralisants a été effectuée par la microméthode de séroréduction de l'effet cytopathique (SRECP) du virus sur des plaques à 96 cupules à fond plat. Pour cela, un stock de virus VD_{47/25} a été conservé à -80°C dans des cryotubes. Un premier titrage de cette suspension virale sur des plaques de cellules d'explantation ou de cellules Vero a permis de trouver la dilution correspondant à 100 DICT₅₀ dans 25 µl. Un titrage secondaire à partir de ce niveau et avec les dilutions selon la progression géométrique de raison 2, a mis en évidence la dilution optimale qui était la dose minimale de virus capable de détruire 80 p. 100 de la surface de la nappe cellulaire dans un délai de 8 jours et dans 5 cupules en même temps.

Les sérums à examiner ont été décomplémentés puis dilués avec une suspension optimale de virus selon la progression géométrique de raison 2. Ces mélanges ont été incubés pendant 1 h à 37°C puis 1 nuit à 8°C avant leur distribution sur une plaque de cellules de 20 h, à raison de 25 µl par cupule et dans 5 cupules par dilution. Après une nouvelle incubation dans une étuve à CO₂ à 37°C pendant 1 h, chaque cupule a reçu 150 µl de milieu d'entretien (MEM/Earle additionné de 5 p. 100 de sérum).

La lecture a été effectuée au 8^e jour d'incubation à 37°C. Le titre sérique, calculé selon la méthode de Reed-Muench (16), était le log₁₀ de l'inverse de la dilution du sérum. La moyenne géométrique était la moyenne des log₁₀ des titres d'un groupe.

Épreuve des animaux vaccinés en Mauritanie

Quarante jours après la vaccination, les chamelons ont été soumis, à une épreuve avec la souche virulente VDR-A₂, qui était en fait titrée sur les vaccinés et les témoins. Les différentes dilutions virales ont été inoculées en intradermique sur un côté rasé du thorax à raison de 0,25 ml par point et sur 5 points par dilution. La lecture

était effectuée respectivement au 5^e, 9^e et 12^e jours après l'inoculation et les titres du virus virulent étaient calculés selon la méthode de Reed-Muench. La date, la durée et le degré des réactions cutanées étaient notés ainsi que des signes de morbidité ou des cas de mortalité. En général, les réactions cutanées étaient absentes ou disparaissaient rapidement chez les animaux bien immunisés. L'indice de protection (ID) était la différence entre les titres moyens (en log₁₀) du virus virulent trouvé respectivement sur le lot témoin d'une part, et sur le lot vacciné d'autre part. La dose protectrice 50 p. 100 (DP₅₀) a été calculée selon la méthode de Spearman-Kärber (4).

■ RESULTATS

Innocuité de la souche atténuée VD_{47/25} de camelpoxvirus

Sur deux chamelons ayant reçu en sous-cutané 50 ml de la suspension de virus VD_{47/25} contenant 10⁵ DICT₅₀/ml, aucune réaction cutanée (ni érythème, ni nodule ni pustule), ni aucun signe clinique n'ont été observés durant les 25 jours de surveillance.

La vaccination de 28 autres chamelons avec des doses allant de 10^{0,7} à 10^{5,7} DICT₅₀, sous volume de 5 ml en sous-cutané, n'a provoqué aucun symptôme de variole sur tous ces animaux durant les 40 jours d'observation.

Ces résultats ont permis d'affirmer que la souche atténuée VD_{47/25} n'était pas pathogène pour les chamelons de Mauritanie.

Pouvoir immunogène de la souche de virus VD_{47/25}

Examen des anticorps neutralisants

L'examen des sérums prélevés juste avant la vaccination a révélé des titres très faibles ou négligeables pour la plupart d'entre eux. Les moyennes géométriques dans les différents lots étaient inférieures à 0,7 (en log₁₀) malgré l'existence de quelques titres individuels plus élevés (tableaux I et I bis).

Après la vaccination, les titres sont aussi restés relativement faibles durant 40 jours, avec des moyennes géométriques variant de 0,6 à 1,08. Les deux premiers lots avaient respectivement des titres moyens de 1,08 et 0,98 au 21^e jour. Quelques titres individuels se sont élevés jusqu'à 1,2 (tableaux I et I bis).

Après l'épreuve avec la souche virulente VDR-A₂, une très nette augmentation des titres d'anticorps neutralisants a été constatée au 13^e jour sur tous les chamelons, avec des moyennes de 2 à 2,4 (en log₁₀).

Examen des titres du virus virulent sur des animaux vaccinés et des témoins

La majorité des chamelons en Mauritanie où la variole des dromadaires existe à l'état endémique, possèdent un certain degré de résistance à cette maladie. C'est pourquoi après la comparaison des titres du virus virulent sur des témoins et des vaccinés, il a été décidé de corriger ce biais en prenant la valeur de 1,50 (en log₁₀) comme seuil de protection : un animal qui permettait au virus virulent d'afficher des titres égaux ou supérieurs à 1,50 n'était pas considéré comme protégé.

Dans le premier lot, 5 chamelons ont reçu du vaccin non dilué, soit 10^{5,7} DICT₅₀ pour chacun. Lors de l'épreuve, les titres du virus virulent sont restés inférieurs à 1,50 au 12^e jour chez 4 sujets qui n'ont montré d'ailleurs aucun signe clinique (tableau I). Le 5^e animal avec des lésions buccales discrètes au 12^e jour, a révélé un

Tableau I

Titres des anticorps neutralisants après la vaccination et titres du virus virulent sur des chamelons vaccinés

Lots	n° des chamelons	Titres des anticorps neutralisants après la vaccination (en log ₁₀)							Titres du virus virulent après l'inoculation (en log ₁₀)			Observations
		0 j	7 j	14 j	21 j	28 j	40 j	13 j*	5 j	9 j	12 j	
n° 1 vacciné avec 10 ^{5.7} DICT ₅₀	3329	< 0,6		1,50	1,20	1,20	1,20	2,40	0,63	0	0	
	3330	< 0,6	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	2,10	1,63	2,25	1,38	
	3335	1,20		1,20	0,90	0,90	0,60	2,70	1,32	2,38	1,50	
	3354	< 0,6	0,90	1,50	1,20	0,90	0,90	2,10	0	0	1,20	
	3820	< 0,6		0,90	1,20	1,20	0,60	2,10	1,17	2	0	
	m.g.	< 0,7	0,90	1,20	1,08	1,02	0,84	2,22	0,95	1,33	0,82	
e.t.	0,27	0	0,30	0,16	0,16	0,25	0,27	0,64	1,22	0,75		
n° 2 vacciné avec 10 ^{4.7} DICT ₅₀	3334	< 0,6	0,60	1,50	0,90		0,90	2,10	0	0	0	
	3815	< 0,6		0,60	0,90	0,90	0,60	2,10	1,38	1,22	0,63	
	3821	< 0,6		0,60	0,90	0,60	0,60	1,80	0	1,50	1,32	
	3850	< 0,6		0,90	1,20	1,20	1,20	2,10	1,50	1,38	0	
	m.g.	< 0,6		0,90	0,98	0,90	0,83	2,03	0,72	1,03	0,49	
	e.t.	0		0,42	0,15	0,30	0,29	0,15	0,83	0,69	0,63	
n° 3 vacciné avec 10 ^{3.7} DICT ₅₀	3802	< 0,6		< 0,6	0,60	0,60	0,90	1,80	0	0	0	
	3803	< 0,6		0,60	0,60	0,60	0,60	2,40	1,50	1,83	2,17	œdème léger
	3816	0,90		0,90	1,20	0,90	0,90	2,40	2,25	1,78	0,83	œdème léger
	3818	0,90		1,20	0,60	0,90	0,90	2,70			1,63	
	m.g.	< 0,7		0,83	0,75	0,75	0,83	2,33	1,25	1,20	1,16	
	e.t.	0,17		0,29	0,30	0,17	0,15	0,38	1,15	1,04	0,95	
n° 4 vacciné avec 10 ^{2.7} DICT ₅₀	3322	< 0,6		0,60	0,90	0,90	0,90	2,10	0,75	2,50	1,74	
	3323	< 0,6	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	2,70	0	1,84	1,82	
	3324	< 0,6	0,90	0,90	0,90	1,20		2,40	0,83	0	0,63	
	3336	< 0,6	0,90	0,60	0,60	0,60	< 0,6		mort avec lésions buccales			
	3846	0,60	0,60	0,90	0,90	0,90	0,90	1,80	1,63	1,38	3,50	
	m.g.	< 0,6	0,83	0,78	0,84	< 0,8	< 0,7	2,25	0,80	1,43	1,92	
e.t.		0,15	0,16	0,13	0,15	0,17	0,39	0,67	1,06	1,18		

* après l'épreuve ; m.g. : moyenne géométrique ; e.t. : écart-type

titre de 1,50 ; ses anticorps préexistants auraient partiellement neutralisé l'effet du vaccin. Le titre moyen trouvé sur ce lot était 0,82 (log₁₀).

Dans le deuxième lot, 4 chamelons ayant reçu chacun 10^{4.7} DICT₅₀ du vaccin n'ont permis au virus virulent d'afficher que des titres inférieurs à 1,50 au 12^e jour de l'épreuve (tableau I), avec une moyenne de 0,49 et une absence totale de tout symptôme caractéristique.

Dans le troisième lot, chacun des 4 chamelons a été vacciné avec 10^{3.7} DICT₅₀. Après l'épreuve, seulement 2 d'entre eux étaient considérés comme protégés en montrant au 12^e jour des titres du virus virulent inférieurs à 1,50 (tableau I). Le titre viral moyen était 1,16.

Dans le quatrième lot, le vaccin, à la dose individuelle de 10^{2.7} DICT₅₀ a été administré à 5 chamelons. Les titrages *in vivo* du virus virulent y ont donné des valeurs supérieures à 1,50, allant de

Tableau I bis

Titres des anticorps neutralisants après la vaccination et titres du virus virulent sur des chamelons vaccinés et des témoins

Lots	n° des chamelons	Titres des anticorps neutralisants après la vaccination (en log ₁₀)							Titres du virus virulent après l'inoculation (en log ₁₀)			Observations
		0 j	7 j	14 j	21 j	28 j	40 j	13 j*	5 j	9 j	12 j	
n° 5 vacciné avec 10 ^{1,7} DICT ₅₀	3325	< 0,6		0,90	0,90	0,60	0,60	1,80	2,17	3	3,50	œdème énorme
	3814	0,90		0,90	0,60	0,60	0,60	2,10	2,50	1,83	3,17	œdème énorme
	3817	0,60		0,90	0,90	0,60	0,60	1,80	2,83	2,37	3,38	œdème énorme
	3844	0,60		0,60	0,60	0,90	0,90	2,40	0	1	1,60	lésions buccales
	3847	< 0,6		0,60		0,60	0,90	2,10	1,32	2,38	2,50	œdème énorme
	m.g.	< 0,6		0,78	0,75	0,66	0,72	2,04	1,76	2,12	2,83	
e.t.	0,13		0,16	0,17	0,13	0,16	0,25	1,13	0,75	0,79		
n° 6 vacciné avec 10 ^{0,7} DICT ₅₀	3819	< 0,6		0,60	0,90	0,90	0,90	2,40	0	2	1,66	
	3824	< 0,6		0,60	0,60	0,90	0,90	2,40	1,22	1,17	1,68	
	3825	0,60		0,60	0,90	0,90	0,90	2,70	1,17	0,75	0,83	
	3845	0,60		0,90		0,90	0,90	2,10	0	2	1,78	œdème léger
	3849	0,60		0,60	0,60	0,60	0,60	2,40	1,63	1,68	1,50	
	m.g.	< 0,6		0,66	0,75	0,84	0,84	2,40	0,80	1,52	1,49	
e.t.			0,13	0,17	0,13	0,13	0,21	0,76	0,55	0,38		
Témoins non vaccinés	3332	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6		3	mort		
	3360	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	0,60	0,90	2,10	1,50	2,50	2,50	lésions buccales
	3361	0,90	0,90	0,90	0,60		0,90	2,10	0,83	1,84	1,38	œdème
	3362	< 0,6	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	2,40	1,50	1,85	1,50	
	3835	1,20	1,20	0,90	0,90	0,90	1,20	2,40	0	1,78	1,74	
	m.g.	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,6	0,68	< 0,8	2,25	1,37	1,99	1,78 2,02	animal mort compris
e.t.	0,27	0,27	0,16	0,13	0,15	0,25	0,17	1,10	0,34	0,50 0,70	animal mort compris	

* après l'épreuve ; m.g. : moyenne géométrique ; e.t. : écart-type

1,74 à 3,50, sur 4 sujets dont l'un est mort avec des lésions buccales caractéristiques (tableau I). Le 5^e, avec un titre viral de 0,63, a été considéré comme immunisé. Ce lot a montré un titre moyen de 1,92 au 12^e jour.

Dans le cinquième lot, aucun des 5 sujets vaccinés avec 10^{1,7} DICT₅₀ ne pouvait être considéré comme protégé, puisqu'au 12^e jour de l'épreuve tous les titres du virus virulent se sont élevés au-dessus de 1,50 avec une variation de 1,60 à 3,50 (tableau I bis) et avec une moyenne de 2,83, après l'apparition des œdèmes importants et des lésions buccales.

Dans le sixième lot, la vaccination de 5 chamelons avec 10^{0,7} DICT₅₀, n'a pas conféré une immunité valable à 4 d'entre eux dont les titres du virus virulent au 12^e jour de l'épreuve se sont révélés égaux ou supérieurs à 1,50 (tableau I bis). Une moyenne de 1,49 a été trouvée sur ce lot.

Dans le lot des témoins, les 5 animaux non vaccinés ont montré qu'ils n'étaient pas très sensibles au virus virulent en affichant des titres allant de 1,38 à 3 avec une moyenne de 2,02 (tableau I bis). Si cette dernière valeur avait été utilisée comme seuil de protection, 100 p. 100 de protégés aurait été trouvés dans les deux premiers lots, 75 p. 100 dans le troisième, 60 p. 100 dans le quatrième, 20 p. 100 dans le cinquième, mais aussi 100 p. 100 dans le sixième lot et 60 p. 100 dans le groupe des témoins, ce qui aurait rendu les résultats aberrants et inexploitable. C'est pourquoi il a été décidé d'y apporter des corrections, en choisissant comme seuil de protection la valeur de 1,50 qui correspondait à la moyenne (1,49) des titres virulents trouvés sur des chamelons du sixième lot. Les indices de protection sont ainsi devenus plus cohérents avec des valeurs respectives de 0,7 pour le premier lot, 1 pour le deuxième, 0,34 pour le troisième, et négatif pour tous les autres lots, y compris le lot témoin.

Détermination de la DP₅₀ (dose protégeant 50 p. 100 des vaccinés)

Les résultats des titrages du virus virulent VDR-A₂ sur des chameçons vaccinés ont permis la détermination du nombre des animaux protégés dans chaque lot (tableau II). Après une correction selon les valeurs des lots voisins, tous les sujets vaccinés avec 10^{5.7} DICT₅₀ ont pu être considérés comme protégés puisque tous ceux qui avaient reçu la dose de 10^{4.7} étaient immunisés. Tous les animaux du lot témoin et du lot vacciné avec 10^{0.7} DICT₅₀ ont été estimés comme non-protégés, car tous les sujets vaccinés avec 10^{1.7} DICT₅₀ sont restés sensibles. La moitié des chameçons vaccinés avec 10^{3.7} DICT₅₀ sont devenus résistants (2/4) ainsi que l'un des 5 vaccinés avec 10^{2.7} DICT₅₀. La dose protectrice 50 p. 100 (DP₅₀) calculée selon la méthode de Spearman-Kärber, correspondait à 10^{3.7} DICT₅₀ du virus VD_{47/25}.

Détermination de la dose vaccinale

Une DP₅₀ de 10^{3.7} DICT₅₀ ne protégeait qu'environ 50 p. 100 des vaccinés. La valeur de la dose vaccinale qui immunisait 95 p. 100 des sujets n'est pas encore bien déterminée. Néanmoins, les résultats des titrages de la souche virulente sur des chameçons vaccinés, ont permis d'estimer qu'elle se situe aux alentours de 10^{4.7} DICT₅₀. D'autres travaux d'expérimentation seront encore nécessaires pour déterminer cette valeur optimale.

■ DISCUSSION

L'immunité contre la variole des dromadaires est assurée à la fois par des anticorps circulants et par des mécanismes à médiation cellulaire. La présence des anticorps neutralisants à de faibles niveaux (1/4-1/8) a été constatée aussi bien chez les animaux sensibles que chez les résistants ; seuls des titres élevés (> 1/32-1/64) ont une certaine corrélation avec l'état immunitaire de l'animal.

La détection des chameçons sensibles avant l'expérimentation est une opération très délicate. Cette sensibilité varie beaucoup selon l'individu, notamment parmi les animaux en provenance des régions où la variole sévit à l'état endémique. Certains peuvent acquérir une immunité passive par l'intermédiaire du colostrum maternel ou une immunité active après une infection naturelle bénigne. La seule vérification de l'absence des anticorps neutrali-

sants s'est révélée insuffisante pour déterminer l'état de sensibilité d'un animal. Il existe des méthodes plus efficaces pour évaluer une immunité à médiation cellulaire, comme le test de migration des leucocytes (15, 18) basé sur la propriété des lymphocytes sensibilisés par les antigènes, de sécréter lors d'un nouveau contact avec ceux-ci, des lymphokines inhibant la migration spontanée des leucocytes (macrophages ou polynucléaires). Le test de transformation lymphoblastique (2, 13, 19) permet aussi la détection des lymphocytes spécifiquement fonctionnels pour un antigène déterminé, qui réagissent à un nouveau contact par la production des lymphokines mitogènes : un indicateur oxydo-redox fluorescent (Alamar Blue) (14) facilite la mesure de la croissance cellulaire. L'examen du taux des lymphocytes cytotoxiques y est aussi d'une grande utilité. La mise en œuvre de tous ces tests, si elle ne pose pas de problèmes pour un laboratoire bien équipé et pourvu en personnel compétent, s'est révélée irréalisable sur le terrain, lors des opérations de sélection sur un grand nombre d'animaux. Les auteurs n'ont donc utilisé en Mauritanie que le test de séroréduction de l'effet cytopathique pour trouver des chameçons sensibles. L'interprétation des résultats obtenus sur de tels animaux devait tenir compte des biais en apportant des corrections adéquates. Les auteurs pensent que ces résultats se rapprochent plus de la réalité écopathologique du pays que ceux obtenus sur des animaux parfaitement sensibles, en provenance des continents indemnes de la variole des dromadaires.

■ CONCLUSION

La souche atténuée VD_{47/25} de camelpoxvirus n'est pas pathogène pour les chameçons de Mauritanie. Elle possède un pouvoir immunogène avec une DP₅₀ équivalente à 10^{3.7} DICT₅₀. La dose vaccinale protégeant 95 p. 100 des vaccinés, encore mal déterminée, devra faire l'objet d'une autre étude.

Remerciements

Nos remerciements sont adressés au Dr Diallo Boubacar Cissé, Directeur du Centre national de l'élevage et de recherches vétérinaires à Nouakchott (République islamique de Mauritanie) qui nous a accordé toutes les facilités pour la réalisation de cette expérimentation, au Dr Mulato qui nous a procuré une aide précieuse par sa connaissance du terrain et de l'élevage des dromadaires et à

Tableau II
Détermination de la DP₅₀ du vaccin VD_{47/25}

N° des lots	1	2	3	4	5	6	Témoins
Doses de virus VD _{47/25} pour chaque chameçon (DICT ₅₀ en log ₁₀)	5,7	4,7	3,7	2,7	1,7	0,7	
Nombre d'animaux utilisés	5	4	4	5	5	5	5
Nombre d'animaux protégés	4	4	2	1	0	1	1
Nombre corrigé	5	4	2	1	0	0	0
Pourcentage	100	100	50	20	0	0	0
Doses de virus VD _{47/25} dans 1 DP ₅₀ (DICT ₅₀ en log ₁₀)	10 ^{3.7}						

Mme Denise Boudal pour sa collaboration technique. Nous rendons également hommage à M. Thiémoko Cissé qui a apporté ses compétences techniques à ces travaux et dont nous regrettons aujourd'hui la disparition.

Les travaux en Mauritanie ont été financés par le Ministère français de la coopération à travers l'Unité de coordination pour l'élevage camelin (UCEC).

BIBLIOGRAPHIE

1. DAVIES F.G., MBUGUA H., OTEMA C., WILSON A., 1985. The prevalence of antibody to camelpoxvirus in six different herds in Kenya. *J. comp. Path.*, **95**: 633-635.
2. DUTTON R.W., EADY J.D., 1964. An *in vitro* system for the study of the mechanism of antigenic stimulation in the secondary response. *Immunology*, **7**: 40-53.
3. FASSI-FEHRI M.M., 1987. Les maladies des camélidés. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, **6** (2): 315-335.
4. FINNEY J.D., 1964. Statistical method in biological assay, 2nd ed. London, U.K., Griffin.
5. HAFEZ S.M., AL-SUKAYRAN A., DELA CRUZ D., MAZLOUM K.S., AL-BOKMY A.M., AL-MUKAYEL A., AMJAD A.M., 1992. Development of a live cell culture camelpox vaccine. *Vaccine*, **10** (8): 533-539.
6. HEDGER R.S., BARNETT I.T.R., GRAY D.F., 1980. Some virus diseases of domestic animals in the Sultanate of Oman. *Trop. Anim. Health Prod.*, **12**: 107-114.
7. HIGGINS A.J., 1983. Observation on the disease of Arabian camels (*Camelus dromedarius*) and their control. A review. *Commw. Bur. Anim. Health vet. Bull.*, **53** (12): 1089-1097.

8. HIGGINS A.J., SILVEY R.E., ABDELGRAFI A.E., KITCHING R.P., 1992. The epidemiology and control of an outbreak of camel pox in Bahrain. In: Proc. 1st Int. Camel Conf., Dubai, UAE, 2nd-6th February, p.101-104.
9. JEZEK Z., KRIZ B., ROTHBAUER V., 1983. Camelpox and its risk to the human population. *J. Hyg. Epidemiol. Microbiol. Immunol.*, **27**: 29.
10. KAADEN O.R., WALZ A., CZERNY C.P., WERNERY U., 1992. Progress in the development of a camel pox vaccine. In: Proc. 1st Int. Camel. Conf., Dubai, UAE, 2nd-6th February, p.47-49.
11. MUNZ E., 1992. Pox and pox like diseases in camels. In: Proc. 1st Int. Camel Conf., Dubai, UAE, 2nd-6th February, p.43-46.
12. NGUYEN-BA-VY, RICHARD D., GILLET J.P., 1989. Propriétés d'une souche d'orthopoxvirus isolée des dromadaires du Niger. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **42** (1) : 19-25.
13. OPPENHEIM J.J., SCHECTER B., 1976. Lymphocyte transformation. In: Rose N.E., Friedman H., eds, Manual of Clinical Immunology. Washington, DC, USA, American Society of Microbiology, p. 81-94.
14. PAGE B., PAGE M., NOEL C., 1993. A new fluorometric assay for cytotoxicity measurements *in vitro*. *Int. J. Oncol.*, **3**: 473-476.
15. PERSON J.M., LESOURD B., POIRIER J., EDIRNELIS A., MARESCOT M.R., THIOULET M., MOULIAS R., PILET Ch., 1981. Production d'extraits dialysables leucocytaires chez les bovins. I. Protocole et contrôle de l'immunisation des animaux. *Comp. Immunol. Microbiol. infect. Dis.*, **4** (1): 47-57.
16. REED I.J., MUENCH H., 1938. A simple method for estimating fifty per cent end points. *Am. J. Hyg.*, **27**: 493-497.
17. SAINT-MARTIN G., 1994. Le dromadaire, un allié dans le désert. *BioFutur*, **136**: 20-24.
18. SPITLER L., HUBER H., FUDENBERG H.H., 1969. Inhibition of capillary migration by antigen-antibody complexes. *J. Immunol.*, **102**: 404-411.
19. WITTMAN G., BARBENBACH G., JAKUBIK J., 1976. Cell-mediated immunity in Aujeszky disease virus injected pigs. I. Lymphocyte stimulation. *Arch. Virol.*, **50**: 315-222.

Reçu le 30.5.95, accepté le 25.11.96

Summary

Nguyen-Ba-Vy, Guerre L., Saint-Martin G. Preliminary study of the safety and immunogenicity of the attenuated VD_{47/25} strain of camelpoxvirus

The safety and immunogenicity of the attenuated VD_{47/25} strain of camelpoxvirus were tested on 30 camel calves in Mauritania. Post-inoculation clinical symptoms were absent during the 40 days of observation. Serum samples collected during this period showed low levels of neutralizing antibodies (1/4-1/16). *In vivo* titration of a virulent strain of camelpoxvirus in vaccinated camels and control animals enabled the calculation of the PD₅₀ (50 % protective dose) which contained the equivalent of 10^{3.7} TCID₅₀ (50 % cell culture infective dose). Other studies are still required to determine the dose of this vaccine needed to protect 95% of vaccinated animals.

Key words : *Camelus dromedarius* - Dromedary - Poxviridae - Vaccine - Antibody - Mauritania.

Resumen

Nguyen-Ba-Vy, Guerre L., Saint-Martin G. Estudio preliminar sobre la inocuidad y el poder inmunógeno de la cepa atenuada VD_{47/25} de camelpoxvirus

Se llevó a cabo el examen de la inocuidad y del poder inmunógeno de la cepa atenuada de camelpoxvirus VD_{47/25} sobre 30 camellos jóvenes en Mauritania. Durante los 40 días de observación, post vacunación, no se observó ningún signo clínico. Los títulos de anticuerpos neutralizadores de los sueros extraídos durante este período se mantuvieron bajos (1/4-1/16). Las titulaciones *in vivo* de una cepa virulenta sobre animales vacunados y testigos, permitió el cálculo de la dosis protectora 50 p.100 (DP₅₀), equivalente a 103,7 DICT₅₀ (dosis infectante de 50 p. 100 de los cultivos celulares). Otros estudios serán necesarios para la determinación de la dosis vaccinal protectora de 95 p. 100 de los animales vacunados.

Palabras clave : *Camelus dromedarius* - Dromedario - Poxviridae - Vacuna - Anticuerpo - Mauritania.

Prevalence of antibodies to bluetongue, bovine herpesvirus 1 and bovine viral diarrhoea/mucosal disease viruses in water buffaloes in Minas Gerais State, Brazil

A.P. Lage¹ R.S. Castro² M.I.V. Melo¹
P.H.P. Aguiar¹ J.B. Barreto Filho¹ R.C. Leite¹

Key words

Water buffalo - Bluetongue - Bovine herpesvirus 1 - Bovine viral diarrhoea - Mucosal disease - Brazil.

Summary

A serological survey to detect water buffaloes with antibodies to bluetongue virus (BTV), bovine herpesvirus 1 (BHV 1) and bovine viral diarrhoea/mucosal disease virus (BVD/MDV) was performed in Minas Gerais State, Brazil. Precipitating antibodies against BTV were detected by the agar gel immunodiffusion test (AGID) in 54.4 % of the serum samples tested. Microplate serum-neutralization tests revealed that 14.7 % and 52.7 % of the water buffaloes had antibodies to BHV 1 and BVD/MDV, respectively. The prevalence of antibodies to BTV in water buffaloes under two years old was significantly lower than in adults.

■ INTRODUCTION

In Brazil, serological surveys have shown that the bluetongue virus (BTV), the bovine herpesvirus 1 (BHV 1) and the bovine viral diarrhoea/mucosal disease (BVD/MDV) virus are widespread in cattle in Minas Gerais State (6). Furthermore, antibodies against BTV (5, 8), BHV 1 and BVD/MDV (5, 7) have been reported in ruminants other than cattle in other states.

Little attention has been given to viral diseases of buffaloes and information on BTV, BHV 1 and BVD/MDV infections in buffaloes is scanty. In Brazil, there is only one serological report on BHV 1 antibodies in water buffaloes in São Paulo State (9).

The present paper reports the results of a survey on the prevalence of antibodies to BTV, BHV 1 and BVD/MDV in water buffaloes in Minas Gerais State, Brazil.

■ MATERIALS AND METHODS

The survey was performed between 1989 and 1990 in counties located in the most important buffalo producing areas of Minas Gerais State. A total of 329 serum samples were collected and stored at -20°C. Later, the 329 sera were thawed and tested for BTV antibodies by agar-gel immunodiffusion using a group-specific antigen of BTV* (11). Sets of 220 and 238 sera were examined by a microplate serum neutralization test, using the MDBK cell line, for the presence of antibodies to BVD/MDV (NADL strain) (3) and BHV 1 (Los Angeles strain), respectively (2, 3). The samples were stratified by age (≤ 2 years and > 2 years) and analyzed by the Chi-square test (χ^2).

■ RESULTS

The respective seropositive rates for BTV, BHV 1, and BVD/MDV were 54.4 %, 14.7 % and 52.7 % (Table I). No difference was found in the prevalence of antibodies to BHV 1 or BVD/MDV in water buffaloes under and over two years. However, antibodies against BTV were significantly more prevalent in older animals (26.4 % versus 59.8 %, $\chi^2 = 18.63$, $p < 0.001$).

1. UFMG, Escola de Veterinária, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Caixa Postal 567, CEP 30161-970, Belo Horizonte, MG, Brasil

Fax: +55 31 441 02 66
E-mail: alage@dedalus.lcc.ufmg.br

2. UFRPE, Departamento de Medicina Veterinária, Rua D. Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-300, Recife, PE, Brasil

* Veterinary Diagnostic Technology, Inc. 4890-USA

Table I

Prevalence of antibodies to bluetongue, bovine herpesvirus 1 and bovine viral diarrhoea/mucosal disease viruses in water buffaloes in Minas Gerais State, Brazil

Age (years)	BTV pos./total (%)	BHV 1 pos./total (%)	BVD/MDV pos./total (%)
≤ 2	14/53 (26.4) ^a	07/37 (18.9)	19/41 (46.3)
> 2	165/276 (59.8) ^a	28/201 (13.9)	97/179 (54.2)
Total	179/329 (54.4)	35/238 (14.7)	116/220 (52.7)

Rates marked with the same superscript letter in the same column are significantly different (χ^2 , $p < 0.05$).

DISCUSSION

Water buffaloes seropositive for the viruses studied were widespread in the sampled population indicating active infection as no vaccines against these viruses have been used in water buffaloes in Brazil. The prevalence of seropositive water buffaloes to BTV and BHV 1 were lower than those reported in cattle (1, 6). The BHV 1 antibody prevalence, however, was lower than that reported in buffaloes in São Paulo State (9). In contrast, the prevalence of BVD/MDV antibodies was higher than that found in cattle in Minas Gerais State (6)

The hypothesis that BTV, BHV 1 and BVD/MDV are actually infecting water buffaloes must be considered with caution. The BTV antigen used in the agar-gel immunodiffusion test was group-specific and can cross-react with antibodies to the virus of epizootic hemorrhagic disease of deer, which is known to infect cattle, goats and sheep in Brazil (8). It is also known that herpesviruses isolated from buffalo cross-react with antibodies in the sera of other ruminants in serum-neutralization tests and *vice-versa* (12) despite having distinct DNA fingerprints (4). Finally, our understanding of the antigenic relationships among pestiviruses isolated from ruminants other than cattle is rudimentary (10).

Acknowledgements

The authors are grateful to Dr. I.S. Ventura and Mrs. C.A.C. Vicente for technical assistance and Dr. Z.I.P. Lobato for reviewing the manuscript. This work was supported by Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia (FEP-MVZ) - Coordenação Preventiva.

REFERENCES

- ANUNCIACÃO A.V.M., LEITE R.C., MOREIRA E.C., REIS R., LOBATO Z.I.P., 1989. Presença de anticorpos para o Herpesvirus bovino 1 (HVB 1) em bovinos nos Estados de Minas Gerais, Goiás e Rio de Janeiro, através da prova de Hemoaglutinação passiva. *Arq. Bras. Med. vet. Zootec.*, **41** : 433-442.
- BITSCH H.V., 1978. The p 37/24 modification of the infectious bovine rhinotracheitis virus-soro neutralization test. *Acta vet. Scand.*, **19**: 497-505.
- BLACK J. W., 1971. Use of the microtiter serum neutralization test for the diagnosis of IBR, BVD and other bovine and porcine viral diseases. *Proc. USA Anim. Health Assoc.*, **74**: 515-521.
- BRAKE F., STUDDERT M.J., 1985. Molecular epidemiology and pathogenesis of ruminant herpesvirus including bovine, buffalo and caprine herpesvirus 1 and bovine encephalitis herpesvirus. *Aust. vet. J.*, **62**: 331-334.
- BROWN C.C., OLANDER H.J., CASTRO A.E., BEHYMER D.E., 1989. Prevalence of antibodies in goats in North-eastern Brazil to selected viral and bacterial agents. *Trop. Anim. Health Prod.*, **21**: 167-169.
- CASTRO R.S., LEITE R.C., ABREU J.J., LAGE, A.P., FERRAZ I.B., LOBATO Z.I.P., BALSAMÃO S.L.E., 1992. Prevalence of antibodies to selected viruses in bovine embryo donors and recipients from Brazil, and its implications in international embryo trade. *Trop. Anim. Health Prod.*, **24**: 173-176.
- CASTRO R.S., SILVA F.A.G., FRUTUOSO E.M., NASCIMENTO S.A., 1994. Anticorpos contra Pestivirus e Herpesvirus em caprinos leiteiros no Estado de Pernambuco. *Arq. Bras. Med. vet. Zootec.*, **46** : 577-578.
- CUNHA R.G., 1990. Anticorpos neutralizantes em soros de ruminantes domésticos do Brasil frente aos diferentes serotipos do vírus da língua azul. *Rev. Bras. Med. vet.*, **12** : 3-7.
- IKUNO A.A, MACHADO J.S., MUELLER S.B.K., RIBEIRO L.O.C., CHIBA S., 1984. Presença de anticorpos contra o vírus da Rinotraqueite Infeciosa dos bovinos/Vulvovaginite Pustular Infeciosa (IBR/IPV) em búfalos (*Bubalus bubalis*) do Estado de São Paulo. *Biológico*, **50** : 131-138.
- NETTLETON P.F., 1990. Pestivirus infection in ruminants other than cattle. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **9**: 131-150.
- PEARSON J., JOCHIN M.M., 1979. Protocol for the immunodiffusion test for bluetongue. *Proc. Am. Assoc. vet. Diagn.*, **22**: 463-471.
- ST. GEORGE T.D., PHILPOTT M., 1972. Isolation of infectious bovine rhinotracheitis virus from the prepuce of water buffalo bulls in Australia. *Aust. vet. J.*, **48**: 126.

Reçu le 1.8.95, accepté le 8.10.96

Résumé

Lage A.P., Castro R.S., Melo M.I.V., Aguiar P.H.P., Barreto Filho J.B., Leite R.C. Prévalence d'anticorps dirigés contre les virus de la fièvre catarrhale ovine, de l'herpèsvirus bovin de type 1 et de la diarrhée bovine/maladie des muqueuses chez le buffle d'eau dans l'Etat de Minas Gerais, Brésil

Une étude sérologique visant à identifier les buffles porteurs d'anticorps dirigés contre les virus de la fièvre catarrhale ovine (BTV), de l'herpèsvirus de type 1 (BHV 1) et de la maladie des muqueuses (BVD) a été réalisée dans l'Etat de Minas Gerais, au Brésil. Dans 54,4 p. 100 des sérums testés, des anticorps précipitants anti-BTV ont été mis en évidence par immunodiffusion en gelose. Le test de séroneutralisation sur microplaque a montré que 14,7 p. 100 et 52,7 p. 100 des buffles présentaient respectivement des anticorps anti-BHV 1 et anti-BVD. La prévalence d'anticorps dirigés contre BTV était, de manière significative, inférieure chez les buffles d'eau âgés de moins de deux ans à celle observée chez les adultes.

Mots-clés : Buffle d'eau - Fièvre catarrhale du mouton - Herpèsvirus bovin de type 1 - Diarrhée bovine - Maladie des muqueuses - Brésil.

Resumen

Lage A.P., Castro R.S., Melo M.I.V., Aguiar P.H.P., Barreto Filho J.B., Leite R.C. Prevalencia de anticuerpos de lengua azul, herpesvirus bovino 1 y diarrea viral bovina/enfermedad de las mucosas en búfalos de agua, en el estado de Minas Gerais, Brasil

Se llevó a cabo un estudio serológico, con el fin de detectar búfalos de agua con anticuerpos al virus de lengua azul (BTV), de herpesvirus bovino 1 (BHV 1) y de diarrea viral bovina/ enfermedad de las mucosas (BVD/MDV), en el estado de Minas Gerais, Brasil. Se detectaron los anticuerpos precipitantes contra BTV mediante el test de inmunodifusión en agar-gel (AGID), en 54,4 p. 100 de los sueros examinados. Los tests de sero-neutralización en microplaca revelaron que 14,7 p. 100 y 52,7 p. 100 de los búfalos de agua presentan anticuerpos a BHV 1 y BVD/MDV, respectivamente. La prevalencia de los anticuerpos a BTV en los búfalos de agua menores de dos años fue significativamente mas baja que en los adultos.

Palabras clave : Búfalo de agua - Lengual azul de los ovinos - Herpesvirus bovino 1 - Diarrea viral bovina - Enfermedad de las mucosas - Brasil.

Influence de l'intervalle du repas d'entretien sur la compétence vectorielle de *Glossina palpalis palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre) vis-à-vis de *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125 - Morphologie et cycle du parasite

J.M. Kazadi ¹ P. Kageruka ¹ B. Losson ²

M. Jochems ¹ J. Van Hees ¹

Mots-clés

Glossina palpalis palpalis - Fréquence des repas - Vecteur de la maladie - *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125 - Rat - Analyse statistique.

Résumé

La compétence vectorielle (CV) de *Glossina palpalis palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre) a été évaluée en nourrissant une seule fois 1 304 mouches ténérales sur un rat infecté avec *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125. Les niveaux d'infection de l'intestin moyen, du proventricule et des glandes salivaires diffèrent significativement entre les sexes, mais non avec la longueur du jeûne entre les repas d'entretien. Chez les mouches nourries, par la suite, sur des rats non infectés, à intervalle de trois jours, la CV des mâles est significativement plus élevée que celle des femelles. La métacyclogenèse se traduit par l'invasion successive des trypomastigotes dans l'intestin moyen, le proventricule et les glandes salivaires. L'invasion parasitaire reste permanente dans chaque site colonisé.

■ INTRODUCTION

Pour évaluer le risque de la trypanosomose humaine et animale, il est nécessaire de déterminer le taux d'infection des glossines (28).

Les notions de capacité vectorielle et de compétence vectorielle (CV) ont beaucoup évolué et demeurent, de manière générale, appliquées à la dissémination des infections causées par des arthropodes. Reisen (41) définit la capacité vectorielle comme étant le nombre de nouvelles infections disséminées journalièrement chez un sujet par un vecteur. Elle reste, *a posteriori*, estimée à partir des paramètres qui décrivent la densité du vecteur, son taux de survie et son hôte. Meyer (30) appréhende la compétence vectorielle comme une interaction entre des variables extrinsèques et intrinsèques basée sur le mécanisme de transmission du parasite par le vecteur.

Contrairement à la capacité vectorielle, la compétence vectorielle est très souvent mesurée expérimentalement en laboratoire, après une période d'incubation suivant laquelle le vecteur s'infecte après s'être gorgé sur un hôte parasité. Le Ray (22) a défini la capacité vectorielle intrinsèque (CVI) des glossines comme l'aptitude phy-

siologique qu'elles possèdent à acquérir et transmettre le trypanosome, c'est-à-dire, une quantification du taux de colonisation intestinale et de migration du trypanosome vers les glandes salivaires ou le proboscis du vecteur, ainsi que l'étude objective des facteurs modulant la susceptibilité vectorielle.

Dans cette étude, le concept de compétence vectorielle s'inscrit conformément à la terminologie et à la définition énoncées par Meyer (30). Pour éviter toute confusion chez le lecteur, un seul des trois termes a été employé. L'expression compétence vectorielle a été utilisée à la place de capacité vectorielle et capacité vectorielle intrinsèque.

La modélisation de l'association entre le vecteur, le trypanosome et le mammifère exige la mise en évidence des facteurs endogènes et exogènes susceptibles d'influencer cette compétence vectorielle. Les recherches, entamées au début de ce siècle, ont déjà été approfondies par plusieurs auteurs, notamment par Baker (2), Black (3), Duke (8), Fairbairn et Culwick (11), Harmsen (13), Langley (19), Mihok (31), Welburn et Maudlin (51).

Cependant, l'étude de la compétence vectorielle ne peut être envisagée sans une sélection préalable d'un bon couple constitué par cette association. Un des facteurs peu expliqué jusqu'à présent est l'influence de l'intervalle des repas d'entretien dans le maintien de la métacyclogenèse.

Le présent travail a donc pour but de vérifier cette influence sur la compétence vectorielle de *Glossina palpalis palpalis* (Mongo-

1. Institut de médecine tropicale Prince Léopold, Département de santé animale, Nationalestraat 155, 2000 Antwerpen 1, Belgique

2. Service de parasitologie, Faculté de médecine vétérinaire, B-43, Sart-Tilman, Université de Liège, 4000 Liège, Belgique

Bemba, Zaïre) infectée par *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125.

■ MATERIEL ET METHODES

Glossines

Des mouches ténérales (n = 1 304) de *Glossina palpalis palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre) provenant de modules d'élevage de l'Institut de médecine tropicale d'Anvers (IMT) ont été utilisées pour cette expérience. La population comprenait 766 femelles et 538 mâles âgés de 6 à 32 h avec un rapport entre les sexes de 1,4 : 1. L'historique de la dynamique de cette lignée a déjà été décrite par Elsen et coll. (10).

Trypanosomes

Le pedigree de *T. b. brucei* MAVUBWE/66/EATRO 1125 a déjà fait l'objet d'une description détaillée (21). La caractérisation infraspécifique de cette souche a été réalisée par sérologie (9), l'hybridation de l'ADN (39) et l'électrophorèse isoenzymatique (45).

Son stabilat, cryopréservé sous le code ITMAV 240792, a été utilisé après des essais de transmission cyclique réalisés avec succès sur cobaye par *G. palpalis gambiensis* (Maisons-Alfort) et ultérieurement par *G. palpalis gambiensis* (Bobo-Dioulasso).

Hôte-animal

T. b. brucei EATRO 1125 a été réactivé sur des rats Wistar albinos de 200 g. Les animaux ont été inoculés par voie intrapéritonéale avec 0,5 ml de ce stabilat montrant une parasitémie d'antilog 7,5 selon l'échelle d'évaluation d'Herbert et Lumsden (14). Pour favoriser l'évolution parasitémique, les rats ont reçu ensuite une injection intrapéritonéale de cyclophosphamide (Endoxan®, ASTA MEDICA S.A./N.V./A.G.), à la dose de 80 mg/kg P.V.

Le second passage mécanique a été effectué sur trois rats et, sous l'induction de cyclophosphamide, leur parasitémie a été maintenue pendant 8 jours à un plateau compris entre l'antilog 8,1 et 8,4.

Repas infectieux

Des femelles et des mâles de *G. p. palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre) ont été nourris simultanément, pendant 20 min, sur un rat parasitémique anesthésié au pentobarbital sodique (Nembutal®, CEVA), à la dose de 25 mg/kg P.V.

La parasitémie du rat a été enregistrée au cours du repas et la formule pléomorphique a été établie sur la base d'un comptage de 500 trypanosomes, après coloration des frottis sanguins par la méthode panoptique de Pappenheim (46).

Après une anesthésie de 3 min réalisée sous une cloche contenant une atmosphère d'azote, les glossines gorgées sont séparées des mouches non repues qui ont été écartées de l'expérience.

Repas d'entretien

Le repas d'entretien, d'une durée de 10 min, a été pris sur un lot de rats indemnes selon les modes d'intervalle suivants :

- groupe A : glossines recevant le repas d'entretien tous les jours ;
- groupe B : glossines recevant le repas d'entretien à intervalle de deux jours ;
- groupe C : glossines recevant le repas d'entretien à intervalle de trois jours.

Les rats ont été utilisés une seule fois afin de déterminer la période de maturation de l'infection des glossines. La méthode du *buffy coat* a été utilisée pour détecter la parasitémie subclinique des rats nourriciers. Puis, les animaux infectés ont été remplacés par des sujets sains.

Maintenance des mouches

Les mouches ont été maintenues pendant 30 j dans un local aménagé pour les transmissions cycliques où la température moyenne atteignait $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$ et 80 ± 5 p. 100 d'humidité relative avec un rythme alterné de 12 h de lumière artificielle (lampes à néon) et d'obscurité.

Dissection

Toutes les mouches mortes ou survivantes ont été disséquées à partir de J_{30} (Moyenne = $32 \pm 1,58$ j) de l'expérience ainsi que les glossines mortes précocement, selon la technique de Kazadi et coll. (16). Les organes de prédilection des trypanosomes chez la mouche, à savoir l'intestin moyen, le proventricule et les glandes salivaires ont été examinés séparément.

La recherche des trypanosomes a été effectuée sur des préparations montées entre lame et lamelle observées au microscope à contraste de phase (x 400).

Compétence vectorielle et analyse statistique

La compétence vectorielle (CV) a été calculée selon la formule proposée par Le Ray (22).

$CV = p \times m$ dans laquelle :

- l'indice procyclique $p = n'/n$ avec n' : nombre de mouches infectées au stade procyclique et n : nombre de mouches disséquées ;

- l'indice métacyclique $m = n''/n'$ avec n'' : nombre de mouches infectées au stade métacyclique et n' : nombre de mouches positives aux infections intestinales.

Les données de l'expérience relatives à la CV, telles que les taux de gorgement et de mortalité, l'influence du sexe et le jeûne, ont été analysées d'après la table des contingences du test du χ^2 de Pearson.

■ RESULTATS

Le taux de gorgement des femelles et des mâles de *G. p. palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre) enregistré au cours du repas infectieux est présenté dans le tableau I. Il existe une différence très significative entre les femelles et les mâles ($\chi^2 = 41,94$; $P = 0,00$), les femelles se sont relativement moins gorgées que les mâles.

Tableau I

Taux de gorgement des femelles et des mâles de *G. p. palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre) au moment du repas infectieux

	Gorgées		Non-gorgées	
	n	(%)	n	(%)
Femelle	517	(67.49)	249	(33.51)
Mâle	449	(83.45)	89	(16.55)
Total	966	(74.07)	338	(25.93)

Tableau II

Taux de mortalité précoce avant J₃₀ des femelles et des mâles de *G. p. palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre)

Intervalle de repas	1 j		2 j		3 j	
	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle
Nombre initial	182	147	186	140	177	148
Mortalité (n) (%)	22 (12,08)	12 (8,16)	15 (8,06)	68 (44,28)	n=32 (18,07)	n=68 (45,94)

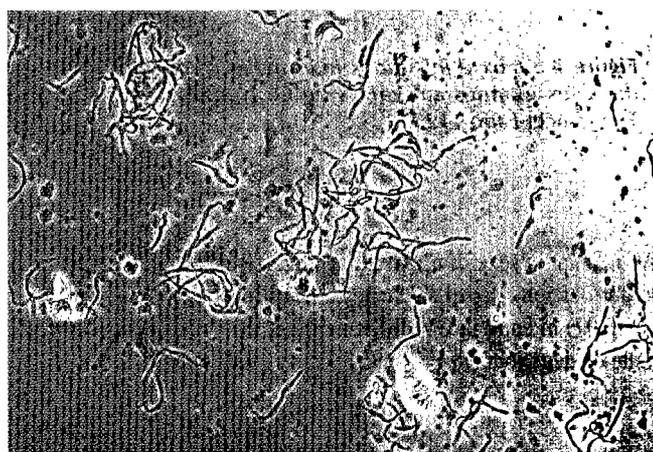


Figure 1 : formes mésocycliques.

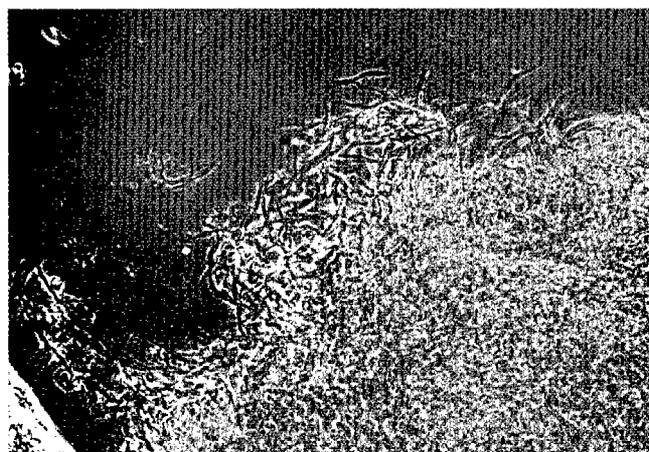


Figure 2 : formes mésocycliques après rupture du proventricule.

Le critère d'appréciation du gorgement des mouches est la distension de l'abdomen par du sang rouge vif. Le ventre plat ou rempli du méconium indique des mouches non gorgées.

L'anesthésie des rats avec le Nembutal® induit un bon relâchement musculaire favorisant la prise du sang par les glossines.

Les taux de mortalité suivis jusqu'à J₃₀ sont présentés dans le tableau II. Il n'y a pas de différence significative observée entre les mâles et les femelles ($\chi^2 = 1,35$; $P = 0,24$) nourris quotidiennement. En revanche, il existe une différence très significative entre les sexes ($\chi^2 = 69,06$; $P = 0,00$) chez les mouches nourries à intervalle de deux jours, ainsi qu'à trois jours ($\chi^2 = 29,38$; $P = 0,00$). Les taux de mortalité des mâles sont plus élevés que ceux des femelles. Toute modalité de nutrition confondue, on observe une différence très significative ($\chi^2 = 64,00$; $P = 0,00$) entre les femelles et les mâles concernant leur taux de mortalité. Il y a, de plus, une influence significative des modes du régime sur le taux de mortalité des femelles ($\chi^2 = 8,30$; $P = 0,01$) et celui des mâles ($\chi^2 = 66,36$; $P = 0,00$).

Des observations faites sur 16 glossines mortes précocement entre J₁₀ et J₁₄ ont révélé que deux d'entre elles présentaient des infections du tractus digestif et des glandes salivaires sans installation au niveau du cibarium. Une autre mouche a montré, après neuf jours, la présence de trypanosomes dans les glandes salivaires.

L'examen de l'hémolymphe a permis de mettre en évidence des trypanosomes chez trois glossines mortes respectivement à J₁₆, J₂₀ et J₂₇.

Des examens microscopiques d'organes de mouches mortes précocement ont montré que le proventricule héberge parfois, en dehors des formes mésocycliques typiques ou proventriculaires (figures 1,

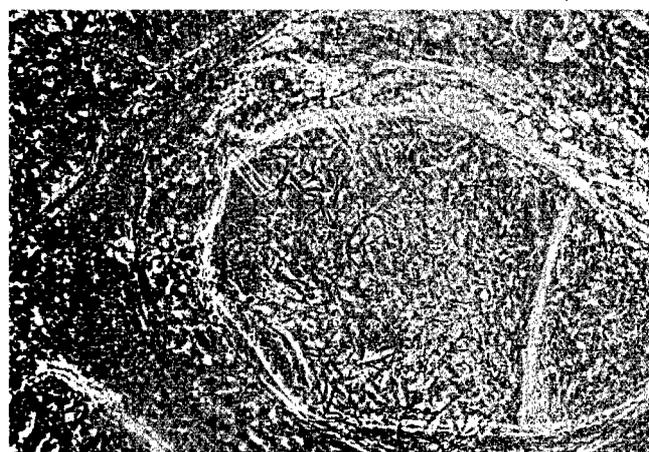


Figure 3 : formes mésocycliques dans la lumière du proventricule.

2 et 3), des formes épimastigotes, des formes en têtard et/ou sphéromastigotes. Les formes proventriculaires ont souvent été observées au niveau du cibarium et du proboscis. Les glandes salivaires renfermaient à la fois des formes sphéromastigotes, épimastigotes et métacycliques.

Les formes procycliques, dérivant des formes courtes du sang circulant, ont été observées dans des replis de l'espace ectopéritrophique. Elles étaient grêles ou effilées avec un flagelle libre et se

caractérisaient par une grande multiplication. Les formes mésocycliques se localisaient dans la lumière et dans l'espace ectopéritrophique du proventricule. Elles étaient plus développées que les formes procycliques et possédaient une membrane ondulante peu apparente. Leur présence semblait permanente dans cet organe et indiquait, dans tous les cas, celle des formes procycliques.

La figure 4 résume les taux d'infection des femelles et des mâles de *G. p. palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre) vis-à-vis de *T. b. brucei* EATRO 1125. Elle montre les grandes différences existant entre l'infection des glandes salivaires et celle du proventricule, selon les espacements des repas de sang. Bien que plusieurs formes coexistent dans le proventricule et les glandes salivaires, cette figure 1 révèle surtout les trois principales formes présentes, respectivement dans l'intestin moyen, le proventricule et les glandes salivaires.

Les tableaux III, IV et V indiquent les résultats de la CV en relation avec les intervalles des repas d'entretien. Les rats nourriciers sont devenus positifs, à partir de J₁₈, avec une parasitémie de l'ordre de l'antilog 7,5 et 7,8.

Chez les femelles, il n'existe pas de différence significative ($\chi^2 = 3,04$; $P = 0,21$) entre la CV des mouches gorgées à intervalles allant d'un à trois jours (tableau III).

Chez les mâles, il n'existe pas de différence significative ($\chi^2 = 1,47$; $P = 0,47$) entre la CV des mouches gorgées, soit quotidiennement, soit à intervalle de deux ou trois jours (tableau IV).

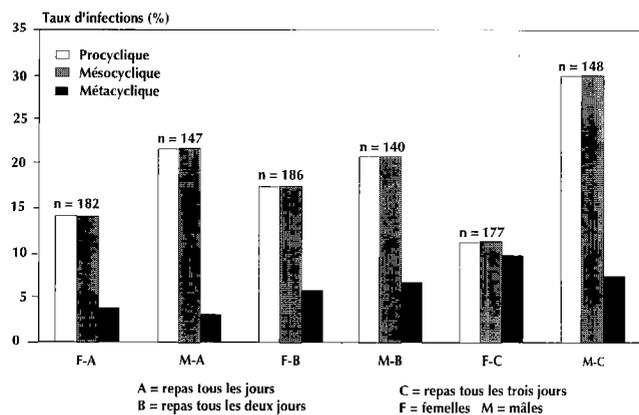


Figure 4 : taux d'infections intestinales, proventriculaires et dans les glandes salivaires de *G. p. palpalis* (Zaïre) par *T. b. brucei* Eatro 1125.

Au niveau du sexe, il n'existe pas de différence significative entre la CV des femelles et des mâles nourris tous les jours ($\chi^2 = 3,13$; $P = 0,07$) ni entre la CV des femelles et des mâles nourris à intervalle de deux jours ($\chi^2 = 0,45$; $P = 0,49$) (tableau IV).

Tableau III

Compétence vectorielle (CV) des femelles de *G. p. palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre) en relation avec la période de jeûne

Intervalle de repas	1 j			2 j			3 j			
	Indice	PRO	MESO	META	PRO	MESO	META	PRO	MESO	META
n		26	26	1	33	33	2	20	20	2
(%)		(14,30)	(14,30)	(3,8)	(17,65)	(17,65)	(6,06)	(11,36)	(11,36)	(10,0)
CV		0,0054			0,0107			0,0113		

PRO : procyclique ; MESO : mésocyclique ; META : métacyclique

Tableau IV

Compétence vectorielle (CV) des mâles de *G. p. palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre) en relation avec la période de jeûne

Intervalle de repas	1 j			2 j			3 j			
	Indice	PRO	MESO	META	PRO	MESO	META	PRO	MESO	META
n		32	32	1	29	29	2	39	39	3
(%)		(21,77)	(21,77)	(3,13)	(20,86)	(20,86)	(6,90)	(30,00)	(30,00)	(7,69)
CV		0,0068			0,01439			0,0230		

PRO : procyclique ; MESO : mésocyclique ; META : métacyclique

Tableau V

Compétence vectorielle de *G. p. palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre), sexes confondus

Intervalle de repas	1 j			2 j			3 j		
	Indice	PRO	MESO	META	PRO	MESO	META	PRO	MESO
n	58	58	2	62	62	4	59	59	5
(%)	(17,68)	(17,68)	(3,45)	(19,02)	(19,02)	(6,45)	(19,28)	(19,28)	(8,47)
CV	0,0060			0,0122			0,0167		

PRO : procyclique ; MESO : mésocyclique ; META : métacyclique

Il existe une différence très significative imputable au sexe ($\chi^2 = 11,86$; $P = 0,00$) entre la CV des mouches gorgées à intervalle de trois jours : les mâles sont plus infectés que les femelles (tableau IV).

Il n'existe pas de différence significative ($\chi^2 = 0,21$; $P = 0,645$) entre la CV des glossines nourries quotidiennement et celle des mouches nourries à intervalle de deux jours (tableau V).

Il n'existe pas de différence significative ($\chi^2 = 0,03$; $P = 0,861$) entre la CV des glossines nourries tous les jours et celles des mouches nourries à intervalle de trois jours (tableau V).

La formule pléomorphique, en fonction de l'antilogarithme parasitémiq, est consignée dans le tableau VI. Elle montre que les formes longues, intermédiaires et courtes sont bien représentées aux différents degrés de la parasitémie.

■ DISCUSSION

Gorgement

Dans cette expérience, le taux de gorgement obtenu après le repas infectieux paraît satisfaisant ; il est notamment influencé par l'avidité des mouches ténérales liée à l'épuisement de leurs réserves alimentaires et par la relaxation musculaire des rats sous l'influence de l'anesthésie.

On constate, toutefois, que 25,92 p. 100 des mouches ténérales ($n = 338$) ont été écartées de l'expérience, faute d'avoir absorbé le repas infectieux. Ce refus peut être imputé aux manipulations précédant l'expérimentation et au niveau de leurs réserves au moment du repas.

Lors de leur sexage, les mouches subissent, par nécessité, un traitement assez drastique consistant à une mise au froid entre 0 et 2°C pendant 5 min environ. Ce procédé peut ralentir ou supprimer le métabolisme des tsé-tsé et entraîner de l'inappétence.

Age

La transmission cyclique du sous-genre *Trypanozoon* dépend de plusieurs conditions ; l'une d'elles exige que les mouches restent ténérales pour s'infecter (20). Chez la glossine, l'âge de moins de 30 h est admis par beaucoup d'auteurs (18, 24, 38, 53) comme étant le plus susceptible à l'infection. Cependant, Gingrich et coll. (12) ont montré qu'une proportion faible de glossines parvient quand même à s'infecter au-delà de 48 h.

Taux d'infection

Des essais de transmission cyclique de *T. b. brucei* EATRO 1125 par *G. p. palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre) ont déjà été réalisés par

Tableau VI

Pléomorphisme de *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125 chez le rat en fonction de la parasitémie

Parasitémie (antilog)	Formes longues		Formes intermédiaires		Formes courtes	
	n	(%)	n	(%)	n	(%)
8,4	194	(38,80)	165	(33,00)	141	(28,20)
8,4	254	(50,80)	181	(36,20)	65	(13,00)
8,25	150	(30,00)	185	(37,00)	165	(33,00)
8,25	81	(16,20)	186	(37,20)	233	(46,60)
8,1	59	(11,80)	150	(30,00)	291	(58,20)
8,1	87	(17,40)	189	(37,80)	224	(44,80)
8,1	57	(11,40)	226	(45,20)	217	(43,40)
8,1	137	(27,40)	152	(30,40)	211	(42,20)

Le Ray (22) qui a observé que seulement 3 p. 100 des mouches acquerraient une infection intestinale.

L'analyse des résultats du tableau V montre, selon les modes d'intervalle du repas d'entretien, que moins de 20 p. 100 de mouches ténérales ont été infectées à la fois dans l'intestin moyen et le proventricule. Maudlin et Welburn (26) ont démontré que le caractère réfractaire des mouches ténérales à l'infection trypanosomienne est sous l'influence de plusieurs lectines de l'intestin moyen. Selon ces auteurs et selon Wijers (50), leur susceptibilité est contrôlée par l'activité de l'endochitinase induite par les bactéries de l'intestin moyen. Cette susceptibilité n'exclut pas la différence des taux de maturation observée chez les deux sexes.

Infection du proventricule

L'infection proventriculaire est une éventualité dont il faut tenir compte au cours des expériences de transmission. Van Hoof et coll. (47) soulignent que dans toutes ces observations, l'invasion des glandes salivaires n'est possible que lorsque l'intestin et, généralement, le proventricule sont envahis par les trypanosomes.

Le Ray (22) a proposé la formule de la compétence vectorielle des glossines, partant des observations de deux sites parasitaires connus, l'intestin moyen et les glandes salivaires pour l'infection à

Trypanosoma brucei ou l'intestin moyen et le proboscis pour l'infection à *T. congolense*. Les observations de cette étude révèlent qu'il existe, entre ces deux sites, le proventricule qui héberge des trypanosomes méso-cycliques et des formes apparentées. Le proventricule serait donc un lieu de développement des trypanosomes entre les formes procycliques et métacycliques.

En examinant attentivement des préparations fraîches provenant du proventricule, on peut constater que plusieurs formes (méso-cycliques, épimastigotes et sphéromastigotes) cohabitent dans cet organe, mais avec une nette prédominance des formes méso-cycliques. De nombreux cas rencontrés au cours de dissection des glossines appuient ces observations. Des formes épimastigotes et sphéromastigotes peuvent coexister dans le proventricule, sans infection des glandes salivaires. Ceci indique que le proventricule est également un site d'initiation de ces deux formes au même titre que les glandes salivaires.

Le rôle des formes épimastigotes et sphéromastigotes dans le proventricule n'est pas connu. D'aucuns pensent que les sphéromastigotes sont des formes de dégénérescence. Des signes de cette dégénérescence, tels que la disparition du contenu protoplasmique, la désintégration et le manque de motilité de la cellule, n'ont pas été observés dans ce travail.

La détection des formes méso-cycliques dans le proboscis et parfois dans la lumière des glandes salivaires permet d'affirmer que les trypanosomes subissent des migrations ascendantes au cours de leur évolution cyclique.

Si l'insertion de ce stade dans la formule de Le Ray (22) ne contribue pas à améliorer l'indice de la CV, il s'avère nécessaire de le maintenir pour mieux saisir le cheminement cyclique. En effet, Vickerman et coll. (48) affirme que le développement des trypanosomes chez le vecteur consiste en une série de stades, dont chacun est intimement adapté à son environnement immédiat et au rôle qu'il joue dans l'avancement de l'infection. Le présent travail met en évidence la simultanéité d'infections procycliques et méso-cycliques.

Contrairement à ce qu'affirment Van Hoof et coll. (47), les formes méso-cycliques n'occupent pas de position passagère dans le proventricule. Les observations faites dans cette étude montrent qu'elles y sont inféodées ; la persistance de ces organismes dans ce site milite en faveur de l'hypothèse de leur multiplication.

A part quelques informations fournies par Vickerman et coll. (48), Steiger (44), Moloo et coll. (32), le stade méso-cyclique est resté longtemps mal connu, notamment en raison du manque de technique appropriée pour extraire le proventricule. Celle décrite récemment par Kazadi et coll. (16) permet un accès et une exploration plus faciles de cet organe.

Les formes épimastigotes ne se développent pas seulement dans les glandes salivaires. Des populations hétérogènes constituées de formes méso-cycliques, sphéromastigotes et épimastigotes ont été détectées dans le proventricule des mouches infectées. Des observations similaires ont été rapportées par Steiger (44). Ces résultats s'opposent à l'assertion d'Okolo et coll. (35) qui nient leur présence dans le proventricule.

Malgré l'échec de certains auteurs pour permettre une installation de trypanosomes du sang du mammifère dans l'intestin moyen de la mouche (5, 18), nos résultats montrent une corrélation entre les infections de l'intestin moyen et celles du proventricule. A l'opposé, il n'existe pas de correspondance stricte entre les infections du proventricule et celles des glandes salivaires, les glandes étant moins infectées que le proventricule. Cette observation suggère

que d'une façon ou d'une autre, le proventricule joue un rôle régulateur dans un des maillons de la chaîne cyclique.

Pléomorphisme

La transformation des formes longues en formes courtes est une caractéristique essentielle du cycle de vie des trypanosomes du sous genre *Trypanozoon* mise en évidence par Seed et Sechelski (43) ; la morphologie des trypanosomes examinée dans cette étude (tableau VI) révèle que le taux des formes courtes (entre 33 et 58 p. 100) est relativement élevé après la phase aiguë de la parasitémie, contrairement aux observations d'Ashcroft (1), Lumsden (23), Oehler (34), Reichenow (40), Robertson (42) et Wijers (52).

Pour plusieurs auteurs (4, 8, 42, 44, 48, 54), leur présence est indispensable à l'accomplissement du cycle biologique du complexe *brucei* chez la glossine. Travaillant avec *T. b. rhodesiense*, Corson (6) a émis des doutes sur l'idée de Robertson (42) qui soutient que seules les formes courtes sont infectieuses pour la glossine. Des recherches effectuées par Ormerod (36) montrent que les formes longues et intermédiaires sont capables d'infecter la mouche. A leur tour, Wijers et Willet (54) affirment que le taux d'infectivité des glossines est en relation avec le nombre absolu des formes courtes au moment du repas.

Intervalle du repas d'entretien

L'influence de l'espacement des repas d'entretien sur l'infection des mouches n'a pas été observée dans la présente étude. Mais Gingrich et coll. (12), Maudlin et Welburn (27) ont noté que la durée de la diète pouvait être un facteur influant.

Infection hémocélique

Kaddu et Mutiga (15) ont observé une faible fréquence de trypanosomes dans les cellules épithéliales du segment antérieur de l'intestin moyen. La possibilité d'une infection de l'hémocèle par des trypanosomes ayant traversé l'épithélium intestinal n'est pas à exclure. Ladikpo et Seureau (17) estiment que la faible fréquence des trypanosomes et l'existence des formes de dégénérescence laissent à penser que l'épithélium de l'intestin moyen est un site inhabituel de localisation de ces parasites qui est peu favorable à leur développement.

Bien que des trypanosomes aient été observés dans l'hémolymphe de trois glossines et malgré leur présence déjà citée dans l'hémocèle (6, 7, 33, 37, 49), ces localisations sont probablement d'ordre erratique et résultent de la rupture du jabot (5, 29, 31) ou d'une solution de continuité accidentelle dans le tractus digestif.

■ CONCLUSION

Ce travail démontre la plus grande susceptibilité des mouches mâles à l'infection par rapport à celle des femelles. Il tend à confirmer l'hypothèse de Maudlin et coll. (25) en faveur d'un facteur génétique lié au chromosome X qui expliquerait la maturation plus importante des trypanosomes chez les mâles que chez les femelles.

L'indice de la CV montre que la lignée de *G. p. palpalis* (Mongobemba, Zaïre) possède un pouvoir vecteur non négligeable vis-à-vis de *T. b. brucei* EATRO 1125.

Le jeûne de deux et trois jours ne se traduit pas par une compétence vectorielle statistiquement différente. De plus, il semble avoir un impact néfaste sur le taux de survie des mouches. Enfin,

le rat est un hôte nourricier convenable, tant pour le repas infectieux que pour le repas d'entretien.

Les formes procycliques sont observées dans l'espace ectopéritrophique de l'intestin moyen, tandis que des formes hétérogènes sont rencontrées dans le proventricule (formes mésocycliques, sphéromastigotes et épimastigotes) et dans les glandes salivaires (formes sphéromastigotes, épimastigotes et métacycliques). La signification de ce polymorphisme mérite d'être élucidée.

Remerciements

Ce travail a bénéficié du support financier de l'Administration générale à la coopération et au développement du Gouvernement belge. Les auteurs tiennent à remercier le Prof. Dr. S. Geerts et les lecteurs anonymes de la *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* pour la pertinence de leurs remarques lors de la rédaction de ce manuscrit. Ils remercient également le Prof. Dr. G. Torreele pour l'analyse statistique des données, ainsi que Madame Cl. Mattelaere pour la mise en page de cet article.

BIBLIOGRAPHIE

- ASHCROFT M.T., 1957. The polymorphism of *Trypanosoma brucei* and *T. rhodesiense*, its relation to relapses and remission of infections in white rats and the effect of cortisone. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, **51**: 301-312.
- BAKER J.R., 1977. Factors affecting transmission of vector-borne blood parasites. *Acta Trop.*, **34**: 7-19.
- BLACK S.J., JACK R.M., MORRISON W.I., 1983. Host-parasite interactions which influence the virulence of *Trypanosoma (Trypanozoon) brucei brucei* organisms. *Acta Trop.*, **40**: 11-18.
- BOWMAN I.B.R., SRIVASTAVA H.K., FLYNN I.W., 1972. Adaptations in oxidative metabolism during the transformation of *Trypanosoma rhodesiense* from bloodstream into culture form. In: Van der Bossche H. ed., Comparative biochemistry of parasites. New York/London, USA/UK, Academic Press, p. 329-342.
- BURTT E., 1944. A note on variation in living *Glossina brevis palpalis* Newstead (Diptera), with particular reference to a red-colored form found in nature. *Proc. R. Soc. Med. (A)*, **19**: 137.
- CORSON J.F., 1935. A high rate of salivary gland infection of *Glossina morsitans* with *Trypanosoma rhodesiense*. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **28**: 501-504.
- CROFT S.L., EAST J.S., MOLYNEUX D.H., 1982. Antitrypanosomal factor in the haemolymph of *Glossina*. *Acta Trop.*, **39**: 293-302.
- DUKE H.L., 1933. Studies on the factors that may influence the transmission of the polymorphic trypanosomes by tsetse. V. On the effects of temperature. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, **17**: 437-450.
- ELDIRDIRI A.B., 1981. Studies on *Trypanosoma brucei gambiense*: parasitology, antigenic variation and serodermology. Thèse doct., Université Catholique de Louvain, Belgique, 287 p.
- ELSEN P., VAN HEES J., DE LIL E., 1993. L'histoire et les conditions d'élevage des lignées de glossines (Diptera, Glossinidae) maintenues à l'Institut de médecine tropicale Prince Léopold d'Anvers. *J. Afr. Zool.*, **107**: 439-449.
- FAIRBAIRN H., CULWICK A.T., 1950. The transmission of the polymorphic trypanosomes. *Acta Trop.*, **7**: 19-47.
- GINGRICH J.B., WARD R.A., MACKEN L.M., SCHOENBECHLER M.J., 1983. *Trypanosoma brucei rhodesiense* (Trypanosomatidae): Factors influencing infection rates of a recent human isolate in the tsetse *Glossina morsitans* (Diptera: Glossinidae). *J. med. Entomol.*, **19**: 268-274.
- HARMSSEN R., 1973. The nature of the establishment barrier for *Trypanosoma brucei* in the gut of *Glossina pallidipes*. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **67**: 364-373.
- HERBERT W.J., LUMSDEN W.H.R., 1976. *Trypanosoma brucei*: a rapid "matching" method for estimating the host parasitaemia. *Exp. Parasitol.*, **40**: 427-431.
- KADDU J.B., MUTINGA M.J., 1980. *Trypanosoma (Nannomonas) congolense* in the anterior midgut cells of *Glossina pallidipes*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, **74**: 255-256.
- KAZADI J.M., ELSEN P., JOCHEMS M., VAN HEES J., VAN DEN ABEELE J., KAGERUKA P., 1994. Amélioration de la technique de dissection du tractus digestif et des glandes salivaires des glossines pour la mise en évidence des divers stades de développement des trypanosomes. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **47**: 89-92.
- LADIKPO E., SEUREAU C., 1988. *Trypanosoma (Nannomonas) congolense* Broden, 1904 (Kinetoplastida, Trypanosomatidae) dans les cellules épithéliales du segment antérieur de l'intestin moyen de *Glossina morsitans morsitans* Westwood, 1850 (Diptera, Glossinidae). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **41**: 165-167.
- LAMBRECHT F.L., 1980. Ecological and physiological factors in the cycle transmission of African trypanosomiasis. *Insect. Sci. Appl.*, **1**: 47-54.
- LANGLEY P.A., 1975. Pathogen transmission in relation to feeding and digestion by haemotophagous arthropods. *Acta Trop.*, **32**: 116-122.
- LAVEISSIERE C., SANE B., MEDA H.A., 1994. Measurement of risk in endemic areas of human African trypanosomiasis in Côte d'Ivoire. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **88**: 645-648.
- LE RAY D., 1975. Structures antigéniques de *Trypanosoma brucei* (Protozoa, Kinetoplastida). *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **55**: 129-311.
- LE RAY D., 1989. Vector susceptibility to African trypanosomes. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **69** (suppl. 1): 165-171.
- LUMSDEN W.H.R., 1972. Infectivity of salivarian trypanosomes to the mammalian host. *Acta Trop.*, **29**: 301-320.
- MAKUMYAVIRI M.A., 1987. Contribution à l'étude de la trypanotolérance. I. Mise au point d'un modèle d'infection par trypanosomes métacycliques. II. Evaluation des paramètres cliniques, histologiques et immunocytologiques au cours de l'infection. Thèse doct., Vrije Universiteit Brussel, Belgique, 227 p.
- MAUDLIN I., WELBURN S.C., MILLIGAN P., 1991. Salivary gland infection: a sex-linked recessive character in tsetse? *Acta Trop.*, **48**: 9-15.
- MAUDLIN I., WELBURN S.C., 1987. Lectin mediated establishment of midgut infections of *Trypanosoma congolense* and *Trypanosoma brucei* in *Glossina morsitans*. *Trop. Med. Parasitol.*, **38**: 167-170.
- MAUDLIN I., WELBURN S.C., 1994. Maturation of trypanosome infections in tsetse. *Exp. Parasitol.*, **79**: 202-205.
- MEHLITZ D., TIETJEN U., 1988. Trypanosome infection rates in tsetse midguts using a short-term *in vitro* culture technique. *Acta Trop.*, **45**: 183-184.
- MEWS A.R., 1968. A digestive disturbance in *Glossina*. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **62**: 125-126.
- MEYER R.P., 1989. Estimation of vectorial capacity: pathogen extrinsic incubation and vector competence. *Bull. Soc. Vector Ecol.*, **14**: 60-66.
- MIHOK S., OTIENO L.H., DARJI N., MUNYINYI D., 1992. Influence of D (+)-glucosamine on infection rates and parasite loads in tsetse flies (*Glossina* spp.) infected with *Trypanosoma brucei*. *Acta Trop.*, **51**: 217-228.
- MOLOO S.K., STEIGER R.F., HECKER H., 1970. Ultrastructure of peritrophic membrane formation in *Glossina* Wiedemann. *Acta Trop.*, **17**: 378-383.
- MSHELHWALA A.S., 1972. *Trypanosoma brucei* in the haemocoel of tsetse flies. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **66**: 637-643.
- OEHLER R., 1914. Untersuchungen über den dimorphismus von *Trypanosoma brucei*. *Z. Hyg. Infektr.*, **77**: 356.
- OKOLO C.J., JENNI L., MOLYNEUX D.H., WALLBANKS K.R., 1990. Surface carbohydrate differences of *Glossina* salivary glands and infectivity of *Trypanosoma brucei gambiense* to *Glossina*. *Ann. Soc.*

belge *Méd. trop.*, **70**: 39-47.

36. ORMEROD W.E., 1979. Development of *Trypanosoma brucei* in the mammalian host. In: Lumsden W.H.R., Evans D.A. eds., *Biology of the Kinetoplastida*, Vol. 2. New York, USA, Academic Press, p. 340-395.

37. OTIENO L.H., DARJI N., ONYANGO P., 1976. Development of *Trypanosoma (Trypanozoon) brucei* in *Glossina morsitans* inoculated into the tsetse haemocoel. *Acta Trop.*, **33**: 143-150.

38. OTIEONO L.H., DARJI N., ONYANGO P., MPANGA E., 1983. Some observations on factors associated with the development of *Trypanosoma brucei brucei* infections in *Glossina morsitans morsitans*. *Acta Trop.*, **40**: 113-120.

39. PAINDAVOINE P., PAYS E., LAURENT M., GELTMEYER Y., LE RAY D., MEHLITZ D., STEINERT M., 1986. The use of DNA hybridization and numerical taxonomy in determining relationship between *Trypanosoma brucei* stocks and subspecies. *Parasitology*, **92**: 31-50.

40. REICHENOW E., 1921. Untersuchungen ueber das verhalten von *Trypanosoma gambiense* im menschlichen körper. *Z. Infektr.*, **94**: 266.

41. REISEN W.K., 1989. Estimation of vectorial capacity: relationship to disease transmission by malaria and arbovirus vectors. *Bull. Soc. Vector Ecol.*, **14**: 67-70.

42. ROBERTSON M., 1913. Notes on the life history of *Trypanosoma gambiense* with a brief references to the cycles of *T. nanum* and *T. pecorum* in *Glossina palpalis*. *Philos. Trans. B*, **203**: 161-184.

43. SEED J.R., SECHELSKI J.B., 1989. Mechanism of Long Slender (LS) to Short Stumpy (SS) transformation in the African trypanosomes. *J. Protozool.*, **36**: 572-577.

44. STEIGER R.F., 1973. On the ultrastructure of *Trypanosoma (Trypanozoon) brucei* in the course of its life cycle and some related aspects. *Acta Trop.*, **30**: 65-168.

45. TAIT A., ELDIRDIRI A.B., LE RAY D., 1984. Enzyme variation in *Trypanosoma brucei* spp. I: Evidence for the subspeciation of *Trypanosoma brucei gambiense*. *Parasitology*, **84**: 311-326.

46. UNDRITZ E., 1972. Planches d'hématologie Sandoz, 2^e ed. Bâle, Suisse, Sandoz, 234 p.

47. VAN HOOF L., HENRARD C., PEEL E., 1937. Influences modificatrices de la transmissibilité cyclique de *Trypanosoma gambiense* par *Glossina palpalis*. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **17**: 1-24.

48. VICKERMAN K., TETLEY L., HENDRY K.A.K., TURNER C.M.R., 1988. Biology of African trypanosomes in the tsetse fly. *Biol. Cell.*, **64**: 109-119.

49. WEBBER W.A.F., 1961. Intrahaemocoelic inoculation of *G. pallidipes* and *G. morsitans* with trypanosomes of the *T. brucei* subgroup. Tororo, Uganda, East African Trypanosomiasis Research Organisation (EATRO), p. 17-18. (Report: January-December 1961)

50. WELBURN S.C., ARNOLD K., MAUDLIN I., GOODAY G.W., 1993. Rickettsia-like organisms and chitinase production in relation to transmission of trypanosomes by tsetse flies. *Parasitology*, **107**: 141-145.

51. WELBURN S.C., MAUDLIN I., 1992. The nature of the teneral state in *Glossina* and its role in the acquisition of trypanosome infection in tsetse. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, **86**: 529-536.

52. WIJERS D.J.B., 1957. Polymorphism in human trypanosomiasis. *Nature*, **180**: 391.

53. WIJERS D.J.B., 1958. Factors that may influence the infection rate of *Glossina palpalis* with *Trypanosoma gambiense*. I. The age of the fly at the time of the infected feed. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, **52**: 385-390.

54. WIJERS D.J.B., WILLET K.C., 1960. Factors that may influence the infection rate of *Glossina palpalis* with *Trypanosoma gambiense*. II. The number and morphology of the trypanosomes present in the blood of the host at the time of the infected feed. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, **54**: 341-350.

Reçu le 3.5.94, accepté le 13.11.96

Summary

Kazadi J.M., Kageruka P., Losson B., Jochems M., Van Hees J. Influence of upkeep meal intervals on *Glossina palpalis palpalis* (Mongo-Bemba, Zaire) vectorial competence in relation with *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125 - Morphology and parasite cycle

The vectorial competence (VC) of *Glossina palpalis palpalis* (Mongo-Bemba, Zaire) was evaluated after a single feeding of 1304 teneral flies on a rat infected with *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125. The infection levels of the mid-gut, the proventriculus and the salivary glands differ significantly between both sexes. The interval between meals does not affect the infection levels. For flies subsequently fed on uninfected rats at three days' interval, male VC is significantly higher than that of females. Metacyclogenesis is expressed by the successive invasion of trypomastigotes in the mid-gut, the proventriculus and the salivary glands. Parasite invasion is permanent in all colonised sites.

Key words: *Glossina palpalis palpalis* - Feeding frequency - Vector - *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125 - Rat - Statistical analysis.

Resumen

Kazadi J.M., Kageruka P., Losson B., Jochems M., Van Hees J. Influencia del intervalo entre alimentaciones de mantenimiento sobre la capacidad vectorial de *Glossina palpalis palpalis* (Mongo-Bemba, Zaire), con respecto al *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125 - Morfología y ciclo del parásito

Se evaluó la capacidad vectorial (CV) de *Glossina palpalis palpalis* (Mongo-Bemba, Zaire), alimentando una sola vez a 1304 moscas tenerales sobre una rata infectada con el *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125. Los niveles de infección en el intestino medio, el proventrículo y las glándulas salivales, difieren significativamente entre los sexos, pero no con la longitud del ayuno entre las comidas de mantenimiento. En el caso de las moscas alimentadas posteriormente sobre ratas no infectadas, a un intervalo de tres días, la CV de los machos fue significativamente más elevada que la de las hembras. La metaciclogénesis se tradujo por la invasión sucesiva de los trypomastigotos en el intestino medio, el proventrículo y las glándulas salivales. La invasión parasitaria es permanente en todos los sitios colonizados.

Palabras clave : *Glossina palpalis palpalis* - Frecuencia de las comidas - Vector - *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125 - Rata - Análisis estadístico.

Détection d'antigènes circulants au cours d'une infection expérimentale à *Trypanosoma brucei brucei* chez des bovins Borgou, Lagunaire et zébus Bororo blancs

A. Doko^{1,2} A. Verhulst¹ V.S. Pandey^{1*}

Ph. Büscher¹ V. Lejon¹

Mots-clés

Bovin Borgou - Bovin des Lagunes - Zébu White Fulani - *Trypanosoma brucei brucei* - Infection expérimentale - Test ELISA - Antigène - Bénin.

Résumé

Des bovins Borgou (n = 10), Lagunaire (n = 10) et zébus Bororo blancs (n = 10) du Bénin ont été infectés expérimentalement avec un clone de *Trypanosoma brucei brucei* en vue d'évaluer le test ELISA de détection d'antigènes circulants. Aucun des trois témoins non inoculés de chacune des races n'a développé d'infection. Les bovins Lagunaire et Borgou ont développé une maladie bénigne suivie de guérison spontanée, les zébus Bororo blancs une maladie typique à allure chronique et fatale après plusieurs mois. Pour tous les animaux confondus, la sensibilité du test de détection des antigènes circulants de *T. brucei* a été de 20,46 p. 100, nettement inférieure à celle de la détection des parasites par la méthode du *buffy coat* (40,24 p. 100). La sensibilité du test varie fortement en fonction du type d'animaux infectés et de l'allure de l'infection ; elle est la plus élevée chez les bovins Borgou aux parasitémies élevées mais de durée plus courte (44,44 p. 100) et la plus faible chez les zébus Bororo blancs aux parasitémies faibles et intermittentes (4,09 p. 100). Augmenter la sensibilité du test de détection des antigènes circulants en abaissant la densité optique de 0,050 (seuil de positivité) à 0,025 paraît impossible sans altérer sa spécificité. Comparés au *buffy coat*, les faux négatifs du début d'infection et les faux positifs d'après la guérison spontanée compromettent également la valeur du test pour le diagnostic des infections actives à *T. brucei*.

■ INTRODUCTION

Décrite pour les trypanosomoses animales par Murray et coll. (7), la technique du *buffy coat* est souvent utilisée comme référence pour évaluer la sensibilité d'autres techniques de diagnostic des infections actives. Mais certains animaux présentent des parasitémies faibles ou fluctuantes difficiles à mettre en évidence par les tests parasitologiques classiques. Devant ces contraintes, des tests visant à détecter les anticorps trypanosomiens ont été développés, tels l'immunofluorescence indirecte (IFI) et l'*enzyme linked immunosorbent assay* (ELISA). Ces tests ont également leur limite :

ils permettent de détecter un contact antérieur avec le trypanosome mais ne permettent pas de distinguer une infection active d'une infection guérie. Les animaux porteurs d'anticorps trypanosomiens doivent être considérés comme des réservoirs potentiels de la maladie (4). Le test de détection des antigènes circulants de trypanosomes (10) pourrait offrir une alternative pour la détection des infections actives. Ce test a déjà été évalué en Afrique de l'Ouest lors d'infections naturelles et expérimentales à *Trypanosoma congolense* et *T. vivax* (6). Sa sensibilité était de 63 p. 100 pour *T. congolense*, mais seulement de 10 p. 100 pour *T. vivax*. Toutefois, les infections à *T. brucei* peuvent également avoir un impact économique non négligeable chez les bovins en Afrique de l'Ouest (4). Le diagnostic parasitaire est difficile dans les affections chroniques, d'autant plus que les parasites peuvent être peu nombreux dans le sang périphérique en raison de leur prédilection tissulaire. Le but du présent travail est d'apprécier la valeur diagnostique de ce test au cours d'une infection expérimentale à *T. brucei brucei* chez des bovins de races Borgou, Lagunaire et zébu Bororo blanc au Bénin.

1. Institut de Médecine Tropicale Prince Léopold, Nationalestraat 155, 2000 Antwerp, Belgique

2. Faculté des Sciences Agronomiques, Université Nationale du Bénin BP 526, Cotonou, Bénin

* Pour la correspondance : fax : 32 3 216 14 31, E-mail : animprod@vet.itg.be

■ MATERIEL ET METHODES

Animaux

L'expérience a porté sur 39 bovins mâles et femelles adultes, appartenant aux races Borgou (n = 13, dont 10 infectés et 3 témoins non infectés), Lagunaire (n = 13, dont 10 infectés et 3 témoins non infectés) et zébu Bororo blanc (n = 13, dont 10 infectés et 3 témoins non infectés). Ces animaux, originaires de régions à trypanosomose endémique, avaient été transférés à la ferme de l'université à Cotonou où le risque trypanosomien était quasi nul au moment de l'expérimentation. Un mois avant l'expérience, tous les animaux avaient été vermifugés au thiabendazole et traités à l'acéturate de diminazène (Berenil, Hoechst). Au moment de l'infection expérimentale, tous les bovins étaient négatifs à la technique du *buffy coat*, au test de détection des antigènes circulants de *T. brucei* et au test de lyse spécifique du variant AnTat 1.1 utilisé pour initier l'infection.

Inoculation des trypanosomes

Un cryostabilat de AnTat 1.1, un variant antigénique de *T. brucei* MAVUBWE/66/EATRO 1125 a été réactivé sur souris (2). Au troisième jour, le sang d'une des souris a été prélevé par ponction cardiaque. Ce sang a été dilué dans du tampon PSG jusqu'à obtention d'une suspension de 5 trypanosomes par champ (x 200) et injecté sous la peau derrière l'oreille à raison de 1 ml par bovin.

Prélèvements

A l'aide d'un tube vacutainer sec, 10 ml de sang ont été prélevés sur chaque animal au niveau de la veine jugulaire avant l'inoculation (J₀), puis tous les 1-2 jours jusqu'au jour 15, ensuite 1-2 fois par semaine jusqu'au jour 153 (fin des observations). Le sérum obtenu après centrifugation était réparti en aliquots de 1,5 ml et stocké à -70°C. A chaque séance de prélèvement, du sang a également été prélevé dans un tube hépariné pour examen parasitologique.

Analyses

La parasitémie a été établie en examinant, en contraste de phase entre lame et lamelle, une goutte du *buffy coat* obtenu après la microcentrifugation (7). La parasitémie a été exprimée en nombre moyen de trypanosomes par champ (x 400) sur vingt champs observés.

La titration des anticorps trypanolytiques AnTat 1.1-spécifiques a été réalisée selon la méthode décrite par Van Meirvenne et coll. (12). Ces tests de trypanolyse ont surtout été effectués pour vérifier si l'inoculation de l'AnTat 1.1 était bien suivie d'infection active.

La détection des antigènes circulants de *T. brucei* a été réalisée par ELISA selon la méthode développée par Nantulya et Lindquist (10) à l'*International Livestock Research Institute* (ILRI), Nairobi, Kenya. Les réactifs utilisés dans cette expérimentation (anticorps monoclonaux et conjugués) ont été gracieusement fournis par le bureau conjoint FAO/AIEA à Vienne, sous forme d'un kit. Le protocole d'utilisation du kit a été suivi.

■ RESULTATS

Titration des anticorps lytiques AnTat 1.1-spécifiques

Sauf chez un bovin Borgou, des anticorps trypanolytiques AnTat 1.1-spécifiques ont été mis en évidence chez tous les animaux ino-

culés. Avant l'inoculation au J₀, aucun des animaux n'a présenté des anticorps dirigés contre AnTat 1.1. Mais ces derniers sont apparus brusquement à partir du jour 7 pour augmenter très rapidement au cours des jours 8 et 9 et se maintenir en plateau jusqu'au jour 44, et descendre lentement par la suite. Aucun sérum des animaux témoins non infectés n'a présenté d'anticorps AnTat 1.1 au cours de l'expérience.

Ces résultats indiquent donc que l'inoculation d'AnTat 1.1 a été suivie d'infection chez tous les bovins Lagunaire et zébus Bororo blancs et chez 9 des 10 bovins Borgou.

Signes cliniques

Les bovins de races Lagunaire et Borgou infectés ont présenté une maladie sub-clinique ou clinique très bénigne caractérisée par un léger abattement et réduction de l'appétit pendant quelques jours, suivie d'une guérison clinique spontanée en moins de 20-30 jours. Tous les zébus, par contre, ont présenté une maladie à évolution chronique, caractérisée par des hypertrophies ganglionnaires, de la diarrhée intermittente, une dégradation de l'état général avec amaigrissement progressif et apparition de maladies intercurrentes, telle la dermatophilose dans la phase terminale. Aucun des animaux témoins non infectés n'a présenté de signes de trypanosomose.

Parasitémie (*buffy coat*) et antigénémie (ELISA)

La cinétique des parasites (nombre moyen de trypanosomes par champ sur 20 champs de *buffy coat* observés) et des antigènes circulants (DO) est présentée à la figure 1 pour les bovins Lagunaire, dans la figure 2 pour les bovins Borgou et dans la figure 3 pour les zébus Bororo blancs. Les bovins Lagunaire et Borgou ont présenté une évolution très similaire de la parasitémie et de l'antigénémie. Dans ces deux races, la parasitémie devenait positive à partir du jour 5 post-infection, présentait deux pics successifs aux jours 5-7 et jours 9-10, et s'estompait par la suite après le jour 15. Quarante-quatre jours après l'infection, le trypanosome n'était plus décelable sur aucun des sujets Lagunaire ou Borgou infectés. Ils sont tous restés négatifs jusqu'à la fin de la période d'observation. Chez les bovins zébus Bororo blancs, la parasitémie devenait positive à partir du jour 4 post-infection, présentait deux pics vagues aux environs des jours 6 et 10 et devenait par la suite intermittente et irrégulière jusqu'à la fin de la période d'observation. Tous les sujets témoins non inoculés des trois races sont restés négatifs pendant toute la période d'observation.

Les figures 1 et 2 indiquent que chez les bovins Lagunaire et Borgou les antigènes circulants étaient détectables avec des valeurs de DO supérieures à 0,050 (seuil de positivité indiqué par l'ILRI) à partir des jours 7 et 8 post-infection seulement, c'est-à-dire immédiatement après le premier pic parasitaire. Après le deuxième pic parasitaire, ils sont devenus facilement détectables chez la plupart des sujets jusqu'aux environs du jour 37. Par la suite, les antigènes circulants ont régressé rapidement chez la plupart des sujets et sont devenus indétectables après le jour 44.

La figure 3 montre clairement que chez les zébus Bororo blancs, aux parasitémies nettement plus faibles que chez les bovins Borgou et Lagunaire, l'antigénémie est restée en dessous du seuil de détection pendant pratiquement toute la durée de l'infection ; seuls quelques sujets ont présenté des antigénémies très faiblement positives juste après le premier ou le deuxième pic parasitaire.

Dans le tableau I, les pourcentages de positivité obtenus par détection de parasites, par détection des antigènes circulants et en combinant les deux tests, sont comparés respectivement pour les bovins Borgou, Lagunaire, les zébus Bororo blancs et les trois

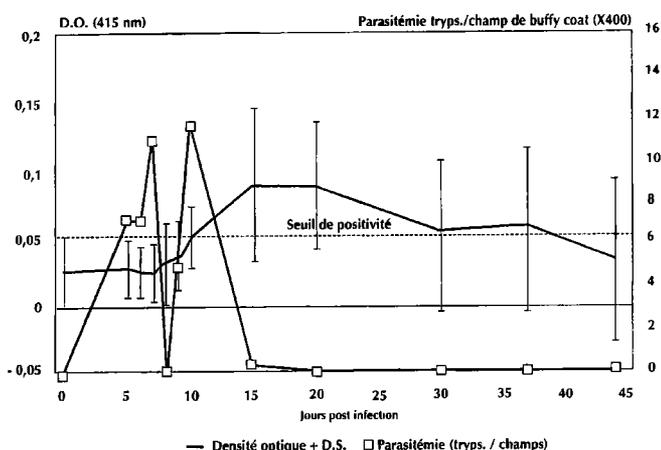


Figure 1 : infection expérimentale à *T. b. brucei* chez les bovins Lagunaire ($n = 10$) : cinétique des parasites et des antigènes circulants.

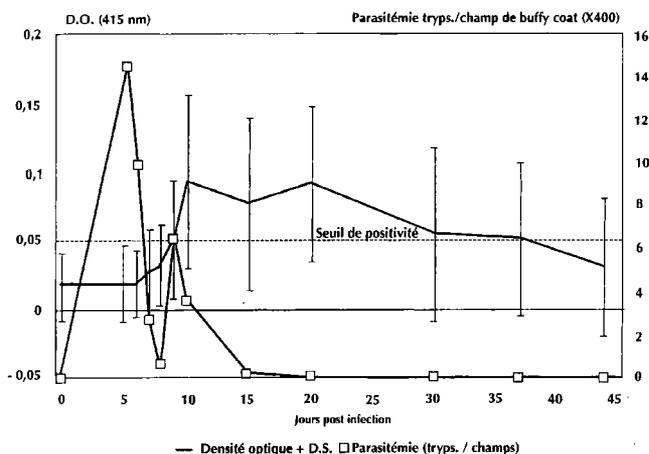


Figure 2 : infection expérimentale à *T. b. brucei* chez les bovins Borgou ($n = 9$) : cinétique des parasites et des antigènes circulants.

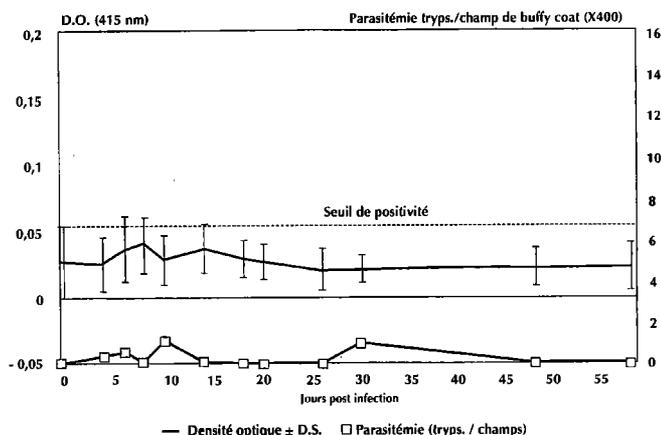


Figure 3 : infection expérimentale à *T. b. brucei* chez les zébus Bororo blancs ($n = 10$) : cinétique des parasites et des antigènes circulants.

racas confondues. Pour les trois races confondues, au cours de la période d'infection active, 40,24 p. 100 des échantillons ont été positifs pour la parasitémie et seulement 20,46 p. 100 pour l'antigénémie. Le pourcentage de positivité obtenu par détection des antigènes circulants était particulièrement bas (4,09 p. 100) chez les bovins zébus Bororo blancs aux parasitémies très basses (figure 3). Le tableau I indique encore que les deux tests combinés ont permis de détecter 50,15 p. 100 des infections actives.

■ DISCUSSION

Au J_0 , l'absence d'anticorps trypanolytiques AnTat 1.1-spécifiques chez tous les sujets de l'expérience, infectés et témoins non infectés, semble bien indiquer qu'aucun des animaux n'avait eu un contact récent avec ce variant. Ce variant avait précisément été retenu par Demey (2) pour initier l'infection expérimentale en raison de son absence habituelle dans les infections naturelles chez les ruminants domestiques en Afrique. L'apparition brusque des anti-

corps trypanolytiques AnTat 1.1-spécifiques à partir du jour 7 chez 29 des 30 animaux inoculés signale l'infection de ces animaux par AnTat 1.1. Un bovin Borgou n'ayant pas développé d'anticorps AnTat 1.1-spécifiques a été considéré comme n'ayant pas développé d'infection active et n'est, par ailleurs, jamais apparu comme positif, ni pour la parasitémie, ni pour l'antigénémie. Les données de cet animal n'ont donc pas été retenues pour le calcul de la sensibilité des deux méthodes de diagnostic utilisées. Pour tous les autres sujets infectés, les prélèvements retenus pour le calcul de la sensibilité des méthodes de diagnostic sont ceux qui vont du premier jusqu'au dernier jour de positivité de la parasitémie chez chaque individu considéré séparément. Au cours de cette période, il est en effet certain que l'infection trypanosomienne était active.

Le comportement clinique des animaux est très variable suivant les races. Bien que tous les bovins Lagunaire et Borgou aient eu une maladie sub-clinique ou clinique, celle-ci était bénigne et suivie de guérison spontanée. Tous les zébus Bororo blancs infectés, par contre, ont développé une maladie clinique caractéristique, évoluant de façon chronique avec dégradation de l'état général, amaigrissement progressif et éventuellement apparition de maladies intercurrentes au cours de la phase terminale. Ceci était associé à une parasitémie d'intensité faible mais prolongée (figure 3).

Pour l'ensemble des observations, la sensibilité des méthodes était de 40,24 p. 100 pour le *buffy coat*, 20,46 p. 100 pour la détection des antigènes de *T. brucei* et 50,15 p. 100 pour les deux tests combinés. Pour la détection de l'infection à *T. brucei*, la sensibilité de la méthode du *buffy coat* paraît donc nettement supérieure à celle de la détection des antigènes circulants par ELISA. Toutefois, de très fortes variations raciales ont également été observées. Chez les bovins Borgou et Lagunaire qui ont développé des parasitémies fortes mais très courtes la sensibilité des deux tests était nettement meilleure que chez les zébus qui, eux, ont développé des parasitémies beaucoup plus faibles mais prolongées. Ainsi, chez les zébus Bororo blancs la sensibilité du test de détection des antigènes était réduite à 4,09 p. 100. La figure 3 montre que chez ces derniers la DO observée au cours de l'infection est pratiquement toujours restée en-dessous du seuil de positivité établi par l'ILRI. La relation entre le faible taux de positivité de l'antigénémie et les parasitémies très faibles chez les zébus paraît évidente.

Augmenter la sensibilité du test de détection des antigènes circulants en abaissant le seuil de positivité jusqu'à, par exemple, 0,025

Tableau I

Infection expérimentale à *T. b. brucei* de bovins Borgou (n = 9), Lagunaire (n = 10) et zébus Bororo blancs (n = 10) : comparaison des pourcentages de positivité obtenus par détection des parasites, des antigènes circulants et en combinant les deux tests

	Bovins Borgou	Bovins Lagunaire	Bovins zébus Bororo blancs	Total
Parasitémie positive	48,14 % (81)	45,55 % (90)	32,80 % (189)	40,24 % (333)
Antigénémie positive	44,44 % (81)	30 % (90)	4,09 % (171)	20,46 % (342)
Tests combinés	70,37 % (81)	60 % (90)	34,56 % (162)	50,15 % (333)

() : nombre d'échantillons examinés et retenus pour les calculs des positivités.

paraît impossible sans altérer la spécificité du test. En effet, chez les différents animaux témoins non infectés, comme chez tous les infectés au jour 0, avant l'infection (figures 1, 2 et 3), la moyenne des DO observées était déjà de $0,025 \pm 0,049$. De plus, il y a déjà des faux positifs chez les animaux non infectés, même en adoptant le seuil de positivité de 0,05 recommandé dans le kit.

Il n'a pas été possible de confirmer les résultats de Nantulya (8, 9) et de Nantulya et coll. (10, 11) qui ont trouvé le test de détection des antigènes circulants plus sensible que la méthode du *buffy coat* (7). Les résultats de cette étude sur le test de détection des antigènes de *T. brucei*, plus particulièrement chez les bovins zébus Bororo blancs à parasitémies faibles, se rapprochent des observations de Kanwe et coll. (6), de Desquesnes et de la Rocque (3) et de Faye (5) sur le test de détection des antigènes de *T. vivax* pour lequel ils ont observé respectivement une sensibilité de 9,9, 2,1 et 11 p. 100 seulement.

Chez les bovins Lagunaire et Borgou (figures 1 et 2), qui ont éliminé spontanément les parasites en moins de 44 jours, on remarque clairement que la méthode de détection des antigènes donne des faux négatifs en début d'infection et des faux positifs en fin d'infection. Tout se passe comme si la détection de l'antigénémie était différée de quelques jours par rapport à celle de la parasitémie. Selon Nantulya et Lindqvist (10) et Desquesnes et de la Rocque (3), les antigènes recherchés étant internes, le test pourrait rester négatif pendant les premières périodes de l'infection (10 à 20 jours), jusqu'à ce qu'une quantité importante d'antigènes soit libérée par lyse des parasites. Après traitement, le test resterait encore positif jusqu'à une quinzaine de jours.

La combinaison des deux tests permet d'augmenter le pourcentage d'infections actives diagnostiquées pour atteindre respectivement 70,37 p. 100 chez les Borgou, 60 p. 100 chez les Lagunaire, 34,56 p. 100 chez les zébus Bororo blancs et 50,15 p. 100 chez les trois races confondues. L'intérêt de combiner les deux tests reste marginal.

Chez les animaux à parasitémie faible, en particulier, le pourcentage d'infections actives diagnostiquées reste en-dessous des limites acceptables.

CONCLUSION

Le test de détection des antigènes circulants à l'aide d'anticorps monoclonaux anti-*T. brucei* a été évalué au Bénin dans des condi-

tions d'infection expérimentale standardisée chez des bovins réputés trypanotolérants (Lagunaire et Borgou) et trypanosensibles (zébus Bororo blancs). Pour tous les animaux confondus, la sensibilité du test a été de 20,46 p. 100, nettement inférieure à celle du *buffy coat* (40,24 p. 100). La sensibilité du test varie fortement en fonction du type d'animaux infectés ; elle est la plus élevée chez les bovins Borgou aux parasitémies expérimentales élevées et courtes (44,44 p. 100) et la plus faible chez les zébus Bororo blancs aux parasitémies faibles, intermittentes et prolongées (4,09 p. 100).

Les faux négatifs en début d'infection et les faux positifs après infection compromettent également la valeur du test pour le diagnostic des infections actives. Pour diagnostiquer les infections actives à *T. brucei* chez les animaux à très faible parasitémie, il faut recourir au test d'inoculation des animaux de laboratoire ou à la trousse KIVI (*kit for in vitro isolation*) (1).

Remerciements

Les auteurs remercient le bureau conjoint FAO/AIEA à Vienne et l'ILRI (ex-ILRAD) pour le don des réactifs d'ELISA de détection des antigènes circulants de *T. brucei*, l'Union européenne pour le financement des études à travers le projet TS2-0076-B(GDF), ainsi que M. Rudy Baelmans pour son assistance technique.

BIBLIOGRAPHIE

1. AERTS D., TRUC P., PENCHENIER L., CLAES Y., LE RAY D., 1992. A kit for *in vitro* isolation of trypanosomes in the field: first trial with sleeping sickness patients in the Congo Republic. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **86**: 394-395.
2. DEMEY F., 1987. Contribution à l'étude des paramètres pour l'identification et la sélection d'animaux trypanotolérants. Thèse PhD2, Institut de Médecine tropicale, Anvers, Belgique, 201 p.
3. DESQUESNES M., de La ROCQUE S., 1995. Comparaison de la sensibilité du test de Woo et d'un test de détection des antigènes de *Trypanosoma vivax* chez deux moutons expérimentalement infectés avec une souche guyanaise du parasite. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48**: 247-253.
4. DOKO A.S., GUEDEGBE B., BAELEMANS R., DEMEY F., N'DIAYE A., PANDEY V.S., VERHULST A., 1991. Trypanosomiasis in different breeds of cattle from Benin. *Vet. Parasitol.*, **40**: 1-7.

5. FAYE J., 1993. The use of an antigen-detection ELISA for the diagnosis of trypanosome infection in N'Dama cattle in Gambia. In: Improving the diagnosis and control of trypanosomiasis and other vector-borne diseases of African livestock using immunoassay methods. Vienna, Austria, IAEA, p. 51-57. (IAEA-TECDOC-707)
6. KANWE A.B., BENGALY Z., SAULNIER D., DUVALLET G., 1992. Evaluation du test de détection des antigènes circulants de trypanosomes à l'aide d'anticorps monoclonaux. Infections expérimentales et naturelles. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **45**: 265-271.
7. MURRAY M., MURRAY P.K., MCIBTYRE W.I.M., 1977. An improved parasitological technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **40**: 267-272.
8. NANTULYA V.M., 1990. Trypanosomiasis in domestic animals: the problems of diagnosis: *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **9**: 357-367.
9. NANTULYA V.M., 1991. Molecular diagnosis of parasites. *Experientia*, **47**: 142-145.
10. NANTULYA V.M., LINDQVIST K.J., 1989. Antigen-detection enzyme immunoassays for the diagnosis of *Trypanosoma vivax*, *T. congolense* and *T. brucei* infections in cattle. *Trop. Med. Parasitol.*, **40**: 267-272.
11. NANTULYA V.M., MUSOKE A.J., RURANGIRWA F.R., SAIGAR N., MINJA S.H., 1987. Monoclonal antibodies that distinguish *Trypanosoma congolense*, *T. vivax* and *T. brucei*. *Parasite Immunol.*, **9**: 421-431.
12. VAN MEIRVENNE N., JANSSENS P.G., MAGNUS E., 1975. Antigenic variation in syringe passaged populations of *Trypanosoma (Trypanozoon) brucei*. 1. Rationalization of the experimental approach. *Ann. Soc. Belge Méd. trop.*, **55**: 1-23.

Reçu le 17.7.96, accepté le 14.10.96

Summary

Doko A., Verhulst A., Pandey V.S., Büscher Ph., Lejon V. Detection of blood antigens in Borgu, Lagoon and White Bororo zebu cattle experimentally infected with *T. brucei brucei*

Borgu (n = 10), Lagoon (n = 10) and White Bororo zebu (n = 10) cattle were experimentally infected in Benin with a clone of *Trypanosoma brucei brucei* for evaluation of blood antigens using ELISA tests. None of the three non-inoculated control animals for each breed developed any infection. Borgu and Lagoon cattle developed a benign disease followed by spontaneous recovery, whereas White Bororo zebus developed a typical chronic disease, fatal within several months. Overall ELISA sensitivity to detect *T. brucei* antigens was 20.46 %, clearly lower than that of the buffy coat method to detect parasites (40.24 %). The sensitivity of ELISA tests differed greatly according to the type of animals and the dynamics of infection. It was highest in Borgu cattle (44.44 %), which had high parasitaemias of short duration and lowest in White Bororo zebus (4.09 %), which had low and intermittent parasitaemias. To increase the sensitivity of ELISA tests by decreasing the cut-off point of optical density (threshold of positivity) from 0.050 to 0.025 would highly compromise the test specificity. The false negatives at the beginning of the infection and false positives after spontaneous cure further compromise the validity of ELISA tests for diagnosis of active *T. brucei* infections.

Key words: Borgu cattle - Lagoon cattle - White Fulani zebu - *Trypanosoma brucei brucei* - Experimental infection - ELISA - Antigen - Benin.

Resumen

Doko A., Verhulst A., Pandey V.S., Büscher Ph., Lejon V. Detección de antígenos circulantes durante una infección experimental por *Trypanosoma brucei brucei* en bovinos Borgou, Lagunare y cebúes Bororo blancos

Se infectaron experimentalmente bovinos Borgou (n =10), Lagunare (n =10) y cebúes Bororo blancos (n =10) de Benin, con un clon de *Trypanosoma brucei brucei*, con el fin de evaluar el test ELISA para la detección de antígenos circulantes. Ninguno de los tres testigos no inoculados de cada una de las razas desarrolló la infección. Los bovinos lagunares y Borgou desarrollaron una enfermedad benigna, seguida por una cura espontánea, los cebúes Bororo blancos presentaron una enfermedad típica con apariencia crónica, fatal al cabo de varios meses. Para todos los animales en general, la sensibilidad del test de detección de antígenos circulantes de *T. brucei* fue de 20,46 p. 100, francamente inferior a la de la detección de los parásitos mediante el método de *buffy coat* (40,24 p. 100). La sensibilidad del test varía fuertemente en función del tipo de animales infectados y de la apariencia de la infección ; siendo más alta en los bovinos Borgou con parasitemias altas, pero de menor duración (44,44 p. 100) y más baja en los cebúes Bororo blancos, con parasitemias bajas e intermitentes (4,09 p. 100). La posibilidad de aumentar la sensibilidad del test de detección de antígenos circulantes mediante una disminución de la densidad óptica de 0,050 (límite de positividad) a 0,025 sin alterar la especificidad parece imposible. En comparación con el *buffy coat*, los falsos negativos al inicio de la infección y los falsos positivos después de la cura espontánea comprometen de forma similar el valor del test para el diagnóstico de las infecciones activas por *T. brucei*.

Palabras clave : Bovino Borgou - Bovino des Lagunes - Cebú White Fulani - *Trypanosoma brucei brucei* - infección experimental - ELISA - Antígeno - Benin.

Note de lecture :

Heartwater (cowdriosis) A review

2nd Edition

□ Cet ouvrage est une des rares revues faisant le point sur les connaissances générales ayant trait à la cowdriose. Les auteurs sont des spécialistes reconnus dans ce domaine et leurs travaux sont des références concernant l'épidémiologie, le diagnostic et la prophylaxie de la maladie, ainsi que la biologie de la tique vectrice. C'est la seconde édition en langue anglaise de cette revue. Par rapport aux autres éditions, quelques illustrations en noir et blanc et en couleur ont été intégrées afin de mieux montrer le diagnostic par microscopie de la cowdriose. Au niveau du texte, le même plan est repris par rapport aux éditions précédentes ; les informations concernant les nouvelles connaissances acquises sont distribuées dans leur chapitre respectif.

Depuis 1988, date de la première édition en anglais, des recherches multidisciplinaires, menées par des équipes européennes, américaines et africaines, ont conduit à une meilleure définition taxonomique de *Cowdria ruminantium* et ont ouvert de nouvelles voies pour contrôler cette maladie. Des techniques de biologie moléculaire ont été appliquées pour cloner et séquencer des gènes de *Cowdria* dans le but d'améliorer le diagnostic de la cowdriose. Ainsi, une portion de la protéine immunodominante MAP1 est actuellement utilisée pour le diagnostic sérologique direct de la cowdriose. Ce test, qui est un ELISA, a l'avantage, par rapport aux précédents, d'être plus spécifique. Lors de la parution de cette revue, ce test venait d'être créé. Depuis lors, il a été distribué à plusieurs laboratoires pour y être validé. Les résultats obtenus par les équipes concernées montrent une très nette diminution du nombre de sérums ayant donné une fausse positivité avec des tests préalables (D. Martínez et F. Jongejan, comm. pers.).

D'autres aspects nouveaux abordés traitent des méthodes de prophylaxie contre la cowdriose. En effet, deux méthodes de vaccination alternative à celle de l'infection par un stock virulent, puis traitement par de la tétracycline, sont mentionnées. Il s'agit de l'utilisation d'un stock atténué de *Cowdria* et de la possibilité de protéger des ruminants en leur injectant des *Cowdria* tuées en présence d'adjuvants. Ces observations sont cruciales quant à la connaissance de l'organisme et au développement d'un vaccin efficace. Face à l'importance de ces nouvelles données, le lecteur aurait

souhaité une discussion plus approfondie comparant les avantages et inconvénients des diverses méthodes d'immunisation employées et ce sur le plan pratique et économique.

La pathogénie de la cowdriose reste, quant à elle, un des sujets de recherche les plus énigmatiques sur cette maladie. Le mécanisme de développement du germe à l'intérieur de la cellule endothéliale n'a été que très peu étudié. Par contre, des données nouvelles sont apparues sur l'influence de *Cowdria* sur la cellule hôte. Des facteurs inflammatoires, tels que des interleukines, sont sécrétés après une infection *in vitro*. Des études similaires *in vivo* étant très difficiles à réaliser, l'explication de la pathogénie de la cowdriose par un dérèglement du réseau des cytokines reste encore une hypothèse. Les connaissances fondamentales sur la réponse immunitaire contre la cowdriose ont progressé depuis ces dernières années. Le modèle souris a fourni la preuve que la réponse immunitaire de type cytotoxique cellulaire était déterminante pour protéger contre une épreuve létale. Par ailleurs, une des observations les plus importantes de ces dernières années a montré que l'on pouvait protéger des ruminants en les vaccinant avec des *Cowdria* tuées et adjuvées. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives quant au développement de nouveaux vaccins contre la cowdriose. Ces découvertes récentes sont exposées de manière simple et viennent étoffer le chapitre sur le contrôle de la maladie.

La bibliographie de cet ouvrage est complète et couvre tous les domaines de recherche sur la cowdriose. On pourrait reprocher le style télégraphique mais le souci premier des auteurs était de faire un texte simple où les informations les plus importantes n'étaient pas diluées. Par contre, la critique principale concerne les résultats contradictoires non discutés, trouvés par différentes équipes, et les résultats de vieilles expériences non réanalysés pour atteindre de nouvelles connaissances.

En conclusion, cette revue est une parfaite introduction pour le néophyte dans le domaine de la cowdriose ainsi qu'un très bon livre de synthèse pour le chercheur actif dans ce domaine où il pourra trouver facilement les informations recherchées et leur bibliographie correspondante.

Albert BENSALD
CIRAD-EMVT

Camus E., Barré N., Martínez D., Uilenberg G., 1996. Heartwater (cowdriosis) - A review, 2nd ed. Paris, France, OIE, 177 p.

Observations on the epidemiology of ruminant trypanosomosis in Kano State, Nigeria

A.U. Kalu ^{1*} F.A. Lawani ²

Key words

Ruminant - Trypanosomosis - *Trypanosoma vivax* - *Glossina* - Epidemiology - Tabanidae - Vectorborne disease - Rainy season - Dry season - Nigeria.

Summary

The epidemiology of ruminant trypanosomosis was investigated during a two-year period in Kano State, Nigeria. Prevalence was 5.3 ± 1.3 % (mean \pm confidence interval), 1.2 ± 1.6 % and 0.7 ± 1.3 % in cattle, sheep and goats, respectively. Prevalence of bovine trypanosomosis was higher during the second year (6.1 %) than in the first (4.8 %). Infections doubled during the rains (7.6 %) in comparison with an average of 3.8 % during the dry season. The northern guinea vegetational zone recorded a high infection rate (Tudun-Wada local government area (LGA), 16.7 %). It was the only area in which tsetse flies (*Glossina tachinoides*) were encountered. Nevertheless, haematophagous flies were common in the sudan savanna; tabanids were ubiquitous. *Trypanosoma vivax* infected 3.0 % of bovine herds and was responsible for 57.6 % of all diagnosable cases. It is suggested that vector control in Tudun-Wada LGA and chemoprophylaxis may break the transmission cycle of ruminant trypanosomosis in the area.

■ INTRODUCTION

Ruminant trypanosomosis is caused by three main pathogenic trypanosomes - *Trypanosoma vivax*, *T. congolense* and *T. brucei* - transmitted mostly by tsetse flies (genus: *Glossina*). The disease occurs wherever tsetse are prevalent but may also be transmitted mechanically by other haematophagous flies (27). Kano State is located mostly in the savanna vegetational zone and is crossed by the Hadeja River. Earlier reports indicate the area as being infected (8, 20) but there are accounts of successful efforts at tsetse control by hand spraying of insecticides along the rivers and the Kano-Katsina-Zaria (KKZ) axis (5, 20). Further efforts at vector control by aerial spraying and other methods between 1955 and 1975 in both Sudan and the contiguous northern guinea zone have also been described (10). In addition, Nigeria's map of the most current tsetse distribution (23) indicates that the area has been reclaimed from tsetse. However, recent reports show that *Glossina morsitans* and *palpalis* groups are prevalent in the state (13).

In Nigeria, knowledge of the epidemiology of trypanosomosis in livestock is based mainly on spot surveys, abattoir samples and occasional outbreaks involving cattle (1, 14, 15). Small ruminants

are regarded as trypanotolerant and little responsible in the epidemiology of the disease because tsetse are supposed to only feed on them as an alternative source of blood meal (6). Although there is very limited evidence on the incidence of trypanosomosis among small ruminant farm populations, some recent findings in Northern Nigeria (2, 12, 13, 14, 15) contradict both the trypanotolerant and alternative source opinions.

Also there is dearth of information on animal trypanosomosis in Kano State not only for small ruminants but also for cattle, despite the fact that re-invasion from even distant tsetse foci is possible after vector control operations (10). This study was carried out to evaluate the prevalence of trypanosomosis among ruminants in Kano State and to elucidate aspects of the disease transmission in the area.

■ MATERIALS AND METHODS

Study area

The study was carried out in six randomly selected local government areas (LGAs) of Kano State, Nigeria ($10^{\circ}30'$ - $13^{\circ}00'$ North, $7^{\circ}40'$ - $10^{\circ}38'$ East). The area lies within the sudan vegetational zone, has an annual temperature range of 20-31°C and is 250-300 m above sea level. Rainfall is unimodal (May to September), light to moderate, lasts 90-150 days and reaches a monthly (August) and annual maximum of 300 mm and 900 mm, respectively (16, 21). The northern extremity of the state (e.g. Hadeja LGA) is known to be free of tsetse flies (23).

1. Department of veterinary public health and preventive medicine, University of Maiduguri, PMB 1069, Maiduguri, Borno State, Nigeria

2. Nigerian institute for trypanosomiasis research (NITR), PMB 03, Vom, Plateau State, Nigeria

* Corresponding author

The herds

The herds surveyed were zebu (Bunaji) cattle of the White Fulani breed under semi-intensive and extensive (Fulani pastoralism) management. The sheep were Yankassa either grazing with the cattle or under intensive management for fattening purposes. Caprine hosts were peri-domestic Kano-Brown belonging to small holders and under semi-intensive management. The ruminant population in the state according to figures given by ODNRI (21) was 0.4 million cattle, 2.3 million goats and 0.5 million sheep, at the time of the study.

Sampling techniques/study visits

Herds in the LGAs selected for the study were sampled by simple randomization to obtain 95 % confidence limits (26, 28). For each visit, the same herds, but not necessarily the same animals, were bled. Herd history and clinical observations were recorded in standard formats (3) prior to bleeding. Two to 3 ml of blood were collected from the jugular vein of each animal into bottles (Sterilin, England) containing EDTA as anticoagulant.

Study visits to all six LGAs were undertaken on a seasonal basis (once during the rains and once during the dry season, October to April), giving a total of four visits per LGA for bovine herds. However, small ruminants were sampled twice only: during both seasons of the second year of study.

Diagnosis of trypanosomes and other haemoparasites

The concentration methods used for detection of trypanosome infections were the haematocrit centrifugation technique (HCT) (29) and buffy coat examination (19).

Examination of Giemsa stained thin films was used both in detection of other haemoparasites and for differentiation of trypanosome species using morphological descriptions of Schalm *et al.* (24) and Hoare (9), respectively.

Vector/transmission studies

The presence of tsetse and other biting flies was studied in four locations within the state using, at each sampling point, four unbaited biconical traps (4) and four prototypes of a cylindrical-shaped modification of the Challier trap called the NITSE trap (22). The traps were deployed in pairs, using one of each design as previously described (15). Structural differences described by Soulsby (25) were used in identifying haematophagous flies. *Glossina* species were identified, aged and their physiological status and infection with trypomastigotes established according to FAO recommended techniques (7).

RESULTS

Prevalence of trypanosome infection in cattle

Out of a total of 1106 samples from bovine herds, 59 were infected with trypanosomes giving a prevalence of 5.3 % with a confidence interval of ± 1.3 %. Prevalence rates were 4.9 ± 1.6 % and 6.1 ± 2.3 % for the first and second year, respectively. A mean prevalence of 7.6 ± 2.3 % and of 3.8 ± 1.5 % was recorded from 503 and 603 samples collected during the rainy and dry season, respectively.

Figure 1 shows the annual and seasonal variation in prevalence among the LGAs sampled.

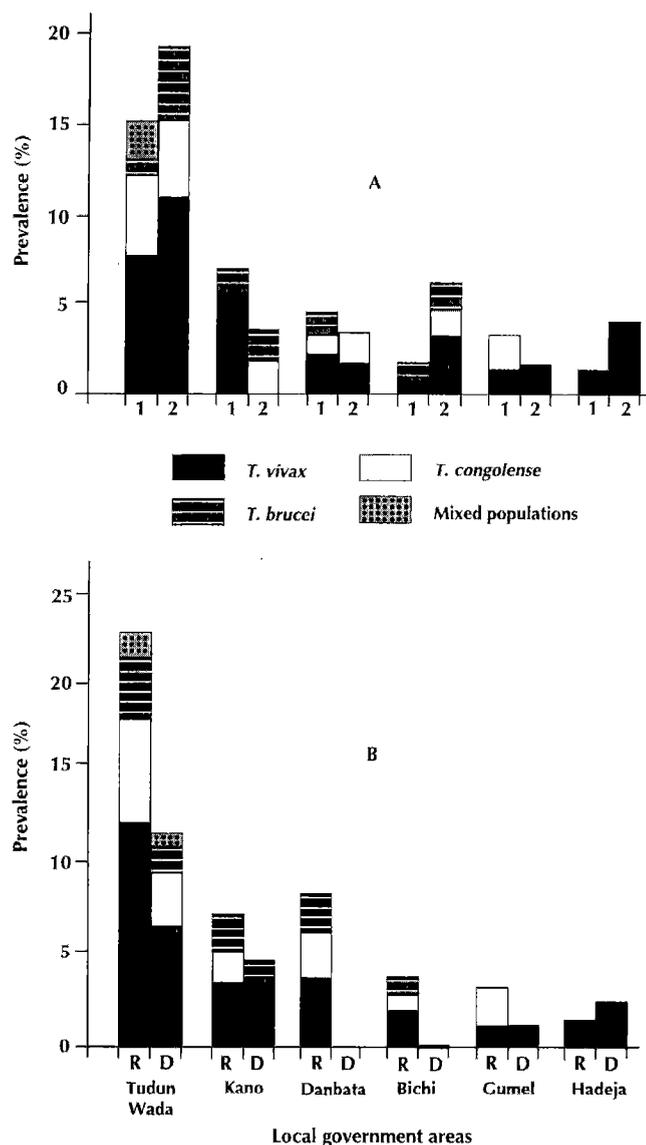


Figure 1: Contributions of different trypanosome species *T. vivax*, *T. congolense*, *T. brucei* subspecies and mixed population to (A) annual (1, first; 2, second) and (B) seasonal (R, rainy; D, dry) prevalence of bovine trypanosomosis in Kano State, Nigeria.

Prevalence in the northern guinea savanna zone was much higher (16.7 ± 5.4 %) than in the sudan area (3.1 ± 1.1 %) of Kano State. Among the LGAs in the sudan zone, bovine trypanosomosis was highest in Kano (5.5 ± 3.3 %, figure 1), and least in Hadeja (2.1 ± 2.4 %, table I). *Trypanosoma vivax*, the predominant species in all ruminant herds and localities, was diagnosed in 3.1 % of the cattle population and responsible for 57.6 % of all infections (range 50-100 % within the LGAs).

Also, it was the only species encountered in Hadeja LGA outside the known northern limit of *Glossina* (figure 1). *T. congolense* was common but *T. brucei* subspecies were diagnosed only in the subhumid southern part of the state. Mixed trypanosome populations were not diagnosed outside the guinea zone (table I, figure 1).

Trypanosomosis in small ruminants

Three out of 318 small ruminants sampled were infected (prevalence 0.9 ± 1.0 %). Intraspecies infection rates were 1.2 ± 1.6 % among 166 sheep and 0.7 ± 1.3 % in 152 goats and was restricted to the rainy season (table II).

Table I
Distribution of trypanosomes among bovine herds in Kano State, Nigeria

	Sample size	Trypanosome infection and species						
		Nbr.	%	(CI ^a)	Tv	Tc	Tb	Mix
Location								
Tudun-Wada	180	30	16.7	± 5	16	8	4	2
Bichi	239	6	2.5	± 2	3	1	2	0
Kano	183	10	5.5	± 3	7	1	2	0
Gumail	189	4	2.1	± 2	2	2	0	0
Danbata	173	6	3.5	± 3	3	2	1	0
Hadeja	142	3	2.1	± 2	3	0	0	0
Vegetational zone								
Northern guinea	180	30	16.7	± 5	16 (53.3)	8 (26.7)	4 (13.3)	2 (6.7)
Sudan	926	29	3.1	± 1	18 (62.1)	6 (20.1)	5 (17.2)	0 (0.0)
Total	1106	59	5.3	± 1	34 (57.6)	14 (23.7)	9 (15.3)	2 (3.4)

Species: Tv = *T. vivax*; Tc = *T. congolense*; Tb = *T. brucei* subspecies.

CI^a = Confidence interval calculated according to Thrusfield (1986).

() indicate percentage of the species out of total positive cases.

Table II
Prevalence of trypanosomes among small ruminants in Kano State, Nigeria

Season of year	Species	Sample size	Nbr. (%) infected	Trypanosome infection and species			
				Tv	Tc	Tb	Mix
Rainy	Sheep	79	2 (2.5)	1	0	1	0
	Goat	70	1 (1.4)	1	0	0	0
		149	3 (2.0)	2	0	1	0
Dry	Sheep	87	0 (0.0)	0	0	0	0
	Goat	82	0 (0.0)	0	0	0	0
		169	0 (0.0)	0	0	0	0
Total		318	3 (0.9)	2	0	1	0

Species: Tv = *T. vivax*; Tc = *T. congolense*; Tb = *T. brucei* subspecies.

() indicate percentage of the species out of total positive cases.

Tsetse, other biting flies and domestic flies

Two *Glossina tachinoides* were caught in the Tudun-Wada area only. Both were hungry and trypanosome-negative following

dissection. Other haematophagous flies caught totalled 542. They were composed of 521 *Tabanus*, 19 *Stomoxys* and 2 *Chrysops*. In addition, 580 *Musca domestica* were also caught. Although only 40 *Tabanus* were caught during the dry season, this genus was the

only one that was prevalent all year round and a high proportion (83.2 %) was encountered in the Hadeja area. Catches by the biconical and NITSE traps were similar for all flies during the dry months but the latter caught more mechanical transmitters (*Tabanus* and *Stomoxys*) of trypanosomes (94.4 %) during the rainy season.

■ DISCUSSION

The prevalence of bovine trypanosomosis reported for Kano State was less than the figures previously recorded in the contiguous vegetational zone of Plateau and Kaduna States (1) and so was that for small ruminants (11). Higher vector abundance (apparent density) and infection rates as reported by the former workers (1, 11) have been associated with higher prevalence of trypanosome infections in animal hosts (10). Besides, the *morsitans* group is known to have higher vectoral capacity than the riverine species encountered during this study (10, 18). However, association between hosts (man, animals) with the latter group (riverine tsetse) can be close and prolonged, resulting in high infection rates in livestock (10, 15, 20). In Kano State, such a situation is possible only in the Tudun-Wada area where a forest/game reserve provides the vectors with shelter, wild life and trespassing pastoral ruminant hosts. This may, at least in part, explain the high trypanosome infection rates recorded there.

Differences in infection rates among the LGAs studied can be explained on the basis that tsetse are usually under stress on the edge of a fly belt (17). Management practices, nutritional status and reduced vector-host contact have also been reported to be responsible for differences in the prevalence of trypanosomosis among peridomestic goats and other ruminants under Fulani pastoralism (14, 15). Also, for goats in Kano, the low level of mechanical inoculators during the dry season makes peridomestic grazing safe for the species. Preponderance of other haematophagous flies with potentials as mechanical carriers of the parasite was responsible for the cases of *T. vivax* in Hadeja - an area outside the tsetse belt (10, 18, 23). Similar reports have been documented among semi-intensively reared cattle in the northern guinea zone (17).

The predominance of *T. vivax* among pathogenic trypanosomes in Kano supports similar findings in Nigeria and the subregion (1, 2, 11, 12, 14, 15, 17, 18). The parasites short life cycle in the vector (maximum of five days compared to nineteen for *T. congolense*) (9), its potential to be transmitted mechanically (27) and the pathogenicity of all *T. vivax* stocks for ruminants (2, 9) make this finding possible. Furthermore, the relative motility and size of the species (*T. vivax*) compared to other salivarian trypanosomes facilitate its detection in a fresh state with tools such as haematocrit centrifugation and buffy coat techniques (19, 29), used in this study. Considering the low prevalence of trypanosome infection and the preponderance of *vivax* group trypanosomes in Kano, it is suggested that a combination of insecticidal control of the vector in the Tudun-Wada area, drug treatment and a two-year prophylactic regimen may break the transmission cycle.

■ CONCLUSION

This study shows a low mean prevalence (5.3 %) in cattle and lower figures for sheep and goats (1.3 % and 0.7 %, respectively). Infections were due to tsetse flies of the riverine species in the south while the variety of other haematophagous flies (*Stomoxys*, tabanids) and their numbers suggest mechanical transmission of *T. vivax* in the northern parts. Also, considering the high sensitivity

of the predominant species (*T. vivax*) to trypanocides, the localization of the vector in one southern area where it is maintained by a forest reserve and the low transmission potential of mechanical inoculators found in the rest of the state, it is suggested that eradication of the disease in livestock may be easier in Kano than in other parts of the Federation.

Acknowledgements

This project was funded by a research grant from the EEC on the Control of animal trypanosomosis in Nigeria. We wish to thank Messrs. Francis Doro, Menasis Baa and Enoch Haruna for their excellent technical assistance.

REFERENCES

- AGU W.E., KALEJAIYE J.O., OLATUNDE O.A., 1989. Prevalence of bovine trypanosomosis in Kaduna and Plateau states of Nigeria. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **37**: 161-166.
- AHMED M.I., 1992. Prevalence of animal trypanosomosis in the Chad Basin and the reaction of Balami rams to experimental *T. vivax* infection. MSc. thesis, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria.
- ANIKA S.M., THRUSFIELD M., 1991. Practical guides on sampling techniques. In: Ikede B.O. ed., Proceedings of a workshop under the auspices of EEC Lome III, Control of animal trypanosomiasis as a strategy for increased livestock production, Vom, Nigeria, 5-9 June 1989, p. 144-147.
- CHALLIER A., LAVEISSTERRE C., 1973. Un nouveau piège pour la capture des glossines (*Glossina* Diptera, Muscidae) : description et essais sur le terrain. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **2**: 251-262.
- DAVIES H., 1964. The eradication of tsetse in the Chad River system of Northern Nigeria. *J. Appl. Ecol.*, **1**: 387-403.
- ESURUOSO G.O., 1973. The epizootiology, prevalence and economic aspects of bovine trypanosomiasis in Nigeria. *Proc. Annu. US Anim. Health Assoc. Meet.*, **77**: 160-175.
- FAO, 1975. Pollock J.N. ed., Training manual for tsetse control personnel, vol. 1. Rome, Italy, FAO.
- FORD J., 1970. The geographical distribution of *Glossina*. In: Mulligan H.W. ed., The African trypanosomiasis. London, United Kingdom, ODA/George Allen & Co., p. 274-297.
- HOARE C.A., 1972. The trypanosomes of mammals. Oxford, United Kingdom, Blackwell Scientific.
- JORDAN A.M., 1986. Trypanosomiasis control and African rural development. London, United Kingdom, Longman.
- JOSHUA R.A., IGE K., 1982. The incidence of trypanosome infection in Red Sokoto goats at slaughter. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **30**: 35-39.
- KALU A.U., 1991. An outbreak of trypanosomiasis on the Jos Plateau, Nigeria. *Trop. Anim. Health Prod.*, **23**: 215-216.
- KALU A.U., 1992. Observations on tsetse fly trapping in Nigeria. Mid-project seminar, EEC Trypanosomiasis control project, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.
- KALU A.U., 1995. Prevalence of trypanosomosis among trypanotolerant cattle at the lower Benue River area of Nigeria. *Prev. vet. Med.* **24**: 97-103.
- KALU A.U., UZOUKWU M., IKEME M.M., MAGAJI Y., 1991. Trypanosomiasis in Nigeria: high incidence among ruminants in Gboko Local Government Area. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **39**: 3-8.
- LAFENE P., 1980. Evans atlas for social studies. Edinburgh, United Kingdom, John Bartholomew and sons, p. 42.
- LEEFLANG P., 1975. The epizootiology of trypanosomiasis in ranch cattle (Shika agricultural Research Station, Northern Nigeria) at some distance from known foci of savanna tsetse. Dakar, Senegal, ISCTRC, p. 94-100.
- LEEFLANG P., 1978. Bovine trypanosomiasis in Nigeria: a contribution to the epidemiology, host specificity and drug sensitivity of *Trypanosoma vivax*. PhD thesis, University of Utrecht, Utrecht, the Netherlands, 139 p.

19. MURRAY M., MURRY P.K., MCINTYRE W.I.M., 1977. An improved parasitological technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **71**: 325-326.
20. NASH T.A.M., 1970. The ecology of the West African riverine tsetse in relation to man-fly contact. In: Mulligan H.W. ed., *The African trypanosomiasis*, London, United Kingdom, ODA/George Allen & Co., p. 602-603.
21. ODNRI, Nigeria, 1989. Profile on agriculture. London, United Kingdom, ODNRI, iv + 15 p.
22. OMOOGUN G.A., 1990. A new trap for *Glossina* species. In: 22nd Ann. Conf. Ent. Soc. Nigeria. Zaria, Nigeria, Ahmadu Bello University.
23. ONYIAH J.A., NA'ISA B.K., RIODAN K., GREGORY W., 1983. Tsetse distribution in Nigeria. *Bull. trop. Anim. Health Prod. Afr.*, **31**: 141-150.
24. SCHALM O.E., JAIN N.C., CAROLL E.J., 1975. *Veterinary Hematology*. Philadelphia, USA, Lea and Febiger.
25. SOULSBY E.J.L., 1968. *Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals*. London, United Kingdom, Bailliers, Tindal and Casell.
26. THRUSFIELD M., 1986. *Veterinary epidemiology*. London, United Kingdom, Butterworths.
27. WELLS E.A., 1972. The importance of mechanical transmission in the epidemiology of nagana: a review. *Trop. Anim. Health Prod.* **4**: 74-89.
28. WHO, 1991. *Sample size determination in health studies - a practical manual*. WHO, Geneva, Switzerland, p. 1-5.
29. WOO P.T.K., 1970. The haematocrit technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Acta trop.*, **27**: 384-386.

Reçu le 17.1.95, accepté le 16.10.96

Résumé

Kalu A.U., Lawani F.A. Observations sur l'épidémiologie de la trypanosomose des ruminants dans l'Etat de Kano, Nigeria

L'épidémiologie de la trypanosomose des ruminants a été étudiée, pendant une période de deux années, dans l'Etat de Kano, Nigeria. La prévalence était de $5,3 \pm 1,3$ p. 100 (moyenne \pm intervalle de confiance), $1,2 \pm 1,6$ p. 100 et $0,7 \pm 1,3$ p. 100 chez, respectivement, les bovins, les moutons et les chèvres. La fréquence de la trypanosomose des ruminants était plus élevée pendant la seconde année (6,1 p. 100) que pendant la première (4,8 p. 100). Les infections ont doublé pendant la saison des pluies (7,55 p. 100) par rapport à la moyenne de 3,8 p. 100 pendant la saison sèche. La zone de végétation nord guinéenne a enregistré un taux d'infection élevé (région du gouvernement local de Tudun-Wala (LGA), 16,7 p. 100) et était la seule zone où les mouches tsé-tsé (*Glossina tachinoides*) ont été rencontrées, alors que des mouches hématophages étaient également présentes dans la savane soudanienne ; les tabanidés se trouvaient partout. Trois pour cent des troupeaux bovins étaient infectés par *Trypanosoma vivax* qui était responsable de 57,6 p. 100 de tous les cas qui pouvaient être diagnostiqués. Il est suggéré que le contrôle vectoriel dans la LGA et la chimioprévention pourraient briser le cycle de transmission de la trypanosomose chez les ruminants dans cette région.

Mots-clés : Ruminant - Trypanosomose - *Trypanosoma vivax* - *Glossina* - Epidémiologie - Tabanidae - Maladie transmise par vecteur - Saison humide - Saison sèche - Nigeria.

Resumen

Kalu A.U., Lawani F.A. Observaciones sobre la epidemiología de la tripanosomosis en los rumiantes en el estado de Kano, Nigeria

Se estudio la epidemiología de la tripanosomosis de los rumiantes durante un periodo de dos años, en el estado de Kano, Nigeria. La prevalencia fue de $5,3 \pm 1,3$ p. 100 (promedio \pm intervalo de confianza), $1,2 \pm 1,6$ y de $0,7 \pm 1,3$ en ganado, ovejas y cabras respectivamente. La prevalencia de la tripanosomosis bovina fue mas elevada durante el segundo año (6,1 p. 100) que durante el primero (4,8 p. 100). Las infecciones se duplicaron durante las lluvias (7,6 p. 100), si se compara con el promedio de 3,8 p. 100 durante la estación seca. La zona vegetal de guinea del norte mostró una alta tasa de infección (zona local del gobierno de Tudun-Wada (LGA), 16,7 p. 100). Fue la única área en la que se encontraron moscas tse tse (*Glossina tachinoides*). Sin embargo, moscas hematofagas fueron comunes en la savana de sudan; tábanos fueron omnipresentes. *Trypanosoma vivax* infectó 3,0 p. 100 de los hatos bovinos y fue responsable de 57,6 p. 100 de todos los casos diagnosticados. Se sugiere que el control de los vectores en la LGA Tudun-Wada y la quimioprofilaxis puede romper el ciclo de transmisión de la tripanosomosis bovina en el área.

Palabras clave : Rumiante - Trypanosomosis - *Trypanosoma vivax* - *Glossina* - Epidemiología - Tabanidae - Enfermedad transmitida vector - Estación lluviosa - Estación seca - Nigeria.

Prévalence sérologique de l'œstrose ovine au Burkina Faso : estimation par la technique ELISA

L. Ouattara ¹ Ph. Dorchies ²

Mots-clés

Ovin Djallonké - Ovin sahélien Bali Bali - *Æstrus ovis* - Test ELISA - Immunodiagnostic - Burkina Faso.

Résumé

Des sérums de 421 ovins Djallonké et sahéliens Bali Bali du Burkina Faso ont été analysés à l'aide du test ELISA de détection des anticorps utilisant un antigène brut de larves de stade 2 (L2) d'*Æstrus ovis*. La prévalence moyenne de séropositifs était de 86,3 p. 100 sans différence significative entre les deux races. Les densités optiques (DO) par rapport à celle des sérums témoins positif et négatif de référence sont plus élevées chez les sahéliens avec des valeurs atteignant 450 p. 100 de la densité optique du positif, alors que chez les Djallonké la densité optique la plus élevée ne dépasse pas 250 p. 100 de la DO du même témoin de référence positif. Par ailleurs, chez les ovins sahéliens on note un faible nombre d'animaux très fortement positifs (intensité de la densité optique par rapport à celle du positif de référence). Les Djallonké par contre ont une distribution plus homogène dans l'intensité des réactions positives. Cette étude montre l'intérêt et la validité du dépistage sérologique par la méthode ELISA utilisée. Elle confirme la prévalence élevée de l'œstrose ovine chez des animaux porteurs sains, ce qui justifierait le contrôle stratégique de cette myiase.

■ INTRODUCTION

La pathologie respiratoire est responsable de nombreuses affections dans les troupeaux en zone tropicale où l'habitat sommaire favorise la promiscuité et ne protège pas les animaux des variations importantes de température pendant le nyctémère et les expose parfois à des refroidissements après les pluies. Les agents infectieux sont bien connus alors que les causes parasitaires, qui font souvent le lit des surinfections bactériennes, ont été très peu étudiées au Burkina Faso. L'œstrose ovine est l'une d'entre elles et cette myiase très répandue en Afrique tropicale (3, 9, 10) peut entraîner des conséquences fâcheuses à l'échelle du troupeau, pouvant aller jusqu'à la mort des sujets atteints (1, 14). L'importance de l'étude de l'œstrose réside dans les complications microbiennes possibles qu'elle peut entraîner. En effet, grâce à leur garniture d'épines, les larves peuvent provoquer une inflammation des muqueuses nasales. La poussière qui s'agglutine avec le jetage nasal en saison sèche obstrue plus ou moins complètement les naseaux et gêne considérablement la respiration. Le foyer infectieux nasosinusal (1) induit alors des lésions pulmonaires secondaires.

Au Burkina Faso, une étude menée de novembre 1985 à octobre 1986 à l'abattoir de Ouagadougou sur 541 moutons et 338 chèvres par Belem et Rouille (3) a révélé une prévalence de 92,4 p. 100 pour les ovins et 88,5 p. 100 pour les caprins. Des études similaires dans d'autres pays par ouverture systématique de têtes (17, 18) ont montré la forte présence de cette myiase qui, jusqu'à la fin des années 50, ne connaissait pas de traitement systématique.

Depuis cette date, des essais avec des insecticides ou des anthelminthiques par voie parentérale (4, 5, 15) ont prouvé que le traitement peut augmenter la productivité des troupeaux de moutons et conduire à la guérison des animaux au bout de deux semaines. Dès lors, la détection de la maladie du vivant de l'animal apparaît comme un outil d'épidémiologie-surveillance et surtout d'évaluation de l'efficacité technico-économique des stratégies de contrôle à l'échelle du troupeau. Cela peut également apporter une information sur son existence et permettre d'apprécier le risque d'ophtalmomyiase humaine (Roua, Tibayrenc, communications personnelles). Or, celle-ci, trop souvent méconnue, atteint de nombreux éleveurs sahéliens qui présentent alors une conjonctivite (19).

Le présent travail porte sur l'analyse de sérums provenant d'ovins Djallonké du Sud-Ouest et Bali Bali du Nord du Burkina en vue d'établir une cartographie de l'œstrose dans deux zones écoclimatiques différentes, l'objectif à terme étant de mettre en place des stratégies de contrôle.

■ MATERIEL ET METHODES

Les animaux

Des prises de sang ont été effectuées en octobre 1995 chez 193 moutons Djallonké des deux sexes et de tous âges répartis dans dix troupeaux villageois à Satiri (zone subhumide), au Sud-Ouest du Burkina Faso. Ils appartiennent à des troupeaux suivis depuis 1993 par le service d'helminthologie du CIRDES dans le cadre de l'évaluation de l'efficacité de traitements anthelminthiques stratégiques.

Le deuxième groupe est constitué de 228 ovins sahéliens Bali Bali achetés dans une vingtaine de troupeaux en élevage traditionnel, également des deux sexes et âgés de 12 à 18 mois, provenant de

1. Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide, 01 BP 454 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

2. Laboratoire associé INRA de Physiopathologie respiratoire des ruminants, Ecole nationale vétérinaire, 23 Chemin des Capelles, 31076 Toulouse Cedex, France

Dori (Nord sahélien). Les prélèvements ont également été effectués en octobre 1995 dès l'arrivée de ces animaux en zone subhumide.

Les sérums ont été recueillis dans les 24 h qui ont suivi les prélèvements et conservés à -20°C jusqu'au moment des tests.

Le test ELISA

La méthode employée (17) utilise un antigène brut extrait de la larve du deuxième stade d'*Oestrus ovis* à la concentration de 2 µg de protéines par ml. C'est le stade larvaire le plus immunogène reconnu par tous les auteurs (2, 11).

Cette technique, *enzyme linked immunosorbent assay* (ELISA), est spécifique et sensible. En effet, aucune réaction croisée avec *Fasciola hepatica* et *Haemonchus contortus* n'a été observée sur les prélèvements sériques, ce qui confirme la haute spécificité de la fraction antigénique utilisée (17). D'autre part, les tests réalisés sur les cinétiques d'anticorps chez des animaux infestés expérimentalement ou naturellement ont montré une augmentation des titres d'anticorps alors que chez les témoins, il n'y a pas eu de différences significatives entre les valeurs initiales et celles obtenues au cours des semaines d'observation (17).

Les principes de base de cette méthode sont décrits par Boulard (4) pour le diagnostic de l'hypodermose, qui résulte de l'infestation des bovins par des larves de *Hypoderma lineatum* appartenant à la famille des *Cestridae*.

Les résultats sont exprimés en pourcentage par rapport aux densités optiques (DO) moyennes des sérums des animaux infestés et des témoins pris comme sérums de référence positifs et négatifs selon la formule suivante :

$$\text{Pourcentage de DO du sérum testé} = \frac{\text{DO du sérum testé} - \text{DO du témoin négatif}}{\text{DO témoin positif} - \text{DO témoin négatif}}$$

Le seuil de positivité retenu est fixé à 20 p. 100 de densité optique, 100 p. 100 étant la valeur d'un *pool* de sérums témoins positifs. Ces sérums positifs proviennent d'agneaux infestés expérimentalement de manière répétitive et ayant présenté des manifestations cliniques intenses. Les sérums d'agneaux nés et élevés à l'abri des mouches ont été utilisés comme témoins négatifs.

■ RESULTATS

Les séroprévalences sont rapportées dans le tableau I. Le test de Student a été utilisé pour la comparaison des moyennes. Il n'y a pas de différence significative entre les ovins Djallonké et Bali Bali pour le pourcentage de sujets infestés alors qu'on note une différence entre les DO maximales observées ($p < 0,05$).

■ DISCUSSION

Les prélèvements de sang ont été réalisés au mois d'octobre qui correspond à la fin de la saison des pluies. Durant cette période, le taux d'infestation observé à l'abattoir par Belem et Rouille (3) était le plus élevé. C'est d'ailleurs ce qui est rapporté dans les pays voisins comme le Niger où le taux de prévalence sérologique en fin de saison des pluies est de 100 p. 100 (Tibayrenc, communication personnelle). Les résultats obtenus dans cette étude se rapprochent de ceux du Sénégal où 94,1 p. 100 d'infestations sur autopsies (13)

Tableau I

Séroprévalences de l'œstrose chez les moutons Djallonké et Bali Bali

	Moutons Djallonké	Moutons Bali Bali
Nombre d'animaux testés	193	228
% de positifs	84,4 ^a	88,1 ^a
% DO moyenne des positifs	81,4	87,3
Ecart type DO des positifs	48	75
Médiane DO des positifs	72	69
% DO maximale	250 ^a	450 ^b

Analyse statistique : a = non significatif ; a, b = significatif à 5 p. 100

et 82,7 p. 100 sur examen sérologique dans la même région de Dakar (10) ont été rapportés.

Il faut remarquer qu'il y a de légères différences entre les prévalences obtenues par recherche des parasites dans les sinus de moutons, 94,1 p. 100 au Sénégal et 92,4 p. 100 au Burkina Faso, avec celles indiquées par la sérologie qui sont respectivement de 82,7 et 86,3 p. 100 (pourcentage moyen des Djallonké et des sahéliens positifs). Ces différences pourraient être en relation avec l'immuno-déficience consécutive aux très fortes charges parasitaires du tube digestif à la fin de saison des pluies (12). La spécificité et la sensibilité du test ont été vérifiées sur agneaux infestés expérimentalement (17) ; aucune réaction croisée n'a été observée entre la fraction antigénique de L2 d'*Oestrus ovis* qui a été utilisée dans cette étude et *Haemonchus contortus* ou *Fasciola hepatica*. Le test ELISA peut donc être retenu comme valable pour le dépistage de l'œstrose ovine (17).

Cette enquête ne révèle pas de différence significative de séroprévalences entre les ovins Djallonké et Bali Bali au Burkina Faso. La proportion d'animaux négatifs est comparable, 15 p. 100 chez les Djallonké, 12 p. 100 chez les Bali Bali. Cela paraît *a priori* surprenant car les deux races vivent dans deux zones écoclimatiques différentes : Nord sahélien sec et Sud soudanien humide.

En revanche, en ce qui concerne les densités optiques, les plus élevées sont rapportées chez les Bali Bali avec 450 p. 100 par rapport à la DO du témoin positif et 250 p. 100 pour les Djallonké. Cela pourrait s'expliquer par la forte activité des mouches au Sahel, environnement dégagé contrairement au Sud-Ouest où la végétation est plus dense.

■ CONCLUSION

Ce travail confirme la forte prévalence de l'œstrose ovine au Burkina Faso à travers une enquête sérologique ponctuelle. Il doit inciter à mettre en œuvre des mesures de lutte contre ce parasitisme dont l'impact sur la santé humaine et animale est loin d'être négligeable.

L'étude de la dynamique saisonnière par prélèvements mensuels au cours d'une année complète s'avère nécessaire afin de la coupler avec le dénombrement des larves. Elle permettra de dégager des stratégies de contrôle de l'œstrose basée sur la dynamique des po-

pulations larvaires des différents stades afin d'améliorer la productivité des animaux par la proposition de schémas de lutte adaptés.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Dr Saydil M. Touré, Directeur général du CIRDES, le Professeur Gérard Duvallet et le Service enseignement-formation du CIRAD-EMVT, MM. Kossi Koevi et Toutou Pale ainsi que le personnel du laboratoire de parasitologie de l'Ecole nationale vétérinaire de Toulouse.

BIBLIOGRAPHIE

- AKAKPO A.J., BORNAREL P., PANGUI L.J., SARRADIN P., 1993. L'œstrose ovine et le portage bactérien chez les moutons sains du Sénégal. *Revue Méd. vét.*, **144** : 331-334.
- BAUTISTA-GARFIAS C.R., RUIS-NAVARETTE A., MORALES M.F., MORILLA G.A., 1988. Anticuerpos circulantes contra larvas de *Oestrus ovis* (Diptera : *Oestridae*) en cabras infestadas naturalmente. *Folia Entomol. Mex.*, **52** : 75-86.
- BELEM A.M.G., ROUILLE D., 1988. œstrose des petits ruminants au Burkina Faso. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **41** (1) : 59-64.
- BOUCHET A., DUPRE J.J., ANDRIANJAFY G., 1974. Traitement de l'œstrose ovine : I. Essais réalisés avec le Nitroxylin. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **27** (3) : 275-279.
- BOUCHET A., DUPRE J.J., RAKOTOZANANY E., 1974. Traitement de l'œstrose ovine : II. Essais réalisés avec le Rafoxanide. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **27** (3) : 281-284.
- BOULARD C., 1985. Avantages de l'immunodiagnostic de l'hypodermose bovine établi par hémagglutination passive et par ELISA, à partir du sérum et du lactosérum, sur la numération des varons. *Ann. Rech. vét.*, **16** : 335-343.
- BUNCH D.S., ROCKE D.M., HARRISSON R.O., 1990. Statistical design of ELISA protocols. *J. Immunol. Meth.*, **132** : 247-254.
- DECONINCK P., PANGUI L.J., CARRIERE L., DORCHIES Ph., 1995. Dépistage sérologique de l'œstrose ovine au Sénégal par la technique ELISA. *Revue Méd. vét.*, **146** (4) : 265-268.

Summary

Quattara L., Dorchies Ph. Serological prevalence of *Oestrus ovis* infestation in Burkina Faso: an estimate using ELISA testing

Sera from 421 Djallonke and Sahelian Bali Bali sheep from Burkina Faso were analyzed with ELISA tests using a crude antigen from stage 2 (L2) larvae of *Oestrus ovis*. Seropositive mean prevalence was 86.3 % with no significant difference between both breeds. In Sahelian and Djallonke sheep optical densities (OD) were, at most, 450 % and 250 % higher, respectively, than those in control seropositive animals. In addition, a few Sahelian sheep displayed very high seropositivity (OD intensity compared to that of positive control animals), whereas seropositivity intensity was more homogeneously distributed in Djallonke sheep. This study emphasizes the importance and usefulness of ELISA method of detection. It confirms the high prevalence of *Oestrus ovis* infestation in healthy animals, which would justify the use of strategic controls.

Key words: Djallonke sheep - Sahelian Bali Bali sheep - *Oestrus ovis* - ELISA - Immunodiagnosis - Burkina Faso.

9. DORCHIES Ph., SAVEY J., YILMA J.M., 1993. Prevalence of lung abscesses and interstitial pneumonia in ovine cœstrosis. *Vet. Rec.*, **133**: 325.

10. DORCHIES Ph., YILMA J.M., 1994. Current knowledge in immunology of *Oestrus ovis* infection. In : VIII congrès international de parasitologie, Izmir, Turquie, octobre 1994.

11. INNOCENTI L., MASETTI M., MACCHIONI G., GIORGI F., 1995. Larval salivary gland proteins of the sheep nasal bot fly (*Oestrus ovis* L.) are major immunogens in infected sheep. *Vet. Parasitol.*, **60**: 273-282

12. OUATTARA L., OUEDRAOGO A., KAUFMANN J., PFISTER K., 1992. Epidémiologie des nématodes gastro-intestinaux des ruminants au Burkina Faso. VII Conférence internationale des Institutions de médecine vétérinaire tropicale, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 14-18 septembre 1992. Maisons-Alfort, France, CIRAD-EMVT, p. 497-505.

13. PANGUI L.J., DORCHIES Ph., BELOT J., 1988. Contribution à l'étude épidémiologique de l'œstrose ovine au Sénégal. *Revue Méd. vét.*, **139** : 701-704.

14. TOURE S.M., 1994. Les myiases d'importance économique. *Revue sci. tech. Off. int. Epiz.*, **13** (4) : 1053-1073.

15. UILENBERG G., PERDRIX A., DUBOIS P., 1971. Traitement de l'œstrose ovine par injection d'un insecticide organophosphoré au Diméthoate. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **24** (1) : 43-46.

16. VASSILIADIS G., 1989. L'œstrose des petits ruminants au Sénégal. Note préliminaire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **42** (3) : 421-422.

17. Yilma J.M., 1992. Contribution à l'étude de l'épidémiologie, du diagnostic immunologique et de la physiopathologie de l'œstrose ovine (*Oestrus ovis* Linne 1761). Thèse doct. parasitologie, Institut national polytechnique de Toulouse, Toulouse, France, 219 p.

18. YILMA J.M., DORCHIES Ph., 1991. Epidemiology of *Oestrus ovis* in Southwest France. *Vet. Parasitol.*, **40**: 315-323.

19. ZUMPT F., 1965. Myiasis in man and animals in the old world. London, United Kingdom, Butterworths, 267 p.

Reçu le 30.1.96, accepté le 4.11.96

Resumen

Quattara L., Dorchies Ph. Prevalencia serológica de la miasis por *Oestrus ovis* en los ovinos de Burkina Faso: estimación mediante la técnica ELISA

Se analizaron los sueros de 421 ovinos Djallonké y sahelinos Bali Bali de Burkina Faso, gracias al test ELISA de detección de anticuerpos, utilizando un antígeno en bruto de las larvas en estadio 2 (L2) de *Oestrus ovis*. La prevalencia promedio de seropositivos fue de 86,3 p. 100, sin diferencia significativa entre las dos razas. Las densidades ópticas (DO), con respecto a las de los sueros testigos de referencia, positivos y negativos, son más elevadas en las sahelinas con valores que alcanzaron 450 p. 100 de la densidad óptica del positivo, mientras que en las Djallonké la densidad óptica más elevada no alcanzó 250 p. 100 de la DO del mismo testigo de referencia positivo. Por otro lado, en los ovinos sahelinos, se observa un bajo número de animales fuertemente positivos (intensidad de la densidad óptica con respecto a la del positivo de referencia). Por otro lado, las Djallonké mostraron una distribución más homogénea en la intensidad de las reacciones positivas. Este estudio muestra el interés y la validez del seguimiento serológico mediante el método ELISA. También confirma la prevalencia elevada de la oestrosis ovina en los animales portadores sanos, lo que podría justificar el control estratégico de esta miasis.

Palabras clave : Ovino Djallonke - Ovino sahelino Bali Bali - *Oestrus ovis* - ELISA - Immunodiagnostico - Burkina Faso.

Présence à Cuba de la lucilie bouchère du bétail (*Cochliomyia hominivorax*)

J.G. Rodriguez Diego¹ T. Blandino¹ M. Alonso¹
E. Mendoza² G. Seoane³ N. Fregel³

Mots-clés

Cochliomyia hominivorax - Bétail -
Surveillance épidémiologique - Cuba.

Résumé

La lucilie bouchère du bétail (*Cochliomyia hominivorax* Coquerel) constitue un fléau important pour l'élevage dans le Nouveau Monde en raison de pertes sévères infligées aux animaux à sang chaud ainsi qu'à l'homme. Pour vérifier la présence de l'insecte à Cuba, une enquête a été réalisée au moyen d'un système de surveillance épizootique avec des carrés géographiques. La lucilie bouchère a été détectée dans 54,8 p. 100 des cas de myiases à travers toute l'île, affectant différentes espèces animales, les bovins en premier lieu, suivis des porcins, ovins et autres. Les petites blessures sont apparues comme le premier facteur favorisant le développement de la lucilie. Les raisons de la présence de la lucilie bouchère sans incidence grave sur le cheptel cubain sont discutées.

■ INTRODUCTION

Parmi les espèces de diptères qui produisent des myiases dans le Nouveau Monde, *Cochliomyia hominivorax* Coquerel apparaît particulièrement important car il se nourrit de tissu vivant pendant sa phase larvaire sur les bovins et sur tous les animaux à sang chaud (animaux domestiques, sauvages et homme). Sa distribution sur le continent américain s'étend actuellement de l'Amérique Centrale à l'Argentine (10). Les pertes annuelles au Texas lors de l'établissement de la lucilie bouchère ont été estimées à 300 millions de dollars ce qui a justifié le développement d'une campagne d'éradication conjointe aux Etats-Unis et au Mexique pour un montant de plus de 500 millions de dollars (10). Au Mexique, il existe une usine qui produit des mouches stériles destinées au contrôle biologique et la campagne d'éradication vise maintenant à assainir tous les pays situés au nord du canal de Panama (5). Les pays actuellement infectés sont le Honduras (2), le Nicaragua, le Costa Rica et le Panama (5).

L'entrée accidentelle du parasite en Libye, qui a entraîné des pertes de 250 millions de dollars, a conduit à la mise en place d'un système de défense pour empêcher la propagation de la mouche au reste du continent africain et aux pays méditerranéens (8). La possible dissémination rapide de la mouche (elle peut voler plus de 290 km en deux semaines) ainsi que la grande quantité d'oeufs pondus (3, 10) contribuent à en faire un dangereux fléau.

1. Grupo de Parasitología, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Apdo 10, San José de la Lajas, La Habana, Cuba

2. Grupo de Epizootiología, CENSA, Apdo 10, San José de la Lajas, La Habana, Cuba

3. Instituto de Medicina Veterinaria, 12 y 15 Vedadao, La Habana, Cuba

C. hominivorax est l'insecte parasite du bétail le plus important sur une grande partie du continent américain (3). La lucilie bouchère est classée dans la liste B de l'OIE, à côté des maladies virales et bactériennes hautement pathogènes. Sa présence doit être obligatoirement déclarée (4). Elle est connue au niveau international sous les noms de lucilie bouchère américaine, *screw-worm* ou *gusano barrenador*.

Son existence était soupçonnée à Cuba depuis 1984 lorsque Menendez et coll. (9) signalèrent un guépard atteint d'une myiase généralisée qui provoqua sa mort.

Le présent travail a pour objectif de déterminer pour la première fois le rôle de *C. hominivorax* dans les myiases à Cuba et de caractériser sa situation dans tout le pays.

■ MATERIEL ET METHODES

Echantillonnage de lucilie bouchère

Trois cent quatre vingt six échantillons ont été obtenus à partir de tous les cas de myiase survenus entre mars et juin 1995 dans toutes les provinces de Cuba. L'échantillonnage a été réalisé sur 20 p. 100 du territoire au moyen du système de surveillance épizootique avec des carrés géographiques établis par l'Institut de surveillance vétérinaire.

Diagnostic de la lucilie bouchère

Les larves de diptères présentes dans chaque échantillon ont été récoltées sur les blessures par le personnel vétérinaire des élevages

et expédiées au laboratoire en flacons fermés contenant de l'alcool à 70° ou du formol dilué.

Les larves ont été observées minutieusement sous une loupe stéréoscopique en les comparant aux descriptions de la FAO (3). Dans les cas nécessaires, des fragments de larves ont été préparés en lactophénol afin d'observer les structures chitineuses.

Détermination du taux d'examens positifs, du taux d'échantillons examinés, des espèces affectées et des causes primaires de myiases

Le taux d'examens positifs (TEP) a été calculé pour l'ensemble du pays. Pour chaque province, le taux d'animaux échantillonnés (TE) représentait le pourcentage d'animaux examinés sur le total des animaux. Le test de Duncan (7) a été utilisé pour le traitement statistique des données.

■ RESULTATS ET DISCUSSION

La présence de *Cochliomyia hominivorax* est signalée pour la première fois à Cuba, identifiée par ses larves. Les observations et déterminations de structures morphologiques ont été réalisées sur les larves matures. Les critères de diagnose ont reposé sur le dernier segment où les spiracles postérieurs laissent voir un périthème ouvert ainsi qu'un bouton et une fente du stigma, ce qui les différenciaient des diptères des genres *Musca* et *Calliphora*.

Les spiracles postérieurs n'étaient pas situés dans une cavité contrairement à ceux des genres *Sarcophaga* et *Wohlfahrtia*.

La pigmentation foncée des troncs trachéaux, visibles en position dorsale sur les derniers segments, caractéristique importante de l'agent en question, a permis de faire la diagnose différentielle avec *Chrysomya*, *Phomica*, *Protophormia* et *Cochliomyia macellaria*. Cette dernière espèce, très proche du point de vue de l'évolution et de la génétique de *C. hominivorax* (11), peut être parfois confondue avec elle (3). Cependant les caractéristiques trachéales sont un élément discriminant, de plus *C. macellaria* se nourrit de charogne et ne devient qu'occasionnellement un agent facultatif de myiase ou un envahisseur secondaire (3, 6).

A partir de l'échantillon examiné, le TEP à Cuba était de 54,8 p. 100.

La distribution du parasite dans les différentes provinces figure dans le tableau I. Il était présent dans toute l'île mais plus particulièrement dans les provinces de Pinar del Rio, La Habana, Sancti Spiritus, Ciego de Avila, Holguin, Granma et Guantánamo où le taux dépassait la moyenne nationale. Il faut souligner les cas de Pinar del Rio, Sancti Spiritus et Holguin caractérisés par un TE bas et un TEP élevé, ce qui pourrait traduire une forte population d'insectes dans ces provinces.

Selon la FAO (3), le climat tropical humide est idéal pour le cycle du parasite alors que les chaleurs sèches permettent sa survie. La température extérieure paraît jouer un rôle important dans le développement biologique de la mouche qui nécessite un optimum de 21 à 29°C (6), ce qui est le cas toute l'année à Cuba.

En Uruguay où *C. hominivorax* joue un rôle prépondérant (73,9 p. 100 des zones sont atteintes), Carballo (1) a observé une prévalence de 4,5 p. 100 sur les bovins, de 6,2 p. 100 sur les ovins, avec un taux de mortalité de 6,5 p. 100 et de 18,5 p. 100 respectivement pour les bovins et les ovins, soit un nombre de 29 500 bovins morts. Le taux d'infection des équins oscillait entre 0,8 et 1,46 p. 100 selon les zones.

Tableau I

Taux d'animaux échantillonnés (TE) et d'examens positifs (TEP) à *Cochliomyia hominivorax* dans les différentes provinces

PROVINCES	Nbre de bovins et d'ovins examinés	TE	TEP
Pinar del Río	12	3,1	75
Habana	47	12,2	89
Matanzas	58	15,1	58,6
Villa Clara	55	14,0	29,6
Sancti Spiritus	14	3,6	71,4
Cienfuegos	7	1,8	42,8
Ciego de Avila	68	17,7	64,7
Camaquey	40	10,4	52,5
Tunas	26	6,7	46,1
Holguin	7	1,8	57,1
Granma	16	4,1	81,2
Santiago de Cuba	19	4,9	42,1
Guantánamo	17	4,4	76,4

D'un point de vue épidémiologique, le grand nombre d'espèces hôtes domestiques et sauvages assure la pérennité du parasite à Cuba. Aucun cas de mortalité n'a été signalé dans le cadre de l'étude mais les animaux malades ont été traités lors de l'enquête.

Le tableau II indique que les bovins et ensuite les porcins sont les plus affectés à Cuba. Les caprins apparaissent comme peu parasités.

Tableau II

Taux d'examens positifs (TEP) des espèces affectées par *Cochliomyia hominivorax*

Bovins	Porcins	Ovins	Equins	Canins	Caprins
73,4 ^a	13,7 ^b	8,8 ^b	5,3 ^c	0,4 ^c	1,8 ^c

Les chiffres accompagnés de lettres dissemblables diffèrent suivant le test de Duncan ($p < 0,05$)

Les causes favorisant les plus fréquentes sont les causes classiques décrites dans ce domaine (3) (tableau III) : les blessures (par fil de fer barbelé, écorchures, épines...), suivies par les plaies ombilicales, les plaies par morsures, par castration, par ablation des cornes.

Contrairement à d'autres pays, les plaies des régions vulvaires, périanales, buccales, oculaires et des muqueuses en général, n'apparaissent pas comme des causes importantes (6).

Il est surprenant que, malgré sa large distribution à Cuba, *C. hominivorax* ne se soit pas manifesté jusqu'à présent comme un problème important pour l'élevage. Cela provient sans doute du système de surveillance vétérinaire qui a prévenu le développe-

Tableau III

Taux d'examen positifs (TEP) selon la cause déclenchante des lésions qui favorisent l'infection par *C. hominivorax*

Blessures	Omphalites	Morsures	Castrations	Décornages
54,2 ^a	27,9 ^b	6,9 ^c	6,2 ^c	4,2 ^c

Les chiffres accompagnés de lettres dissemblables diffèrent suivant le test de Duncan ($p < 0,05$)

ment de la lucilie sans en connaître la présence. Depuis de nombreuses années en effet, l'Institut de médecine vétérinaire a préconisé le soin immédiat des blessures et l'application de produits larvicides.

Enfin, le recours systématique aux bains acaricides afin de lutter contre *Boophilus microplus* a certainement contribué à empêcher le développement de la lucilie bouchère, car les produits organophosphorés utilisés agissent également contre les larves de lucilie.

BIBLIOGRAPHIE

1. CARBALLO M., 1991. Aportes nacionales en estudios de dipteros de importancia veterinaria. In : X Congreso Latinoamericano de Parasitología, Montevideo, Uruguay, 17-22 Noviembre 1991, p. 58.

2. DEKAMINSKY R.G., 1993. Nosocomial myiasis by *Cochliomyia hominivorax* in Honduras. *Rev. Soc. trop. Med. Hyg.*, **87** (2): 199-200

3. FAO, 1992. Manual para el control de la mosca del gusano barrenador del ganado *Cochliomyia hominivorax* Coquerel. Roma, Italia, FAO, p. 33-38.

4. FAO, 1993. Anuario de sanidad animal. Roma, Italia, FAO, p. 41.

5. GALVIN T.J., WYSS J.H., 1996. Screwworm eradication program in Central America. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* (in press)

6. HALL M.J.R., 1991. La mosca de gusano barrenador como agente de miasis cutánea. *Rev. mund. Zootec.*, **Octubre** : 8-17.

7. HOEL P.G., 1968. Introduccion a la estadística matemática. La Habana, Cuba, Editora Revolucion, p. 40-43.

8. LINDQUIST D.A., ABUSOWA M., 1991. El gusano barrenador del ganado en Africa del Norte. *Rev. mund. Zootec.*, **Octubre** : 2-7.

9. MENENDEZ I., RODRIGUEZ DIEGO J.G., CRUZ J. de la, 1984. Miasis generalizada fatal por larvas de *Cochliomyia* sp. (Diptera : Calliphoridae) en *Acynomyx jubatus* (Carnivora : Felidae). *Rev. Salud Animal*, **6** (1) : 65-71.

10. MOYA BORJA G., 1991. Miasis cutaneas y berne. Campañas de control de miasis en EUA y Mexico. Presente y futuro del control de las miasis cutaneas en Sudamerica. In : X Congreso Latinoamericano de Parasitología, Montevideo, Uruguay, 17-22 Noviembre 1991, p. 55.

11. TAYLOR D.B., PETERSON R.D., 1994. Population genetics and gene variation in primary and secondary screwworm (Diptera : Calliphoridae). *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **87** (5): 626-629.

Reçu le 17.10.96, accepté le 6.11.96

Summary

Rodriguez Diego J.G., Blandino T., Alonso M., Mendoza E., Seoane G., Fregel N. Presence of cattle screwworms (*Cochliomyia hominivorax*) in Cuba

Screw-worms (*Cochliomyia hominivorax* Coquerel) constitute a serious plight for livestock in the New World, because they inflict high losses on animals and man. A survey was done by means of an epizootic surveillance system with geographic squares to check for the presence of the insects in Cuba. Screw-worms were detected in 54.8 % of myiasis cases all over the island, affecting various animal species, cattle first, followed by swine, sheep and others. Small injuries appeared to be the main enabling factor for screw-worm development. The reasons for the presence of screw-worms without serious consequences on the Cuban livestock are discussed.

Key words: *Cochliomyia hominivorax* - Livestock - Pest survey - Cuba.

Resumen

Rodriguez Diego J.G., Blandino T., Alonso M., Mendoza E., Seoane G., Fregel N. Presencia en Cuba del gusano barrenador del ganado (*Cochliomyia hominivorax*)

El gusano barrenador del ganado (*Cochliomyia hominivorax* Coquerel) constituye una plaga importante para la ganadería del Nuevo Mundo, a causa de las severas pérdidas que provoca en los animales de sangre caliente, e incluso en el hombre. Para verificar la presencia del insecto en Cuba, se llevó a cabo una encuesta, mediante un sistema de vigilancia epizootica por cuadrantes geográficos. El gusano barrenador se detectó en 54,8 p. 100 de los casos de miasis alrededor de la isla, afectando diferentes especies animales, en primer lugar los bovinos, seguidos de porcinos, ovinos y otros. Las pequeñas heridas aparecen como el primer factor predisponente al desarrollo del gusano. Se discuten las causas de la presencia del gusano barrenador en el hato cubano, sin incidencia grave.

Palabras clave : *Cochliomyia hominivorax* - Ganado - Encuesta sobre plagas - Cuba.

Periodic release of *Eimeria* species oocysts from chicken during daytime hours in a tropical environment

M. Mpoame ¹ J. Tchoumboue ²

Key words

Chicken - *Eimeria* - Periodicity - Humidity - Coccidia - Infestation - Feces - Cameroon.

Summary

Every two hours from 6 to 18 hrs, feces were collected from 62 native chickens in Dschang, Western Cameroon. Fecal *Eimeria* oocyst counts were made using a McMaster cell. Oocysts were most abundant at 16 and 18 hrs when air humidity was high. This particular timing of oocyst release was therefore considered adaptive for survival and transmission of coccidia and ideal for diagnosis.

■ INTRODUCTION

A number of parasites especially helminths discharge their dispersal stages with a distinct periodicity which often coincides with the right conditions for survival (2). Such periodicity has also been used for the proper timing of parasite diagnostic procedures (5). In order to document similar cycles in coccidia, the present study attempts to describe the every two hours' variation in fecal oocyst counts from domestic fowl naturally infested with *Eimeria* species.

■ MATERIALS AND METHODS

The study was conducted during the month of August 1995 in Dschang, a small locality in the Western Highlands of Cameroon, at an altitude of 1400 m. Temperature, relative humidity and rain fall varied from 15.4°C to 25.2°C, 64.3 % to 97.5 % and 0.4 mm to 50 mm, respectively. Sixty-two native village chickens (22 males and 40 females) were used in the experiment. They were taken from seven widely scattered households practicing traditional free range husbandry as described by Agbede *et al.* (1).

Each bird was isolated under a bamboo basket 45 cm in diameter and 25 cm high for 24 hrs (from 18 to 18 hrs) and given commercial chicken feed and water *ad libitum*. Within that period, feces were collected in individual plastic bags at 6, 8, 10, 12, 14, 16, and 18 hrs from each bird, and kept at 4°C in a refrigerator until microscopic examination was done within two weeks. The fecal samples collected at 6 hrs had been deposited overnight. The oocyst counts were made in a McMaster cell as described by Thienpont *et al.* (5). A total of 331 fecal samples were processed during the study. In the absence of complementary anatomopathological data from the host, no attempt at specific oocyst identification could be made (4).

The mean number of oocysts per gram of feces (OPG) and total oocyst output for the different collecting periods were compared using ANOVA and the least significant difference test after the data had been transformed to $\log_{10}(x+1)$ due to wide variations. The significance level of the tests was set at 0.05.

■ RESULTS AND DISCUSSION

The highest oocyst total output and concentrations (statistically) irrespective of host sex were found in feces collected at 16 hrs (8461.82 OPG) and 18 hrs (10032.00 OPG) while the lowest counts were observed at 10 hrs (1095.24 OPG) and 12 hrs (2155.10 OPG) (table I).

Feces obtained in the later part of the afternoon would therefore seem more suitable for the detection of coccidial infestations in domestic fowl. It is customary to use feces deposited overnight (5). Given the relatively low oocyst counts in feces collected at 6 hrs, such a procedure might produce false negative results, withholding treatment, which might otherwise proved necessary. On the other hand, since oocysts are about 36 % less concentrated in the morning than in late afternoon fecal samples, positive morning samples would indicate a heavy infestation.

Oocyst counts and relative humidity (computed mean values) closely followed the same pattern of variation, decreasing from 6 to 10 hrs and increasing afterwards (figure 1). High air humidity is likely to maintain feces moist. Since adequate moisture is required for oocyst sporulation (2, 4), it is suggested here that oocysts released when humidity is high have a better chance of sporulating and becoming infective. The observed timing of oocyst discharge in the environment could therefore be an adaptive behaviour for parasite transmission. The species responsible for the noted pattern of temporal variation in fecal oocyst counts could not be identified. Testing with experimental monospecific infestations is needed, with a special consideration given to the recording and analysis of activity and other factors likely to influence excreta and oocyst discharge.

1. Faculty of Science, the University of Dschang, PO Box 67, Dschang, Cameroon

2. Faculty of Agronomy and agricultural Sciences, the University of Dschang, PO Box 222, Dschang, Cameroon

Table I

Temporal variations in the fecal concentration and output of *Eimeria* spp. oocysts in domestic fowls in Dschang, Cameroon

Time	n	Mean OPG ± std. dev.	Mean total oocyst output ± std. dev.
6 hrs	47	3059.6 ± 7006.3 ^{bc}	69835.8 ± 160981.6
8 hrs	35	1857.1 ± 5684.8 ^{bcd}	25795.4 ± 111643.7
10 hrs	42	1095.2 ± 2600.7 ^d	5932.9 ± 13565.3
12 hrs	49	2155.1 ± 5069.9 ^{cd}	24660.8 ± 66075.5
14 hrs	53	3645.3 ± 7798.1 ^b	39599.3 ± 117404.1
16 hrs	55	8461.8 ± 16300.3 ^a	98978.2 ± 358821.7
18 hrs	50	10032.0 ± 16354.0 ^a	84449.4 ± 216129.8

n = sample size; OPG = oocysts/gram of feces

a,b,c,d = means in the same column with dissimilar superscripts are significantly different (P < 0.05).

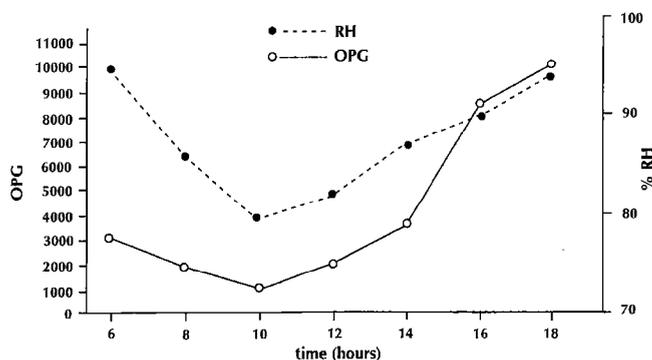


Figure 1: variation in air mean humidity (% RH) and in fecal oocyst counts from domestic fowl naturally infested with *Eimeria* species (OPG = oocysts per gram of feces).

Acknowledgements

The authors thank Mr. G. Dadem for laboratory assistance and all the households who kindly provided the native domestic fowls for the experiment. The meteorological data were provided by the Dschang Station of Cameroon's Institute of agronomic Research.

REFERENCES

1. AGBEDE G., DEMEY F., VERHULST A., BELL J.G., 1992. Prévalence de la maladie de Newcastle dans les élevages traditionnels de poulets au Cameroun. *Revue sci. techn. Off. int. Epizoot.*, **11** : 805-811.
2. BOCH J., SUPPERER R., 1983. *Veterinarmedizinische Parasitologie*. Berlin, Germany, Verlag Paul Parey, 533 p.
3. KENNEDY C.R., 1975. *Ecological Animal Parasitology*. New York, USA, John Wiley & Sons.
4. SOULSBY E.J.L., 1982. *Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals*, 7th ed. London, United Kingdom, Baillière Tindall, 809 p.
5. THIENPONT D., ROCHETTE F., VANPARIJS O., 1979. Diagnostic de verminoses par examen coproscopique. Beerse, Belgique, Janssen Research Foundation, 187 p.

Reçu le 5.5.96, accepté le 14.11.96

Résumé

Mpoame M., Tchoumboue J. Elimination périodique des oocystes d'*Eimeria* chez le poulet pendant la journée en milieu tropical

Toutes les deux heures de 6 à 18 h, les fèces de 62 poulets de race locale ont été prélevées à Dschang dans l'ouest du Cameroun. La numération des oocystes d'*Eimeria* dans ces fèces s'est effectuée à l'aide de la cellule de McMaster. Les oocystes étaient les plus abondants à 16 h et 18 h, lorsque le taux d'humidité de l'air était élevé. La période particulière de libération des oocystes est par conséquent considérée comme une adaptation pour la survie et la transmission des coccidies et comme idéale pour le diagnostic.

Mots-clés : Poulet - *Eimeria* - Périodicité - Humidité - Coccidia - Infestation - Fèces - Cameroun.

Resumen

Mpoame M., Tchoumboue J. Liberación periódica de oocitos de *Eimeria* spp. en pollos, durante el día, en un medio tropical

Cada dos horas, entre las 6 y las 18 hrs, se recolectaron las heces de 62 pollos criollos en Dschang, Camerún del oeste. Se realizaron conteos de oocitos fecales de *Eimeria* mediante la célula de McMaster. Los oocitos fueron más abundantes entre las 16 y las 18 hrs, cuando la humedad ambiente era más elevada. Este horario particular para la liberación de oocitos se consideró como un signo de adaptación para la supervivencia y la transmisión de la coccidia e ideal para el diagnóstico.

Palabras clave : Pollo - *Eimeria* - Periodicidad - Humedad - Coccidia - Infestación - Materia fecal - Camerún.

Teneur en énergie métabolisable et digestibilité des acides aminés chez le coq de deux sous-produits de l'extraction de l'huile : tourteau de palmiste pressé (*Elaeis guineensis*) et germe et son de maïs extrait (*Zea mays*)

M. Vilariño¹ F. Rudeaux² A. León¹ M. Picard³

Mots-clés

Volaille - Coq - Palmiste - Maïs - Germe de céréale - Son - Acide aminé - Valeur énergétique - Composition chimique - Digestibilité - Venezuela.

Résumé

La digestibilité d'un échantillon de tourteau de palmiste vénézuélien (TP) [contenant 92,2 p. 100 de matière sèche (MS) et en pourcentage de MS : 13,5 de protéine brute (PB), 14,6 de matières grasses (MG), 4,6 de matières minérales (MM), 60,7 de parois végétales (PAR) et moins de 1 p. 100 d'amidon et de sucres] est mesurée chez neuf coqs nourris *ad libitum* (30 p. 100 TP + 67 p. 100 maïs témoin + 3 p. 100 prémélange). La valeur d'énergie métabolisable apparente (EMA) de TP est $1\,963 \pm 52$ kcal/kg MS. La digestibilité vraie moyenne des acides aminés de TP est 48 p. 100 (pour la lysine, 26 p. 100). Les mêmes mesures sont faites sur un sous-produit vénézuélien de l'extraction de l'huile et de la farine de maïs contenant les germes et du son (GSME) [85,9 p. 100 MS et en p. 100 MS : 14,1 PB, 1,3 MG, 3,9 MM, 34,2 PAR, 44,0 d'amidon et 6,2 de sucres] à 50 p. 100 dans le régime de test (+ 47 p. 100 maïs témoin + 3 p. 100 prémélange). La valeur EMA de GSME est $2\,648 \pm 28$ kcal/kg MS. La digestibilité vraie moyenne des acides aminés de GSME est de 89 p. 100 (pour la lysine, 82 p. 100). Les coefficients de digestibilité élevés pour les protéines et l'amidon de GSME facilitent la prédiction de sa valeur EMA pour les volailles à partir de l'analyse chimique. Le TP testé est essentiellement une source de lipides résiduels dont la teneur détermine la valeur nutritionnelle pour les volailles.

■ INTRODUCTION

Le développement de l'aviculture dans les pays tropicaux est limité par le coût en devises des matières premières importées pour la fabrication des aliments. Au Venezuela, 40 p. 100 des protéines d'origine animale consommées par la population proviennent de l'aviculture. Ce pays importe 70 p. 100 des matières premières nécessaires pour nourrir les volailles, malgré l'existence de sous-produits disponibles localement. Le principal facteur limitant une utilisation correcte des sous-produits est l'évaluation imprécise de leur valeur nutritionnelle réelle. Ils sont utilisés aujourd'hui sur la base des valeurs moyennes trouvées dans les tables internationales qui peuvent différer sensiblement de la réalité.

Le tourteau de palmiste (TP) a été étudié pour l'alimentation des volailles dans les pays tropicaux (11, 12). Il provient de l'industrie

de l'huile de palme africaine (*Elaeis guineensis*) qui débute au Venezuela. Les disponibilités actuelles de tourteau de palmiste avoisinent 10 000 tonnes par an. Cependant, de 1981 à 1990 au Venezuela, la surface cultivée en palmier à huile a augmenté en moyenne de 5,6 p. 100 par an et la production des fruits de 7,7 p. 100 par an (données du Ministère de l'Agriculture du Venezuela).

Le tourteau de germe et de son de maïs obtenu par extraction (GSME) provient de la production de farine et d'huile de maïs. Plus de 20 millions de vénézuéliens consomment traditionnellement un petit pain fait avec une farine précuite qui est obtenue à partir du maïs. Les résidus de cette fabrication (germes et son) sont utilisés pour l'extraction de l'huile, ce qui donne deux produits essentiels pour la consommation humaine (la farine et l'huile) et laisse des quantités importantes de tourteaux utilisables pour l'alimentation animale (330 000 tonnes/an en 1993, selon l'entreprise Remavenca).

L'analyse chimique des matières premières, essentiellement les dosages de l'amidon, des sucres, des matières grasses, des acides aminés et des parois végétales ont une valeur prédictive de la va-

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

2. Sanders Aliments, BP 32, 91201 Athis Mons Cedex, France

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

leur nutritionnelle pour les volailles. Cependant, dans une démarche logique pour évaluer une matière première mal connue, l'analyse chimique doit être suivie de tests d'acceptabilité (ingestion/toxicité) puis d'essais de bilan digestif et d'expériences zoo-techniques (17). L'évaluation directe sur les animaux de la digestibilité des nutriments est une étape essentielle, spécialement pour les sous-produits encore mal identifiés et ayant subi des traitements technologiques (14).

Ce travail a pour but de mesurer la valeur nutritionnelle de deux échantillons représentatifs des sous-produits majeurs utilisables au Venezuela pour alimenter les volailles.

■ MATERIEL ET METHODES

Matières premières

Le tourteau de palmiste (TP) est le résidu de l'extraction par pression de l'amande contenue dans les fruits du palmier à huile (*Elaeis guineensis*), dont une partie de l'huile reste dans le tourteau. L'échantillon étudié a été produit par la principale entreprise productrice au Venezuela : Bananera Venezolana C.A. (Edo. Yaracuy). Après l'extraction de l'huile de palme, la noix a été récupérée. L'amande contenue dans cette noix a été broyée, tamisée puis cuite avec de l'eau et enfin pressée dans une vis sans fin pour extraire l'huile de palmiste (procédé *expeller*). Le tourteau de palmiste restant a été à nouveau moulu.

Le sous-produit de l'extraction du germe et du son de maïs (GSME) est issu du traitement industriel du maïs à sec (il diffère du traitement par voie humide pour l'obtention de l'amidon). Après séparation de l'endosperme, produit principal utilisé pour l'élaboration d'une farine de consommation humaine, le son et les germes ont été soumis à une trituration et chauffés pour l'extraction par solvant de l'huile de maïs. Le tourteau résultant a été toasté (pour récupérer l'hexane) et refroidi, donnant le GSME. Bien qu'il existe une variabilité certaine des procédés utilisés au Venezuela pour la production de GSME et que toutes les variantes ne soient pas publiées, l'échantillon étudié est représentatif d'une production majoritairement disponible sur le marché (10). Il a été produit par Remavenca (Edo. Aragua).

Composition chimique

Les matières premières (TP, GSME et maïs témoin) ont été analysées par Sanders Aliments pour la détermination des teneurs en matière sèche, protéine brute, matière grasse (sans hydrolyse), cellulose brute, amidon (méthode Ewers), sucres (méthode Luffshorl), parois végétales (4) et matière minérale (suivant la norme AFNOR pour chaque constituant). La cellulose brute a été dosée pour donner une référence par rapport aux mesures publiées, toutefois, seule l'évaluation réelle des parois végétales a permis d'évaluer la fraction fibreuse indigestible chez les volailles (5).

Energie métabolisable apparente (EMA)

La concentration en EMA des matières premières a été mesurée à la station de Sanders Aliments à Sourches selon une méthode de bilan digestif adaptée de la méthode européenne (3). Les mesures ont porté sur 27 coqs adultes non caectomisés de souche ISA Brown âgés de 11 mois et logés dans des cages avec plateaux de récoltes des fientes.

La souche ISA Brown est la principale souche de ponte au Venezuela. Il s'agit d'une souche demi-lourde dont les coqs sont les plus fréquemment utilisés dans les tests de bilan digestifs car ils sont plus calmes et présentent un niveau d'ingestion supérieur aux Leghorn.

Trois régimes ont été préparés : RT = régime témoin [97 p. 100 maïs + 3 p. 100 complément minéral vitaminé (CMV)], RTP = régime tourteau de palmiste (67 p. 100 maïs + 30 p. 100 TP + 3 p. 100 CMV) et RGSME = régime GSME (47 p. 100 maïs + 50 p. 100 GSME + 3 p. 100 CMV). Chaque régime a été consommé *ad libitum* par neuf coqs adultes, pendant 48 h, puis la consommation a été réduite à 90 p. 100 de l'ingéré *ad libitum*, pendant une phase d'adaptation de 31 h. La période de mesure (consommation *ad libitum* et collecte complète de fèces) a duré trois jours, précédée et suivie par deux périodes de jeûne : 24 h avant (sans collecte) et 24 h après (avec collecte). La consommation d'aliments et le poids des fèces ont été mesurés. Les concentrations en énergie brute (EB) des fèces collectés (conservés à -20°C et lyophilisés) ainsi que celle des régimes et des matières premières utilisés ont été mesurés dans un calorimètre adiabatique. Les calculs ont été corrigés pour les variations de matière sèche et l'EMA calculée selon la formule :

$$EMA = [(MSI \times EBA) - (QE \times EBF)]/MSI$$

où, MSI = matière sèche ingérée ; EBA = énergie brute de l'aliment ; EBF = énergie brute des fèces et QE = quantité des fèces excrétés.

L'EMA des matières premières a été calculée pour chaque coq par différence entre l'apport énergétique total de l'aliment et l'apport provenant de la portion de maïs inclus dans chaque régime.

Concentration et coefficient de digestibilité vraie des acides aminés (DVA)

Les fèces des coqs de chaque régime, issus de la détermination d'EMA, ainsi qu'un échantillon des matières premières ont été utilisés pour la détermination du profil d'acides aminés. Un mélange de quantités aliquotes des fèces excrétés a été réalisé avant l'analyse. Les acides aminés ont été séparés sur colonne échangeur d'ions après deux hydrolyses acides de 24 h, l'une directe et l'autre après oxydation (8). Le tryptophane a été dosé par chromatographie liquide à haute pression après hydrolyse par de la soude. Les coefficients de digestibilité apparente (DAA) et vraie (DVA) de chaque acide aminé ont été calculés selon les formules :

$$DAA = (QAAcons - QAAexc)/QAAcons$$

$$DVA = [QAAcons - (QAAexc - QAAend)]/QAAcons$$

où, QAAcons = quantité consommée de l'acide aminé ; QAAexc = quantité totale excrétée de l'acide aminé ; QAAend = quantité excrétée de l'acide aminé d'origine endogène. Cette dernière a été estimée en considérant que chaque coq élimine quotidiennement 300 mg d'un ensemble d'acides aminés d'origine endogène (13). Afin de limiter l'imprécision induite par cette approximation et pour faciliter les comparaisons avec d'autres travaux, les valeurs de digestibilité apparente sont également présentées. Cependant, compte tenu de l'incidence des excrétions endogènes d'acides aminés sur le bilan digestif, les valeurs de digestibilité corrigées pour les pertes endogènes (DVA) donnent l'estimation la plus proche de la réalité (13).

Les mesures individuelles d'EMA ont permis de calculer la moyenne et l'écart type pour chaque matière première.

■ RESULTATS ET DISCUSSION

Deux coqs malades ont été éliminés des calculs (l'un consommant le régime témoin RT et l'autre consommant le régime RTP) ce qui a ramené les effectifs de ces deux traitements à huit coqs individuels.

Tourteau de palmiste

L'échantillon de tourteau de palmiste analysé présentait une concentration élevée d'huile résiduelle (14,6 p. 100 MS de matières grasses, tableau I). Les parois végétales (PAR) de cette matière première représentaient 60,7 p. 100 du poids sec. Cette mesure, très supérieure aux 30 p. 100 de cellulose brute, représentait pour les volailles la fraction fibreuse indigestible contenue dans la matière première (5).

Tableau I

Composition chimique et énergie métabolisable apparente (EMA)¹ du maïs témoin, tourteau de palmiste pressé et du germe et son de maïs extrait

Composition chimique	Maïs	Tourteau de palmiste pressé	Germe et son de maïs extrait
Matière sèche (MS) %	86,62	92,25	85,93
Protéine brute (PB) % MS	10,15	13,50	14,07
Matière grasse (MG) % MS	4,11	14,55	1,30
Matière minérale (MM) % MS	1,47	4,50	3,92
Amidon (A) % MS	69,79	0,29	43,97
Sucres (S) % MS	1,51	0,50	6,18
Cellulose brute (CB) % MS	3,13	30,00	7,05
Parois végétales (PAR) % MS	11,89	60,65	34,21
EMA (kcal/kg MS) ²	3 796 ± 13	1 963 ± 52	2 648 ± 28
EM/E brute (%)	83,96	36,69	61,14
EM calculé à partir de formules de prédiction pour aliments complets (kcal/kg de MS)			
EM Sibbald et coll. (16) ³	3 595	1 647	2 619
EM Härtel (9) ⁴	3 555	1 631	2 554

1. Méthode européenne de détermination de EM *in vivo*.

2. Moyennes de 8 à 9 coqs ± écarts types par traitement.

3. $EM \text{ (kcal/kg MS)} = (35,2 \times PB) + (78,5 \times MG) + (41 \times A) + (35,5 \times S)$

4. $EM \text{ (kcal/kg MS)} = (36,1 \times PB) + (76,9 \times MG) + (40,6 \times A) + (26,1 \times S)$

La valeur mesurée en EMA (1 963 kcal/kg MS) était supérieure à celle calculée à partir de deux équations de prédiction d'usage courant pour l'estimation des régimes complets [1 647 et 1 631 kcal/kg ; respectivement, Sibbald (16) et Härtel (9)]. Cette divergence peut être due, soit à une extraction incomplète des matières grasses pour l'analyse chimique, soit parce que la valeur

d'EMA n'est pas corrigée pour un bilan azoté nul. Cependant, chez le coq adulte nourri *ad libitum*, les bilans azotés sont le plus souvent proches de zéro, donc les valeurs de EMAn et EMA sont très voisines (6). Le risque d'une récolte incomplète de fèces due aux effets de la matière première riche en fibres sur le transit digestif ne peut être complètement écarté bien que la récolte dure 24 h après la fin de la période de consommation. La valeur de 1 963 kcal/kg MS doit être considérée comme une valeur maximale d'autant que les protéines sont très mal digérées.

Les protéines (13,5 p. 100 MS) et acides aminés (tableau II) du tourteau de palmiste ont une digestibilité vraie très faible (48 p. 100 pour l'ensemble des acides aminés et 26 p. 100 pour la lysine). Cela pourrait être dû, soit au traitement thermique, soit aux protéines de cette matière première liées aux parois végétales dont la digestibilité est presque nulle chez les volailles (5).

La richesse en fibres végétales du tourteau de palmiste conduit à s'interroger sur leurs effets éventuels sur l'excrétion endogène d'acides aminés. En effet, la digestion d'un aliment riche en fibre pourrait augmenter la desquamation intestinale et les sécrétions digestives, ce qui pourrait accentuer l'élimination d'acides aminés d'origine endogène. L'analyse des fientes ne permet pas de distinguer l'origine des acides aminés excrétés et cet effet pourrait fausser l'évaluation de la digestibilité du tourteau de palmiste. Cependant, cette hypothèse ne semble pas vérifiée chez le coq par les travaux mesurant l'effet des fibres sur l'excrétion endogène avec des régimes protéoprives (7). L'addition de 12 p. 100 d'enveloppes de maïs broyées ou de cellulose semi-purifiée n'augmente pas l'excrétion endogène de coqs de même type génétique que ceux de la présente étude. La proportion de fibres dans les régimes contenant 30 p. 100 de tourteau de palmiste (tout comme celle de l'aliment contenant 50 p. 100 de GSME) est d'environ 15 p. 100, donc peu différente des 12 p. 100 testés par Green (7). Toutefois, la méthode de gavage utilisée par cet auteur (indispensable pour les régimes protéoprives) limite l'ingestion à 50 g, ce qui est susceptible de limiter les effets quantitatifs des fibres. En l'absence de preuve contraire il est donc difficile d'attribuer aux fibres la faible digestibilité des acides aminés observée dans le présent essai.

Avec des régimes riches en fibres, une fermentation accrue des bactéries des caeca peut être, sur des coqs intacts, responsable d'une légère diminution de l'excrétion endogène d'acides aminés avec des aliments protéoprives (7). L'effet de ces fermentations microbiennes existe chez des volailles de production. Comme dans le cas des fibres, l'influence des caeca pourrait alimenter une discussion sur les valeurs correctives utilisées pour la transformation de la digestibilité apparente en digestibilité «vraie» (tableau II). Les pertes endogènes constituent, comme l'indigestible, une perte pour l'animal et avec des coqs nourris *ad libitum* les corrections pour l'endogène ont un poids relatif beaucoup plus faible qu'avec des animaux gavés. Les mesures réalisées suggèrent donc que les protéines du tourteau de palmiste sont peu digestibles et qu'il serait illusoire, dans le cas de l'échantillon étudié, de formuler un aliment sur la base des teneurs des tables en acides aminés totaux.

Les résultats de ce travail diffèrent de ceux rapportés par Onwudike (12) qui a obtenu une valeur moyenne du TP en EMA de 2 652 kcal/kg de matière sèche et une digestibilité vraie des acides aminés de 83 p. 100 en moyenne et de 89 p. 100 pour la lysine. Le calcul de l'EMA à partir des résultats de composition chimique publiés par cet auteur (PB = 19 p. 100 ; MG = 8 p. 100) permet une estimation d'environ 1 300 kcal/kg MS, ce qui suggère une surévaluation de l'EMA plus marquée encore que dans la présente étude. La mesure de digestibilité des acides aminés a été réalisée par Onwudike sur un tourteau dont la teneur en cellulose brute publiée était de 11,2 p. 100 (c'est-à-dire inférieure à celle de

Tableau II

Concentrations moyennes en acides aminés et coefficients de digestibilité (en %) apparente (DAA) et vraie (DVA) chez le coq adulte des matières premières évaluées
(Analyses d'acides aminés sur matières premières et échantillons de fientes regroupés de 8 ou 9 coqs par matière première)

Acides aminés	Maïs			Tourteau de palmiste			Germe et son de maïs		
	% MS	Digestibilité DAA	DVA	% MS	Digestibilité DAA	DVA	% MS	Digestibilité DAA	DVA
Acide aspartique	0,65	81	89	0,94	46	50	1,02	83	88
Thréonine	0,37	79	88	0,34	43	49	0,54	76	80
Sérine	0,48	86	93	0,43	52	58	0,65	85	90
Acide glutamique	1,97	91	95	2,31	54	57	2,11	90	93
Proline	0,89	92	95	0,42	28	33	0,95	89	91
Glycine	0,37	74	91	0,55	36	44	0,67	80	88
Alanine	0,72	89	94	0,49	41	46	0,86	86	89
Cystine	0,20	84	94	0,13	25	35	0,30	87	92
Valine	0,50	86	92	0,66	56	59	0,71	85	89
Méthionine	0,20	89	94	0,26	65	68	0,28	90	93
Isoleucine	0,36	86	93	0,46	46	50	0,45	85	89
Leucine	1,29	93	96	0,82	54	57	1,16	90	92
Tyrosine	0,42	88	93	0,31	46	51	0,44	85	87
Phénylalanine	0,48	89	94	0,50	56	59	0,57	89	90
Lysine	0,28	70	82	0,23	16	26	0,61	77	82
Histidine	0,29	90	94	0,14	27	33	0,38	89	92
Arginine	0,45	87	94	1,09	72	74	0,94	91	94
Tryptophane	0,08	75	87	0,12	38	44	0,16	82	76
Total	10,00	85	92	10,20	44	48	12,80	85	89

l'échantillon de TP étudié) et avec une méthode utilisant un marqueur pour détecter le début et la fin de la brève émission des fèces (4 h), ce qui pouvait altérer la précision. Enfin, l'«extractif non azoté» mentionné par cet auteur n'a aucun sens en nutrition dans un produit dépourvu d'amidon. Les tables internationales (15) proposent une valeur d'EMA du TP de 1 490 kcal/kg MS pour un tourteau extrait au solvant, donc presque dépourvu de matières grasses (1,7 p. 100 MS). Cette estimation semble trop élevée pour un tourteau qui apporte essentiellement des protéines peu digestibles et des fibres végétales.

Ogbonna et coll. (11) ont étudié la valeur nutritionnelle de trois échantillons différents de tourteau de palmiste. L'un d'entre eux présentait une composition chimique très voisine de celle de TP (PB = 14,2 p. 100 MS, MG = 13,5 p. 100 MS et CB = 24,7 p. 100 MS). Ils ont mesuré sur des poulets âgés de 44 jours une digestibilité apparente des protéines de 65 p. 100 pour un régime contenant 40 p. 100 de ce tourteau. La farine de poisson, autre constituant protéique du régime, ayant une digestibilité élevée (environ 80 p. 100), la faible digestibilité du mélange peut être attribuée au tourteau de palmiste. Un calcul approximatif effectué à partir des données publiées par ces auteurs indiquerait une digestibilité moyenne des protéines du TP d'environ 20 à 30 p. 100.

Sous-produit du germe et du son de maïs extrait

Le GSME présentait des concentrations en protéines brutes (14,1 p. 100 MS, tableau I) et en acides aminés (tableau II) supé-

rieures à celle du maïs entier. La concentration élevée en paroi végétales (34,2 p. 100 MS) de GSME était compensée par une teneur élevée en amidon (44 p. 100 MS) et en sucres (6,2 p. 100 MS).

La concentration en parois végétales de GSME a réduit la fraction digestible par rapport à une céréale et seulement 61 p. 100 de l'énergie brute de ce sous-produit ont été métabolisés chez le coq (EMA = 2 648 kcal/kg MS), provenant essentiellement de l'amidon. La concentration d'EMA mesurée était comparable à celles calculées à partir des équations de prédiction pour les aliments composés [2 619 et 2 554 kcal/kg MS ; respectivement, Sibbald et coll. (16) et Härtel (9)]. La digestibilité vraie des acides aminés (89 p. 100) était voisine de celle de la céréale (92 p. 100). Le régime contenant GSME présentait un taux de fibres voisin de celui contenant TP et la digestibilité des acides aminés était cependant élevée dans les mêmes conditions de mesure, ce qui suggère que la teneur en paroi végétale n'est pas responsable d'erreurs importantes dans l'évaluation de l'excrétion endogène d'acides aminés.

Il est difficile de trouver des travaux publiés étudiant un GSME correspondant exactement à la production assez spécifique du Venezuela. Barbieri et Casiraghi (1) ont étudié un sous-produit de germe de maïs extrait provenant de certains pays européens où la moitié du tourteau de germes de maïs était issu d'un traitement à sec (Italie et Allemagne = 30 000 tonnes/an chacun en 1979). Le produit analysé contenait en moyenne 17,8 p. 100 MS de protéines brutes digestibles à 75 p. 100 (digestibilité mesurée *in vitro*), 1,5 p. 100 MS de matière grasse et 6,1 p. 100 MS de cellulose

brute. Cependant, le schéma de traitement industriel indiqué par ces auteurs semble légèrement différent par les conditions de préparation des germes avant l'extraction à l'hexane (floconnage et humidification) de celui utilisé pour l'obtention du GSME étudié (trituration et chauffage avec vapeur).

Le sous-produit de germe de maïs analysé par Blessin et coll. (2) est plus concentré en protéines (25 p. 100) que le GSME vénézuélien maïs avec un profil d'acides aminés assez proche de celui rapporté du tableau II (si on les compare en g d'acides aminés/100 g d'acides aminés). Toutefois, l'introduction de son dans des proportions différentes de GSME (et non précisées) limite les comparaisons possibles.

Les deux sous-produits analysés dans cet article caractérisent deux situations distinctes fréquemment rencontrées dans l'étude des sous-produits tropicaux. Le TP est une matière première courante pour laquelle beaucoup de mesures existent. Les teneurs moyennes en fibres végétales et en huile varient cependant considérablement d'une publication et d'une table à l'autre. La variabilité du procédé industriel induit sans doute des traitements thermiques variables en intensité qui rendent les acides aminés plus ou moins indigestibles et il est difficile de prédire la valeur nutritionnelle de ce tourteau pour les volailles sans une détermination précise de cette digestibilité. Dans l'échantillon analysé, seuls les lipides restant à l'issue d'une extraction incomplète constituent une source d'énergie significative pour l'aviiculture.

L'autre exemple est celui d'un sous-produit issu d'une industrie agro-alimentaire locale qui a développé ses propres procédés : le GSME. Dans ce cas, si cette étude préliminaire montre que l'échantillon analysé est très bien géré par les volailles et qu'une analyse d'amidon et d'azote pourrait suffire à caractériser sa valeur nutritionnelle, il reste néanmoins à vérifier la représentativité de l'échantillon testé et la variabilité existant d'une usine à l'autre. Plusieurs études de l'Université centrale du Venezuela (10) suggèrent que cette variabilité n'est pas considérable si on se réfère aux teneurs en protéines brutes (de $13,7 \pm 0,7$ p. 100 MS à $15,4 \pm 0,4$ p. 100 MS entre usines extrêmes) et cellulose brute (de $6,3 \pm 0,4$ p. 100 MS à $7,4 \pm 0,3$ p. 100 MS entre usines extrêmes). Compte tenu de la production de plus de 300 000 tonnes/an de ce sous-produit, la poursuite des mesures de digestibilité sur des échantillons très différents permettrait de valider des données utilisables en formulation pratique.

La plupart des pays tropicaux produisent des quantités importantes de sous-produits des céréales consommées par l'homme qui représenteraient des ressources déterminantes pour l'essor de productions avicoles mieux intégrées à l'économie nationale, si leur valeur nutritionnelle était exactement évaluée (14).

Les équations de prédiction de la valeur énergétique utilisées ici s'appliquent-elles à des matières premières pures ? Le choix des deux équations se justifie par le fait que les coefficients s'appliquent aux principaux nutriments réellement utilisés par les volailles comme sources d'énergie. Ainsi les équations de Sibbald et coll. et Härtel, dont les coefficients diffèrent peu, représentent une transformation logique de l'analyse chimique de l'aliment en termes énergétiques. Cette propriété n'est pas généralisable à l'ensemble des équations de prédictions dont beaucoup sont établies pour une matière première et utilisent des termes indirects comme la teneur en fibres ou en matières minérales qui ne sont pas des nutriments énergétiques pour les volailles. Les aliments testés ici ne s'éloignent pas beaucoup de ce que serait un aliment complet pour le coq adulte dont les besoins protéiques et minéraux sont réduits à l'entretien. La difficulté des sous-produits est qu'il n'existe pas d'équations spécifiques fiables établies sur un nombre suffisant

d'échantillons de caractéristiques précisément établies. Les résultats de cette étude montrent que lorsqu'une analyse chimique complète est pratiquée, les teneurs en protéines, amidon, sucres et matières grasses permettent une prédiction acceptable des valeurs d'énergie métabolisable. La comparaison entre la mesure directe de la valeur énergétique d'une matière première et celle déduite de sa composition chimique est un exercice indispensable à la validation des techniques de mesure de la digestibilité.

Les méthodes *in vivo* de bilan digestif mesurent la valeur nutritionnelle réelle des deux sous-produits maïs elles sont lourdes et coûteuses pour être utilisées couramment. Néanmoins, l'emploi des valeurs moyennes trouvées dans des tables ou mesurées sur des produits «semblables», entraîne un risque majeur d'erreur dans la formulation des rations. La valeur nutritionnelle du TP pour les volailles semble essentiellement liée aux lipides résiduels qu'il contient et inversement proportionnelle à sa teneur en fibres végétales car les acides aminés semblent peu digestibles. Le traitement d'extraction de l'huile de palmiste peut donc faire sensiblement varier l'intérêt pratique du tourteau dans l'alimentation des volailles. Le GSME a, par contre, une digestibilité élevée des acides aminés et sa concentration énergétique semble correspondre aux teneurs analytiques en amidon, matières grasses, sucres et protéines.

Remerciements

Nous remercions Sanders Aliments et Rhône Poulenc Animal Nutrition pour leur aide essentielle dans la réalisation scientifique de ces mesures et pour leur compréhension des problèmes de nutrition des volailles sous d'autres latitudes.

BIBLIOGRAPHIE

1. BARBIERI R., CASIRAGHI E.M., 1983. Production of a food grade flour from defatted corn germ meal. *J. Feed Sci. Technol.*, **18**: 35-41.
2. BLESSIN C.W., GARCIA W.J., DEATHERAGE W.L., CAVINS J.F., INGLETT G.E., 1973. Composition of three food products containing defatted corn germ flour. *J. Feed Sci. Technol.*, **38**: 3326.
3. BOURDILLON A., CARRE B., CONAN L., DUPERRAY J., HUYGHEBAERT G., LECLERCQ B., LESSIRE M., MCNAB J., WISEMAN J., 1990. European reference method for the *in vivo* determination of metabolisable energy with adult cockerels: Reproductibility, effect of food intake and comparison with individual laboratory methods. *Br. Poult. Sci.*, **31**: 557-565.
4. CARRE B., BRILLOUET J.M., 1989. Determination of water-insoluble cell walls in feeds: inter-laboratory study. *J.A.O.A.C.*, **72**: 463-467.
5. CARRE B., LECLERCQ B., 1985. Digestion of polysaccharides, protein and lipids by adult cockerels fed on diets containing a pectic cell-wall material from white lupin (*Lupinus albus* L) cotyledon. *Br. J. Nutr.*, **54**: 669-680.
6. CARRE B., ROZO E., 1990. La prédiction de la valeur énergétique des matières premières destinées à l'aviiculture. *Prod. Anim.*, **3** (3) : 163-169.
7. GREEN S., 1988. Effect of dietary fibre and caecectomy on the excretion of endogenous amino acids from adult cockerels. *Br. Poult. Sci.*, **29**: 419-429.
8. GREEN S., BERTRAND S.L., DURON M.J.C., MAILLARD R., 1987. Digestibilities of aminoacids in maize, wheat and barley meals, determined with intact and caecectomized cockerels. *Br. Poult. Sci.*, **28**: 631-641.
9. HÄRTEL von H., 1977. Beziehungen zwischen der N-Korrigierten umsetzbaren Energie und den Nährstoffgehalten des Futters beim Huhn. *Arch. Geflügelk.*, **41**: 152-181.

10. NUÑEZ M.A., 1993. Utilización de algunos subproductos agroindustriales del maíz en la alimentación de aves. Rapport de maestria, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela, 31 p.
11. OGBONNA J.U., LONGE O.G., LEGEL S., 1988. Investigations of the digestibility of proximate composition of commercial palm kernel meal in broiler chicks rations. *Arch. Anim. Nutr.*, **38**: 215-219.
12. ONWUDIKE O.C., 1986. Palm kernel meal as a feed for poultry. 1. Composition of palm kernel meal and availability of its amino acids to chicks. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **16**: 179-186.
13. PICARD M., BOURDON D., LE DIVIDICH J., 1984. Methods of estimating digestibility and metabolism of crop residues and agro-industrial by-products in monogastric species in developing countries. In: Proc. FAO/ILCA, Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding: research guidelines, Addis Ababa, Ethiopia, 5-9 March 1984. Rome, Italy, FAO, p. 163-184. (Animal production and health, No. 50).
14. PICARD M., LEON A., 1990. Méthodes d'évaluation et de contrôle des matières premières. In : Sauveur B. ed., L'aviculture en Méditerranée, Colloque du Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes, Belgrade, Yougoslavie, 5-7 novembre 1987. Paris, France, CIHEAM, p. 71-79. (Séminaire méditerranéen n°7, Série A)
15. RHONE POULENC ANIMAL NUTRITION, 1993. Feed formulation guide, 6th ed. Antony, France, Rhône Poulenc Animal Nutrition, 39 p.
16. SIBBALD I.R., CZARNOCKI J., SLINGER J., ASHTON G., 1963. The prediction of the metabolizable energy content of poultry feedingstuffs from a knowledge of their chemical composition. *Poult. Sci.*, **42**: 486-492
17. WALDROUP P.W., 1982. Influence of environmental temperature on protein and amino acid needs of poultry. *Feed Proc.*, **41** (11): 2821-2823.

Reçu le 24.10.96, accepté le 18.12.96

Summary

Vilariño M., Rudeaux F., León A., Picard M. Metabolizable energy and digestible amino acids contents in cockerels of two oil extracted by-products: palm kernel meals (*Elaeis guineensis*) and germ-bran extracted maize (*Zea mays*)

Digestibility of one Venezuelan palm kernel meal (PKM) sample [containing 92.2 % dry matter (DM), 13.5 % DM crude protein (CP), 14.6 % DM fat (F), 4.6 % DM ashes (A), 60.7 % DM cell wall fibre (P) and less than 1 % starch and sugar] was measured in nine cockerels fed *ad libitum* (30 % PKM + 67 % of a control maize + 3 % premix). The measured metabolizable energy content (ME) of PKM was 1963 ± 52 kcal/kg DM. The average true digestibility of amino acids from PKM was 48 % (26 % for lysine). One sample of a Venezuelan common maize by-product resulting from flour and oil extraction and made of germs and bran (BPM) [85.9 % DM, and in percentage of DM: 14.1 CP, 1.3 F, 3.9 A, 34.2 P, 44.0 starch and 6.2 sugar] was similarly tested with a 50 % BPM inclusion level in the diet (+ control maize 47 % and premix 3 %). The measured ME content of BPM was 2648 ± 28 kcal/kg DM. The real average digestibility of amino acids of BPM was 89 % (82 % for lysine). High digestibility of protein and starch in BPM helps predict its nutritional value for chickens through chemical analyses. The tested PKM was essentially a source of residual fat, whose content determines its nutritional value for poultry.

Key words: Poultry - Cock - Palm kernel - Maize - Cereal germ - Bran - Amino acid - Energy value - Chemical composition - Digestibility - Venezuela.

Resumen

Vilariño M., Rudeaux F., León A., Picard M. Contenido en energía metabolizable y digestibilidad de los amino ácidos en el gallo, de dos sub productos extraídos de aceite: torta de palmito prensado (*Elaeis guineensis*) y germen y afrecho de extracto de maíz (*Zea mays*)

Se midió la digestibilidad de una muestra de torta de palmito venezolano (TP) [conteniendo 92,2 p. 100 de materia seca (MS) y, en porcentaje de MS: 13,5 de proteína bruta (PB), 14,6 de grasas (MS), 4,6 de minerales (MM), 60,7 de paredes vegetales (PAR) y menos de 1 p. 100 de almidones y azúcares] en nueve gallos alimentados *ad libitum* (30 p. 100 TP + 67 p. 100 de maíz control + 3 p. 100 de pre mezcla). El valor de la energía metabolizable aparente (EMA) de la TP es de 1 963 ± 52 kcal/kg MS. La digestibilidad real promedio de los amino ácidos de la TP es de 48 p. 100 (26 p. 100 para la lisina). Se realizaron las mismas medidas en un sub producto venezolano, a partir de extractos de aceite y de harina de maíz, conteniendo los gérmenes y el afrecho (GSME) [85,9 p. 100 MS y en porcentaje de MS: 14,1 PB, 1,3 MG, 3,9 MM, 34,2 PAR, 44,0 de almidón y 6,2 de azúcares] a 50 p. 100 del régimen de prueba (+ 47 p. 100 maíz control + 3 p. 100 pre mezcla). El valor EMA de la GSME es de 2 648 ± 28 kcal/kg MS. La digestibilidad real promedio de los amino ácidos de GSME es de 89 p. 100 (82 p. 100 para la lisina). Los altos coeficientes de digestibilidad para las proteínas y el almidón de la GSME facilitan la predicción del valor EMA para las aves, a partir del análisis químico. La TP examinada es esencialmente una fuente de lípidos residuales, cuyo contenido determina el valor nutricional para las aves.

Palabras clave : Ave de corral - Gallo - Almendra de palma - Maíz - Germen de cereal - Salvado - Aminoácido - Valor energético - Composición química - Digestibilidad - Venezuela.

Effet du passage par le tractus digestif des ruminants domestiques sur la germination des graines de légumineuses ligneuses des zones tropicales sèches

P. Danthu^{1, 2*} A. Ickowicz^{3, 4} D. Friot^{3, 4}

D. Manga¹ A. Sarr¹

Mots-clés

Légumineuse ligneuse - Germination - Ruminant - Digestion - Excrétion - Graine - Zone tropicale - Zone aride - Sénégal.

Résumé

La survie et la germination des graines de sept espèces de légumineuses ligneuses (*A. nilotica adansonii*, *A. raddiana*, *A. senegal*, *A. seyal*, *B. rufescens*, *F. albida* et *P. juliflora*) ont été étudiées après ingestion et excrétion par des bovins, des ovins et des caprins.

Cette étude montre que :

- les graines dures restent intactes et conservent leur viabilité après excrétion par les ruminants domestiques alors que les graines aux téguments perméables sont détruites ;

- les bovins excrètent significativement plus de graines intactes que les petits ruminants. Cette différence semble liée essentiellement à l'activité masticatoire plus importante chez les ovins et les caprins ;

- la germination des graines dures n'est pas améliorée après passage dans le tractus digestif des ruminants.

Au total, l'ingestion par les ruminants domestiques ne peut être considérée comme un facteur favorisant la levée de dormance des graines dures, mais seulement comme un moyen de dissémination de graines intactes.

■ INTRODUCTION

Les légumineuses arborescentes ou arbustives des zones arides ou semi-arides sont très généralement des arbres à usages multiples utilisés dans les divers systèmes pastoraux ou agroforestiers des régions tropicales. Certaines interviennent dans la protection des sols contre l'érosion (1, 18). D'autres, comme *Faidherbia albida*, ont un rôle de régénérateur de la fertilité des sols grâce à leur symbiose fixatrice de l'azote atmosphérique (12, 16, 36). Elles donnent du bois de feu et entrent dans la nutrition humaine (18). *Acacia senegal* est la principale espèce productrice de gomme ara-

bique (21). Certaines espèces, en particulier *Acacia raddiana*, *Prosopis juliflora*, *Faidherbia albida* ou *Acacia nilotica* sont productrices de fourrage, contribuant ainsi largement à l'alimentation du bétail (2, 3, 22, 23, 29, 43). Leurs feuilles, leurs gousses et surtout leurs graines généralement riches en protéines présentent souvent une bonne valeur nutritive et sont très largement consommées par les animaux sauvages ou domestiques, faisant de ces derniers des vecteurs efficaces de la dispersion des semences de ces espèces fourragères (24, 32, 35, 47). De fait, la présence de graines viables dans les fèces de divers animaux et en particulier de grands mammifères est attestée pour beaucoup de légumineuses des genres *Acacia* et *Faidherbia* (9, 10, 15, 24, 25, 27, 28, 33, 34, 37, 47), *Enterolobium* (30, 31) ou *Prosopis* (4, 6, 26).

Or, les graines de légumineuses des zones sèches sont généralement dures. Elles possèdent des téguments imperméables à l'eau et l'oxygène induisant une inhibition tégumentaire (45, 46). Cette dormance permet la conservation à long terme des semences, mais nécessite d'être levée avant semis sous peine d'obtenir des germinations très erratiques (7, 8). Les traitements les plus courants sont

1. ISRA- Productions Forestières, BP 2312, Dakar, Sénégal

2. CIRAD- Forêt, BP 1716, Dakar, Sénégal

3. ISRA- Productions Animales, BP 2057, Dakar, Sénégal

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

* Auteur correspondant : ISRA- PF, BP 2312, Dakar, Sénégal

Tel : 221-32-32-19 ; Fax : 221-21-18-79 ; E-mail : danthu@isra.refer.sn

la scarification mécanique et chimique (utilisation d'acide sulfurique concentré) (14, 42).

De nombreux auteurs ont envisagé le passage des graines dans le tractus digestif des animaux comme un moyen possible de hâter et/ou d'augmenter la germination des espèces considérées. Les résultats sont cependant contradictoires. Certains auteurs trouvent que la germination des graines de légumineuses ligneuses est améliorée après ingestion et défécation par divers grands herbivores. C'est le cas pour *Acacia senegal* (9), *A. tortilis* (34, 37), *A. eriolaba* (28), divers acacias du désert du Negev (25).

Cependant, Wickens (47) et Hauser (27) sur *Faidherbia albida* ou Coe et Coe (10) sur plusieurs acacias sud-africains ne trouvent aucun effet bénéfique du passage par le tractus digestif des herbivores sur la germination. Ces auteurs ont montré par l'observation des téguments des semences en microscopie électronique que les graines après défécation ne sont scarifiées que très superficiellement et restent imperméables à l'eau. De même, Janzen (30, 31) montre que les semences d'*Enterolobium cyclocarpum* ne sont pas scarifiées après ingestion par des chevaux, alors que Harding (26) mesure que 85 p. 100 des graines de *Prosopis* sont détruites lors de l'ingestion par des moutons.

Devant cet ensemble de résultats hétérogènes et afin de contribuer à clarifier la situation, cette étude a pour objectif d'évaluer, en conditions contrôlées, l'effet du passage dans le tractus digestif de différents ruminants domestiques (ovins, bovins, caprins) sur la survie et la germination des graines de quelques légumineuses ligneuses utilisées en agroforesterie en zone sahélienne. Cette étude contribue à un ensemble de travaux dont la finalité est de proposer des options quant aux techniques de gestion des peuplements sylvopastoraux adaptées à chaque espèce.

■ MATERIEL ET METHODES

Les graines des sept espèces de légumineuses ligneuses utilisées dans cette étude ont été récoltées dans des peuplements naturels ou des plantations au Sénégal (tableau I). Après décorticage des gousses et élimination des graines malformées ou parasitées, les lots de semences ont été conservés en chambre froide ($5 \pm 1^\circ\text{C}$, $55 \pm 5^\circ\text{RH}$) jusqu'à utilisation en novembre 1993.

Les animaux utilisés étaient six zébus Gobras d'un poids vif moyen de 185 kg, six moutons Peuls d'un poids moyen de 42 kg et six chèvres Djallonké de 25 kg, maintenus en stabulation durant toute la durée de l'expérimentation.

Avant l'essai, les animaux ont été traités avec un antiparasitaire digestif. Ils ont reçu pendant toute la période une ration de fanes d'arachide *ad libitum*, les refus étant inférieurs à 15 p. 100. Compte tenu de la valeur nutritive de cette fane de qualité médiocre (environ 0,5 UFL et 50 g MAD par kg de matière sèche), cette ration peut être considérée comme légèrement supérieure aux besoins d'entretien des animaux.

Après dix jours d'adaptation au régime, ils ont reçu, en complément de la ration fourragère, un mélange des graines des sept espèces (1 000 graines de chaque espèce pour les bovins et 500 graines pour les ovins et les caprins). Les graines ont été présentées en une seule fois et laissées à la disposition des animaux pendant trois heures. Les graines refusées ont été dénombrées. Le pourcentage des graines ingérées a toujours été supérieur à 85 p. 100 sauf dans deux cas : les caprins n'ont consommé que 48 p. 100 des graines d'*A. nilotica adansonii* et 65 p. 100 des graines de *B. rufescens*.

Chaque jour, pendant dix jours, les fèces de chaque animal ont été

intégralement collectées et tamisées afin de récupérer la totalité des graines déféquées.

Les graines ont alors été immédiatement mises à germer dans les conditions expérimentales décrites précédemment par Danthu et coll. (13) : en boîte de germination, sur un lit de sable de Cambérène (Sénégal) humidifié, à la température de $31 \pm 1^\circ\text{C}$, à l'obscurité.

La germination de ces graines issues du tractus digestif des bovins, ovins et caprins a été suivie pendant 90 jours et comparée à la germination de graines témoins du même lot, mises directement en germination ou ayant subi l'un des deux prétraitements suivants :

- une scarification mécanique des graines par ablation d'un fragment de 1 à 2 mm² des téguments au niveau du pôle cotylédonaire des graines à l'aide d'un sécateur ;

- une scarification par trempage dans une solution d'acide sulfurique concentré (H₂SO₄, 95 p. 100) pour des durées adaptées à chaque espèce (voir tableau I) (14, 42). Après traitement à l'acide, les graines ont été abondamment rincées à l'eau courante.

Une graine a été considérée comme germée lorsque la racine émergeait des téguments (11). A la fin de l'expérimentation, la viabilité des graines qui n'avaient pas germé a été vérifiée par dissection.

Les analyses statistiques ont été faites après transformation angulaire des pourcentages de germination. Quand l'hypothèse nulle (égalité des moyennes) a été rejetée, un test de comparaison des moyennes a été réalisé : test de Newman-Keuls au seuil de 5 p. 100. Dans les tableaux et les figures, les valeurs suivies de la même lettre appartiennent à un même groupe homogène.

■ RESULTATS

Le tableau II présente le pourcentage de graines excrétées (récupérées dans les fèces) pour chacune des combinaisons espèces animales-espèces végétales testées. Il montre que pour toutes les espèces végétales, les ovins et les caprins ont restitué une fraction des graines ingérées significativement plus faible que les bovins. Selon les espèces, les ovins et les caprins ont déféqué entre 1 et 51 p. 100 des graines ingérées alors que les bovins ont restitué entre 33 et 99 p. 100 des graines. Les pourcentages des graines excrétées par les ovins et les caprins étaient très proches, sauf pour deux espèces, *A. nilotica* et *B. rufescens*, pour lesquelles les caprins ont restitué significativement plus de graines que les ovins. Le tableau II montre que, pour les trois espèces animales, *A. nilotica* a présenté le meilleur pourcentage de récupération (99 p. 100 chez les bovins, 51 p. 100 chez les caprins et 31 p. 100 chez les ovins) et, à un degré moindre, *B. rufescens* et *A. raddiana*. Les graines d'*A. senegal* ont été très largement détruites lors du transit digestif et seules 33 p. 100 des graines ont été récupérées dans les fèces des bovins et 1 p. 100 dans le cas des ovins et des caprins.

La figure 1 montre que les trois espèces animales avaient des dynamiques d'excrétion des graines différentes. La défécation des graines par les bovins a eu lieu essentiellement les deuxième, troisième et quatrième jours après ingestion, mais de faibles quantités de graines ont séjourné dans le tractus digestif des bovins pendant plus de sept jours. Les ovins ont libéré les graines dans un laps de temps plus court (deuxième et troisième jour) alors que la défécation des graines ingérées par les caprins s'est étalée entre le premier et le quatrième jour après ingestion. Pour les ovins et les caprins, aucune graine n'a été excrétée après le sixième jour.

Le tableau III donne les coefficients de corrélation entre le pour-

Tableau I

Origine, date de récolte et caractéristiques des lots de graines utilisés dans cette étude

Espèce	Année de récolte	Origine des graines	Latitude	Longitude	Durée de trempage (H ₂ SO ₄) (min)	Poids d'une graine (mg)	Volume d'une graine (mm ³)	Densité des graines (mg/mm ³)	Plus petite section des graines (mm ²)
Acacia nilotica adansonii	1988	Thiarène	16°08 N	15°55 W	120	205,2 ± 9,4	157,1 ± 14,6	1,31 ± 0,14	25,0 ± 1,2
Acacia raddiana	1992	Dahra	15°20 N	15°37 W	60	66,4 ± 3,2	52,4 ± 5,2	1,27 ± 0,08	9,5 ± 0,8
Acacia senegal	1992	Ranérou	15°18 N	14°05 W	0	55,0 ± 2,2	50,7 ± 7,8	1,10 ± 0,16	7,0 ± 0,5
Acacia seyal	1991	Bandia	14°36 N	17°02 W	30	49,2 ± 2,9	39,0 ± 4,2	1,27 ± 0,16	5,9 ± 0,6
Bauhinia rufescens	1991	Bandia	14°36 N	17°02 W	60	84,2 ± 8,3	69,5 ± 2,9	1,27 ± 0,05	14,4 ± 1,4
Faidherbia albida	1991	Sagata	15°10 N	15°32 W	30	104,8 ± 12,0	86,3 ± 14,7	1,24 ± 0,38	11,6 ± 1,2
Prosopis juliflora	1991	Ndiol	16°18 N	16°05 W	5	34,6 ± 3,3	26,5 ± 1,8	1,30 ± 0,12	7,6 ± 0,6

Tableau II

Pourcentage de graines déféquées (par rapport au nombre de graines ingérées) après passage dans le tractus digestif des bovins, ovins et caprins

Espèce	Bovine	Ovine	Caprine
A. nilotica adansonii	99 a A	31 a C	51 a B
A. raddiana	86 b A	28 ab B	27 b B
A. senegal	33 c A	1 c B	1 d B
A. seyal	75 b A	10 b B	9 c B
B. rufescens	95 a A	14 ab C	30 b B
F. albida	86 b A	11 b B	12 c B
P. juliflora	74 b A	14 ab B	10 c B

Test de Newman-Keuls au seuil de 5 p. 100 appliqué à chaque colonne (lettres minuscules) et à chaque ligne (lettres majuscules)

Tableau III

Coefficient de corrélation (r) entre le pourcentage de graines excrétées et quelques caractéristiques intrinsèques des graines

Animal excréteur	Poids	Volume	Densité	Section	Durété
Bovine	0,53 ***	0,49 ***	0,83 ***	0,61 ***	0,71 ***
Ovine	0,43 ***	0,40 ***	0,55 ***	0,47 ***	0,62 ***
Caprine	0,71 ***	0,69 ***	0,52 ***	0,79 ***	0,84 ***

Chaque coefficient est calculé à partir d'un effectif de 42 mesures

Excretion and germination of seeds ingested by ruminants

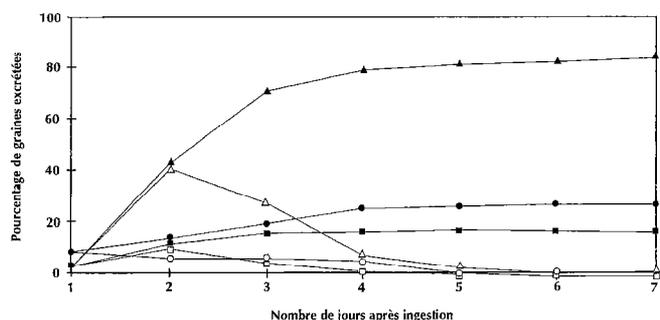


Figure 1 : Dynamique d'excrétion journalière (symboles blancs) et cumulée (symboles noirs) des graines par les bovins (Δ), les ovins (\circ) et les caprins (\square), toute espèce végétale confondue sauf *A. senegal*.

Le tableau III donne les coefficients de corrélation entre le pourcentage de graines excrétées par les ruminants et quelques caractéristiques intrinsèques des graines. Il montre que l'excrétion des graines par les bovins a été principalement corrélée avec la densité des graines ($r = 0,83$) et avec leur dureté ($r = 0,71$). Chez les ovins et les caprins, une forte corrélation s'est manifestée entre excrétion et dureté des graines ($r = 0,62$ et $r = 0,84$). Pour les caprins, la section des graines a eu aussi un caractère fortement explicatif ($r = 0,79$).

Les courbes de germination cumulées (figure 2) comparent la dynamique de germination (mesurée pendant une période de 90 j après le semis) des graines récupérées dans les fèces (toutes dates de récolte confondues) à celle de graines semées sans traitement préalable et de graines ayant subi une scarification manuelle ou chimique. Ces courbes montrent que pour toutes les espèces végétales, la germination des graines traitées chimiquement ou manuellement a été complète dès le cinquième ou le dixième jour après semis. Pour toutes les espèces testées, les graines prétraitées ont eu une capacité de germination qui était comprise entre 82 et 99 p. 100. Le pourcentage de germination mesuré 90 jours après semis dans les lots témoins pour *A. senegal*, *F. albida* et *P. juliflora* n'a pas été significativement différent de celui mesuré avec les graines prétraitées. Pour les autres espèces, il était significativement inférieur.

Si les graines étaient semées sans prétraitement préalable, elles germaient de façon très étalée dans le temps. Les graines récoltées dans les fèces avaient, d'une manière générale, une dynamique de germination (vitesse de germination) proche des graines du lot témoin n'ayant subi aucun traitement. Le taux de germination à 90 jours mesuré pour les graines extraites des fèces était souvent très proche de celui des lots témoins sauf pour *B. rufescens* et *A. senegal* dont les graines avaient une germination significativement inférieure après passage dans le tractus digestif des animaux. Il est à noter que les graines extraites des fèces des bovins avaient généralement une germination significativement inférieure à celles recueillies après digestion par les caprins et les ovins. Ceci était vrai pour *A. nilotica*, *A. raddiana*, *A. seyal*, *A. senegal* et *B. rufescens*. Pour ces trois dernières espèces et pour *P. juliflora*, le pourcentage de germination à 90 jours des graines recueillies chez les bovins était inférieur au témoin. Après 90 jours, les graines extraites des fèces et non encore germées étaient viables, sauf pour *A. senegal* dont les graines étaient nécrosées.

Pour les graines collectées dans les fèces de bovins, l'évolution de la germination en fonction de la durée de séjour dans le tractus des animaux (tableau IV) montre que les graines d'*A. nilotica*, *A. raddiana* et de *F. albida* ont présenté une germination identique à

Tableau IV

Influence de la durée du séjour dans le tractus digestif des bovins sur la capacité germinative des graines mesurée 90 jours après semis

Espèce végétale	Durée du séjour des graines (j)				F
	0	2	3	4	
<i>A. nilotica</i>	42	38	35	32	2,41 ns
<i>A. raddiana</i>	54	49	45	43	1,01 ns
<i>A. senegal</i>	95 a	5 b	2 b	-	84,41 **
<i>A. seyal</i>	54 a	51 a	37 b	35 b	8,91 **
<i>B. rufescens</i>	81 a	54 b	50 b	53 b	22,37 **
<i>F. albida</i>	90	78	82	87	2,27 ns
<i>P. juliflora</i>	91 a	74 b	71 b	64 b	15,07 **

Test de Newman-Keuls au seuil de 5 p. 100

celle des semences non traitées quelle que soit la durée du transit digestif. Pour les autres espèces (*A. senegal*, *A. seyal*, *B. rufescens* et *P. juliflora*), le passage dans le tractus digestif a diminué de manière significative la capacité germinative. Mais seul *A. seyal* a exprimé une différence de capacité germinative liée à la durée du séjour : les graines récupérées les troisième et quatrième jours ont moins bien germé que celles récoltées dans les fèces du deuxième jour. A noter que l'étude n'a pu être faite pour les graines récoltées dans les fèces d'ovins ou de caprins car les effectifs étaient trop petits.

Au total, si l'on exprime le pourcentage de germination par rapport au nombre de graines ingérées, c'est-à-dire en intégrant les pertes durant la digestion et l'effet du passage dans le tractus digestif sur la survie et la capacité germinative des graines, il apparaît (tableau V) que les ovins et les caprins ont, sauf pour *A. nilotica* chez les caprins, généralement eu les mêmes effets dépressifs sur la germination des semences des six espèces testées. En outre, il a toujours été plus fort que celui provoqué par les bovins. Si l'on excepte *A. senegal* (pour lesquelles 1 p. 100 seulement des graines proposées aux bovins ont germé et aucune de

Tableau V

Pourcentage de germination des graines après passage dans le tractus digestif des bovins, ovins et caprins exprimé par rapport au nombre de graines ingérées

Espèce	Bovin	Ovin	Caprin
<i>A. nilotica adansonii</i>	34 a	15 c	26 b
<i>A. raddiana</i>	41 a	15 b	14 b
<i>A. senegal</i>	2 a	0 b	0 b
<i>A. seyal</i>	31 a	7 b	5 b
<i>B. rufescens</i>	48 a	11 b	17 b
<i>F. albida</i>	71 a	11 b	10 b
<i>P. juliflora</i>	52 a	11 b	9 b

Test de Newman-Keuls au seuil de 5 p. 100 appliqué à chaque ligne

Excrétion et germination des graines ingérées par des ruminants

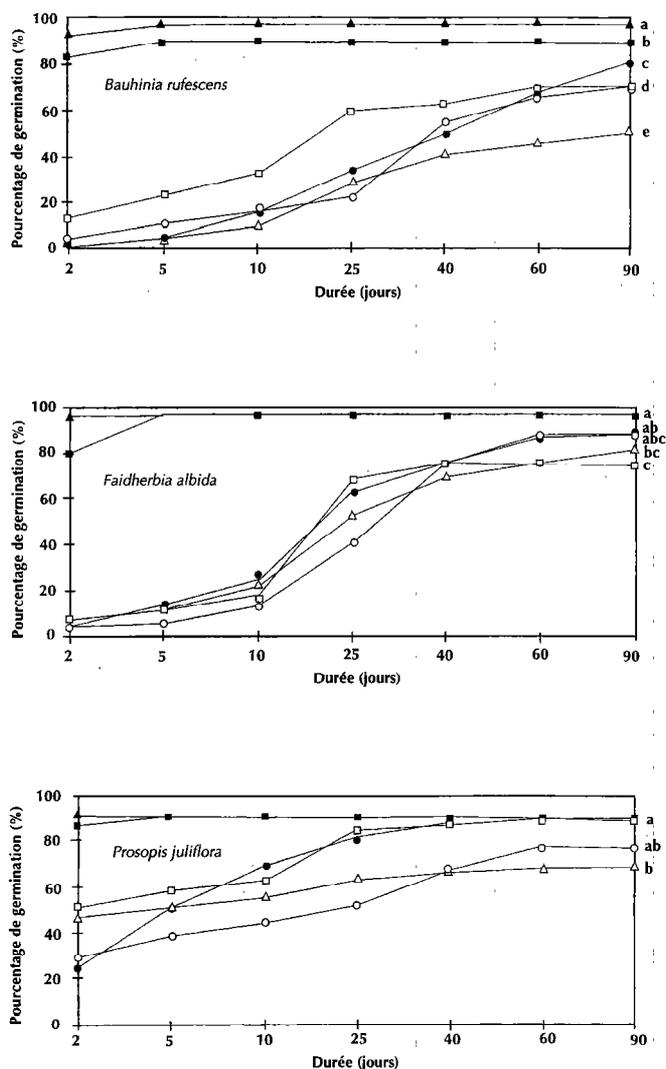
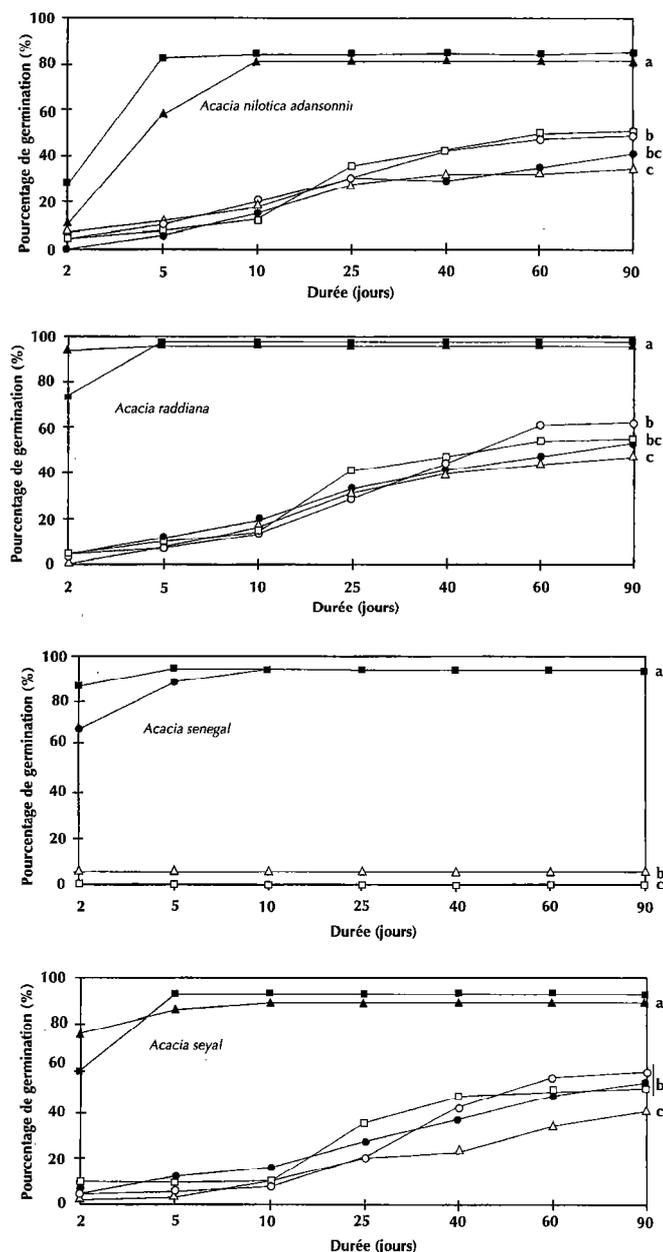


Figure 2 : Évolution de la germination des graines intactes (●) ou ayant subi l'un des prétraitements suivants : scarification manuelle (■), trempage dans l'acide sulfurique concentré (▲), excrétion par les ovins (○), excrétion par les caprins (□), excrétion par les bovins (Δ). Les pourcentages de germination 90 jours après le semis sont comparés par le test de Newman-Keuls au seuil de 5 p. 100.

celles proposées aux ovins et aux caprins), entre 30 et 69 p. 100 des graines mises à disposition des bovins ont germé et seulement 5 à 14 p. 100 de celles proposées aux ovins et aux caprins.

■ DISCUSSION

Excrétion des graines

Les résultats de cette étude montrent, d'une façon générale, que le taux d'excrétion des graines, toutes espèces ligneuses confondues, était supérieur chez les bovins (33-99 p. 100) par rapport aux petits ruminants (ovins et caprins : 1-51 p. 100)(tableau II). Ces valeurs sont conformes à celles présentées par Wickens (47) et Janzen (31) pour les bovins ou Harding (26) pour les ovins. Les chèvres et les moutons ont donc digéré une proportion de graines beaucoup plus importante que les bovins. Cette conclusion confirme celle de Simao Neto et coll. (44) obtenue pour six espèces fourragères herbacées et de Depommier sur *F. albida* (15).

Les principaux facteurs explicatifs du taux d'excrétion étaient, pour les bovins, la densité des graines et, à un degré moindre, leur

dureté alors que pour les petits ruminants, c'était la dureté des graines suivie de la taille et/ou de la densité des graines qui étaient les facteurs explicatifs les plus importants (tableau III). Ceci confirme les résultats antérieurs de Simao Neto et coll. (44) et de Gardener et coll. (19, 20). La corrélation positive entre taille des graines et excrétion, en particulier chez les caprins, pose le problème du passage de grosses graines (jusqu'à 25 mm² de section) par l'orifice reticulo-omasal, mais de nombreux travaux semblent établir la possibilité pour de grosses particules de franchir cet orifice (17, 19, 31) et corroborent l'observation faite dans cette étude.

La destruction plus importante des graines chez les petits ruminants peut trouver son origine dans une mastication plus intense lors de l'ingestion et de la rumination (mastication mérycique) et/ou dans un séjour digestif plus agressif pour les téguments des graines. Or, la durée des séjours dans les tractus digestifs sont peu différents (figure 1) et de nature enzymatique et chimique proche. De plus, les graines excrétées par les trois espèces animales ne sont pas scarifiées (figure 2). La différence de destruction des graines mesurée entre bovins et petits ruminants ne peut donc être attribuée à un effet de la durée ou de l'intensité du traitement chimique pendant le transit intestinal, mais plutôt à une différence de

effet, peu résistantes et très rapidement digérées dès que le tégument est endommagé (19). Au total, l'effet des processus digestifs non mécaniques semble peu important par rapport aux conséquences de la mastication sur la proportion de graines viables excrétées.

Germination des graines

Cette étude montre que pour les sept espèces végétales, les graines déféquées par les bovins, les moutons ou les chèvres ne présentent aucune amélioration de leur capacité germinative par rapport à des semences intactes (tableau IV). Les graines excrétées montrent une dynamique de germination proche des graines des lots témoins semées sans traitement préalable (figure 2). Ces constatations militent aussi en faveur d'une activité pratiquement nulle du séjour digestif sur les téguments des graines. Ces résultats sont apparemment contradictoires avec les travaux de Halévy (25), Miller (37, 38) sur différents acacias, de Brown et Archer (6) et Peinetti et coll. (40) sur *Prosopis* sp. qui ont montré une meilleure germination des graines après ingestion par divers ruminants sauvages ou domestiques. Ces différences peuvent s'expliquer par le fait que l'ensemble de ces résultats ont été obtenus en suivant l'ingestion de gousses contenant des graines souvent parasitées par les bruches (10, 25, 38). Or l'un des effets avérés de la digestion est la destruction des graines dont le tégument est endommagé, en particulier celles attaquées par les bruches (10, 34, 37) entraînant ainsi une augmentation de la proportion de graines viables dans les lots de graines excrétées. Les présents travaux portent sur des lots homogènes de semences saines et matures. Ils démontrent que l'absorption et l'excrétion des graines par des ruminants ne favorisent pas la levée de l'inhibition tégumentaire et donc la germination. Cette conclusion confirme d'ailleurs les travaux de Wickens (47), Hauser (27) et Depommier (15) sur *F. albida*, de Reyes et coll. (41) sur *Leucaena leucocephala*, *Dichrostachys cinerea* et *Centrosema pubescens* ou de Bernard sur *Prosopis africana* (4).

Une mention particulière doit être faite pour *A. senegal* dont le comportement est atypique : le passage dans le tractus digestif des ruminants entraîne un très fort déficit de germination (figure 2). Cette différence s'explique par la faible dureté des graines démontrée par les travaux de Danthu et coll. (13) ou Black et El Hadi (5). Le comportement des graines d'*A. senegal* est donc celui de graines aux téguments perméables.

Enfin, il est à noter que pour trois espèces (*A. seyal*, *B. rufescens* et *P. juliflora*) une diminution de la capacité germinative par rapport à celle des graines intactes est enregistrée après absorption par les bovins (tableau IV, figure 2). Sans qu'il soit possible d'apporter une explication à ce résultat, il peut cependant être rapproché de celui des travaux d'Ozer (39) qui ont montré une nette réduction de la germination des graines de huit espèces fourragères après excrétion par des bœufs.

Implications pratiques

Les résultats de cette étude peuvent avoir des conséquences pratiques en terme de gestion des populations ligneuses des régions sèches d'Afrique. Ils montrent que les ruminants domestiques ne peuvent pas être considérés comme un moyen de réhabilitation des zones dégradées ou d'enrichissement des parcours par la diffusion de semences scarifiées prêtes à germer. L'ingestion par les bovins ne permet la germination que de 31 à 71 p. 100 des graines ingérées et cette proportion est encore beaucoup plus faible pour les petits ruminants (5 à 26 p. 100) (tableau V). De plus, les graines excrétées n'ont ni une vitesse ni une capacité de germination améliorée par rapport aux graines témoins.

L'introduction de ruminants dans des sites où l'on recherche une régénération de la strate ligneuse ne peut donc être considérée comme un moyen d'amélioration de la germination. Harding (26) propose même l'utilisation des ovins comme une composante de la lutte contre l'envahissement des *Prosopis*. Cependant, les ruminants représentent un moyen de dissémination efficace des semences de ligneux, sachant qu'elles conservent pratiquement intact leur pouvoir germinatif à la suite du transit digestif. Cette utilisation a d'ailleurs déjà été envisagée (6, 19, 44) et dans les conditions d'élevage transhumant pratiquées au Sahel (15 à 30 km/jour), cela peut permettre le transport des graines sur 50 à 80 km, voire plus de 200 km dans les cas extrêmes.

Remerciements

Cette étude a été menée dans le cadre du Projet National de Semences Forestières du Sénégal (PRONASEF/FAO/Pays-Bas, GPC/SEN/039/NET).

BIBLIOGRAPHIE

- ALSTAD G., VETAAS O.R., 1994. The influence of *Acacia tortilis* stands on soil properties in arid North-Eastern Sudan. *Acta Oecol.*, **15**: 449-460.
- ATSEDU M., COPPOCK D.L., DETLING J.K., 1994. Fruit production of *Acacia tortilis* and *A. nilotica* in semi-arid Ethiopia. *Agroforestry Syst.*, **27**: 23-30.
- AUDRU J., LABONNE M., GUERIN H., BILHA A., 1993. *Acacia nilotica*. Son intérêt fourrager et son exploitation chez les éleveurs Afars de la vallée du Madgoul à Djibouti. *Bois Forêts Trop.*, **235** : 59-70.
- BERNARD C., 1996. Etude d'un parc à *Prosopis africana* au Nord Cameroun. Montpellier, France, CIRAD-Forêt, 105 p. (Rapport interne)
- BLACK R.A., EL HADI F.M., 1992. Presowing treatments of *Acacia senegal* seeds: germination and growth. *Trop. Agric. (Trinidad)*, **69**: 15-20.
- BROWN J.R., ARCHER S., 1987. Woody plant seed dispersal and gap formation in a North American subtropical savanna woodland: the role of the domestic herbivores. *Vegetatio*, **73**: 73-80.
- BROWN N.A.C., BOOYSEN P. De V., 1969. Seed coat impermeability in several *Acacia* species. *Agroplanta*, **1**: 51-60.
- CAVANAGH T., 1987. Germination of hard-seeded (order Fabales). In: Germination of Australian native plant seed. Melbourne, Sydney, Australia, Inkata Press, p. 58-70.
- CHEEMA M.S.Z.A., QADIR S.A., 1973. Autecology of *Acacia senegal* (L.) Willd. *Vegetatio*, **27**: 131-162.
- COE M., COE C., 1987. Large herbivores, acacia trees and bruchid beetles. *South Afr. J. Sci.*, **83**: 624-635.
- COME D., 1968. Problèmes de terminologie posés par la germination et ses obstacles. *Bull. Soc. fr. Physiol. Vég.*, **14** : 3-9.
- DANCETTE C., POULAIN J.F., 1969. Influence de l'*Acacia albida* sur les facteurs pédoclimatiques et les rendements des cultures. *Sols afr.*, **13** : 197-239.
- DANTHU P., ROUSSEL J., DIA M., SARR A., 1992. Effect of different pretreatments on the germination of *Acacia senegal* seeds. *Seed Sci. Technol.*, **20**: 111-117.
- DANTHU P., ROUSSEL J., GAYE A., EL MAZZOUDI E.H., 1995. Baobab (*Adansonia digitata*) seed pretreatments for germination improvement. *Seed Sci. Technol.*, **23**: 469-475.
- DEPOMMIER D., 1996. Production fruitière et devenir des semences de *Faidherbia albida*. Montpellier, France, CIRAD-Forêt, p. 9-22. (Cahiers scientifiques n°12, Les parcs à *Faidherbia*)

16. DOMMERGUES Y., DUHOUX E., DIEM H.G., 1988. Les arbres fixateurs d'azote en foresterie et agroforesterie tropicales. *Bull. Soc. Bot.*, **135** : 49-64.
17. EHLE F.R., STERN M.D., 1986. Influence of particle size and density on particulate passage through alimentary tract of Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, **69**: 564-568.
18. FELKER P., 1981. Uses of tree legumes in semiarid regions. *Econ. Bot.*, **35**: 174-186.
19. GARDENER C.J., McIVOR J.G., JANSEN A., 1993. Passage of legume and grass seeds through the digestive tract of cattle and their survival in faeces. *J. Appl. Ecol.*, **30**: 63-74.
20. GARDENER C.J., McIVOR J.G., JANSEN A., 1993. Survival of seeds of tropical grassland species subjected to bovine digestion. *J. Appl. Ecol.*, **30**: 75-85.
21. GIFFARD P.L., 1966. Les gommiers : *Acacia senegal* Willd. *Acacia laeta* R. Br. *Bois Forêts Trop.*, **105** : 21-32.
22. GUERIN H., FRIOT D., MBAYE Nd., RICHARD D., DIENG A., 1988. Régime alimentaire de ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. II. Essai de description du régime par l'étude du comportement alimentaire. Facteurs de variation des choix alimentaires et conséquences nutritionnelles. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **41** : 427-440.
23. GUTTERIDGE R.C., SHELTON H.M., 1994. The role of forage tree legumes in cropping and grazing systems. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. Oxon, United Kingdom, Cab International, p. 3-11.
24. GWYNNE M.D., 1969. The nutritive values of *Acacia* pods in relation to *Acacia* seed distribution by ungulates. *E. Afr. Wildl. J.*, **7**: 176-178.
25. HALEVY G., 1974. Effects of gazelles and seed beetles (Bruchidae) on germination and establishment of *Acacia* species. *Isr. J. Bot.*, **23**: 120-126.
26. HARDING G.B., 1991. Sheep can reduce seed recruitment of invasive *Prosopis* species. *Appl. Plant Sci.*, **5**: 25-27.
27. HAUSER T.P., 1994. Germination, predation and dispersal of *Acacia albida* seeds. *Oikos*, **71**: 421-426.
28. HOFFMAN M.T., COWLING R.M., DOUIE C., PIERCE S.M., 1989. Seed predation and germination of *Acacia erioloba* in the Kuiseb River Valley, Namib Desert. *South Afr. J. Bot.*, **55**: 103-106.
29. ICKOWICZ A., 1995. Approche dynamique du bilan fourrager appliquée à des formations pastorales du Sahel tchadien. Thèse doct., Université Paris XII, Créteil, France, 451 p. +annexes.
30. JANZEN D.H., 1981. *Enterolobium cyclocarpum* seed passage rate and survival in horses, Costa Rican pleistocene seed dispersal agent. *Ecology*, **62**: 593-601.
31. JANZEN D.H., 1982. Differential seed survival and passage rates in cows and horses, surrogate pleistocene dispersal agents. *Oikos*, **38**: 150-156.
32. KONE A.R., 1987. Valeur nutritive des ligneux fourragers des zones sahéliennes et soudaniennes d'Afrique occidentale. Recherche d'une méthode simple d'estimation de la digestibilité et de la valeur azotée. Thèse troisième cycle, Université Paris VI, France, 150 p. +annexes.
33. LAMPREY H.F., 1967. Note on dispersal and germination of some tree seeds through the agency of mammals and birds. *E. Afr. Wildl.*, **5**: 179-180.
34. LAMPREY H.F., HALEVY G., MAKACHA S., 1974. Interactions between *Acacia*, bruchid seed beetles and large herbivores. *E. Afr. Wildl.*, **12**: 81-85.
35. LE HOUEROU H.N., 1980. Le rôle des arbres et des arbustes dans les pâturages sahéliens. In : Le rôle des arbres au Sahel. Ottawa, Canada, CRDI, p. 19-32.
36. LOUPPE D., N'DOUR B., SAMBA S.A.N., 1996. Influence de *Faidherbia albida* sur l'arachide et le mil au Sénégal. Montpellier, France, CIRAD-Forêt., p. 123-139 (Cahiers scientifiques n°12, Les parcs à *Faidherbia*)
37. MILLER M.F., 1994. Large African herbivores, bruchid beetles and their interactions with acacia seeds. *Oecologia*, **97**: 265-270.
38. MILLER M.F., 1995. *Acacia* seed survival, seed germination and seedling growth following pod consumption by large herbivores and seed chewing by rodents. *Afr. J. Ecol.*, **33**: 194-210.
39. OZER Z., 1979. Über die Beeinflussung der Keimfähigkeit der Samen mancher Gründlandpflanzen beim Durchgang durch den Verdauungstrakt des Schafes und nach Mistgärung. *Weed Res.*, **19**: 247-254.
40. PEINETTI R., PEREYRA M., KIN A., SOSA A., 1993. Effects of cattle on viability and germination rate of calden (*Prosopis caldenia*) seeds. *J. Range Manage.*, **46**: 483-486.
41. REYES F., GONZALEZ E., HERNANDEZ D., CARBALLO M., MENDOZA C., 1994. Efecto de la digestión ruminal sobre la germinación de semillas de leguminosas tropicales. *Pastos y Forrajes*, **17**, 283-286.
42. ROUSSEL J., 1995. Pépinières et plantations forestières en Afrique tropicale sèche. Dakar, Sénégal, ISRA-CIRAD, 435 p.
43. RYAN P.A., 1994. The use of tree legumes for fuelwood production. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. Oxon, United Kingdom, Cab International, p. 257-266.
44. SIMAO NETO M., JONES R.M., RATCLIFF D., 1987. Recovery of pasture seed ingested by ruminants. 1. Seed of six tropical pasture species fed to cattle, sheep and goats. *Aust. J. exp. Agric.*, **27**: 239-246.
45. TRAN V.N., CAVANAGH A.K., 1984. Structural aspect of dormancy. In: Seed physiology, Vol. 2. Melbourne, Australia, Academic Press, p. 1-44.
46. WERKER E., 1980-1981. Seed dormancy as explained by the anatomy of embryo envelopes. *Isr. J. Bot.*, **29**: 22-44.
47. WICKENS G.E., 1969. A study of *Acacia albida* Del. (Mimosoïdeae). *Kew Bull.*, **23**: 181-202.

Reçu le 31.10.96, accepté le 20.1.97

Summary

Danthu P., Ickowicz A., Friot D., Manga D., Sarr A. Effect of the passage through the digestive tracts of domestic ruminants on the germination of woody leguminous tree seeds in the semi-arid tropics

The survival and germination rates of seeds of seven leguminous tree species (*A. nilotica adansonii*, *A. raddiana*, *A. senegal*, *A. seyal*, *B. rufescens*, *F. albida* and *P. juliflora*) were studied after their ingestion and excretion by cattle, sheep and goats.

The results show that:

- hard seeds remain intact and keep their viability after excretion by domestic ruminants, whereas seeds with permeable integuments are destroyed;
- cattle excrete a higher proportion of intact seeds than small ruminants. This difference seems mainly related to a stronger masticatory activity of sheep and goats;
- germination of hard seeds is not improved by passage through the digestive tracts of ruminants.

In conclusion, ingestion of hard seeds by domestic ruminants cannot be considered as a way of breaking dormancy, but only as a means of dispersing seeds which are intact.

Key words: Woody legume - Germination - Ruminant - Digestion - Excretion - Seed - Tropical zone - Arid zone - Senegal.

Resumen

Danthu P., Ickowicz A., Friot D., Manga D., Sarr A. Efecto del pasaje por el tracto digestivo de los rumiantes domésticos sobre la germinación de semillas de arbustos leguminosos, en las zonas tropicales secas

Se estudió la supervivencia y la germinación de las semillas de siete especies de árboles leguminosos (*A. nilotica adansonii*, *A. raddiana*, *A. senegal*, *A. seyal*, *B. rufescens*, *F. albida* y *P. juliflora*), post ingestión y excreción en bovinos, ovinos y caprinos.

Este estudio demostró los siguiente:

- en los rumiantes domésticos, las semillas duras permanecen intactas y conservan su viabilidad post excreción, mientras que las semillas con tegumentos permeables son destruidas ;
- los bovinos excretan significativamente más semillas intactas que los pequeños rumiantes. Esta diferencia parece ligada principalmente a una actividad masticatoria más importante en los ovinos y los caprinos.
- la germinación de las semillas duras no se mejora después del pasaje por el tracto digestivo de los rumiantes.

En resumen, la ingestión por parte de los rumiantes domésticos no puede considerarse como un factor que favorezca la disminución del período durmiente de las semillas duras, sino únicamente como un medio de diseminación de los granos intactos.

Palabras clave : Leguminosa leñosa - Germinación - Rumiante - Digestión - Excreción - Semilla - Zona tropical - Zona arida - Senegal.

Costs and returns of the crop-cattle system in the Western Province of Zambia

R.M.T. Baars ^{1*} R. de Jong ² D. Zwart ²

Key words

Cattle - Economic analysis - Mixed farming - Livestock - Agricultural economics - Cost - Income - Zambia.

Summary

The costs and returns were analyzed per herd (N = 50), and their distribution among families and the relation to other farm and off-farm income were assessed. Cattle sales, ploughing by oxen, the increase in cattle numbers and milk production appeared to be the most important returns (26, 21, 19 and 16 % of total gross returns, respectively). Local slaughter, manure and ox-power for transport played a minor role. The calculated costs were about a third of the gross returns. The net economic efficiency was calculated at US\$ 1.4 per ha per year. The kraal keeper's household (KKH), who owned 60 % of the herd, accrued 64 % from the total gross returns, incurred 73 % of total costs and accrued 58 % of the net returns. Average net returns to the KKH from cattle keeping, crops, sales of other farm produce and off-farm income were 50, 31, 6 and 13 % of the total household income, respectively. The results have shown that the role of draught-power and animal sales could be improved.

■ INTRODUCTION

The Western Province (WP) of Zambia covers an area of 122,000 km² (13) and is divided into six districts. There are over half a million heads of cattle (10) of the Barotse breed, a Sanga breed type (11). They graze on natural pastures for about nine hours daily. At night the herds are kraaled on fields which will be cultivated at a later date. There are four grazing management systems (GMS): two transhumance and two sedentary systems (figure 1). The transhumance is over short distances (up to 40 km) when compared to that found in, for example, the Sahelian region, and occurs because people and cattle are forced to move out of the plains, when flooded in the wet season (GMS-1), or because they are forced to move to the flood plains because of lack of water in the uplands in the dry season (GMS-2) (1).

In many sub-Saharan countries, the provision of veterinary services has been free of charge for livestock owners (12). Meeting the costs involved in the provision of these services has become increasingly difficult for most governments (8). There is a need to rigorously restructure services through involvement of the private sector as well as the design of cost recovery measures. In the WP, the Department of Veterinary and Tsetse Control Services (DVTCS) is investigating the possibilities and requirements to

restructure services (9). Research activities have been initiated in order to establish the position and economic importance of cattle in the rural society (22), of which the present study is one.

The study has three objectives: to assess 1) the economical and financial costs and returns (C&R) of cattle; 2) the various C&R among households; 3) the relative importance of cattle in relation to other farm and off-farm income.

■ MATERIALS AND METHODS

The unit of investigation was the herd: a group of cattle belonging to one or more owners kept in one cattle pen or kraal under the responsibility of a kraal keeper (KK). The KK makes decisions for the whole herd but does not own all the animals.

The assessment was confined to economic and financial C&R. Social C&R, such as position in society, family relations and bride prices, were not considered. The kraal keeper's household (KKH) was defined as the KK and his wife or wives together with children and dependents such as parents, grandchildren etc., but excluded children living elsewhere. All others with cattle in the kraal, whether living in the village of the KK or not, were considered as the other owners.

From 1985 to 1988, the DVTCS has been monitoring 50 herds which were selected on the following characteristics: easy accessibility to enable data collection every two weeks; equal representation of transhumant and sedentary herds, as this is the normal situation in the WP according to the cattle census (10); and

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

2. Agricultural University of Wageningen, Department of Tropical Animal Production, PO Box 338, Wageningen, the Netherlands

* Present address: Department of Animal Science, Alemaya University of Agriculture, PO Box 138, Dire Dawa, Ethiopia

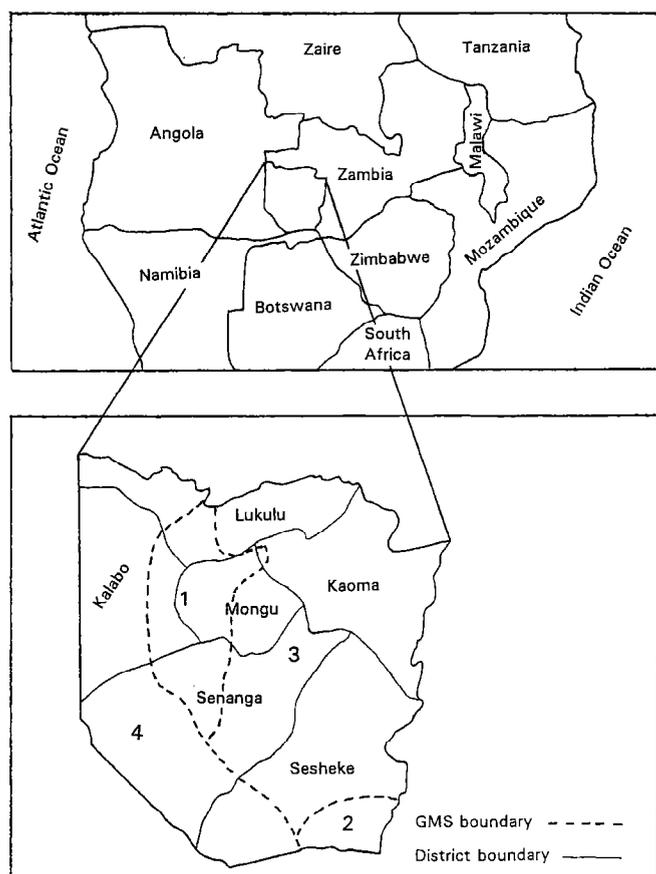


Figure 1: the grazing management systems and districts of the Western Province, Zambia: 1+2 transhumance, 3+4 sedentary.

normal situation in the WP according to the cattle census (10); and a herd size between 20 and 120 animals to avoid exceptionally small or large herds (6). The distribution of the herds in the four main cattle-keeping districts of the WP was: Kalabo 12, Mongu 12, Senanga 17 and Sesheke 9. The distribution in the GMSs was: GMS-1 18; GMS-2 7; GMS-3 14; GMS-4 11.

Production parameters from these herds (from April 1986 to April 1988) and follow-up data, collected through a questionnaire survey among the same herds, were used for the economic assessment. The additional data gathered through the questionnaire related to the price, cost and income of ploughing, transport, milk production, livestock sales, local (emergency) slaughter and manure use. Moreover, data on income from crops and other farm and off-farm activities were collected. If a particular herd had more than one KK, only one of them was interviewed in full. However, all the KKs (55) of the 50 kraals studied were questioned about the household composition and areas cultivated. The kraal size, the area manured through shifting the kraal and the area ploughed were measured.

RESULTS

General profile

Seventy-six percent of the informants considered themselves Lozi, the major tribe, but in fact the majority belonged to Lozi sub-tribes. The pure Lozis accounted for 20 %. The youngest KK was

Table I

Average household size and composition of interviewed kraal keepers in relation to the number of wives

Nbr. of wives	N	Average number of people in a household		
		Household size	16 years and over	under 16 years
0	2*	8.0	4.5	3.5
1	34	9.2	4.1	5.2
2	18	11.7	5.2	6.5
4	1	22.0	8.0	14.0
average	55	10.2	4.5	5.7

* 1 female headed household

35 years old and the oldest 75. Fifty-four percent of the KKs were 60 years old or older, 38 % were 40 to 60 years old, and 8 % were less than 40 years old. Most had less than 5 years' schooling. The composition of the average KKH is shown in table I. In the village of the interviewee there were on average 6.3 households, of which 60 %, including the KKH, had cattle in the kraal. The average number of herds in a village was 1.5.

Outputs of cattle-keeping

Ploughing

The average herd size was 66 cattle, of which 11 were oxen. Eighty percent of the adult oxen were trained. Eleven informants used two oxen per team, and the other 39 informants worked with four oxen in a team. Occasionally, teams of more oxen were used. The average time spent on ploughing was 3.5 h (SD = 1.4) per day for 46 days per average herd. The average area cultivated by the KKH was, for the WP and for the districts of Kalabo, Mongu, Senanga and Sesheke, 3.9, 2.5, 4.7, 3.1 and 5.2 ha, respectively. The area cultivated per herd of 100 cattle is shown in table II.

The economic returns of ploughing were based on 1) the amount of cultivated land, 2) labour requirements and 3) yields per ha, obtained by ploughing as compared with hand-hoeing. The following data were used in the calculations: 1) farms using animal traction cultivated 100 % more land than farms using hand-hoes (6.6 ha versus 3.3 ha) (19) (based on a survey considering 48 studies in ten sub-Saharan countries including Zambia); 2) an average of 86 working days per ha were required from hand-hoeing to harvesting, as against 68 working days from ploughing by oxen to harvesting (2); 3) data on basic yields of crops were taken from statistics for 1982-1987 collected by the Department of Agriculture in the WP. The yields per ha of maize, sorghum and millet were boosted by 8 %, and rice by 20 %, compared with yields from manually tilled fields (17). The reduction of labour requirements per ha on ox-ploughing farms was offset by the greater acreage (table III). This resulted in an increased labour requirement of 225 days. Oxen were hired out on only 5 % of the ploughing days, mostly for free, and rarely at the "normal" rate of US\$ 2.5 to 3.75 per day.

Table II

Average area (ha) ploughed and/or manured annually for various crops per herd of 100 cattle

Type of crop	Ploughed + manured	Only ploughed	Only manured
Maize	0.71	4.01	-
Rice	0.03	1.36	-
Sorghum	0.12	1.33	-
Millet	0.03	0.54	-
Cassava	0.03	0.57	0.12
Vegetables	0.05	0.27	0.003
Total	0.96	8.07	0.12

The average return of ploughing over hoeing per 100 cattle was US\$ 435, calculated at \$ 519 for the increased acreage being tilled and higher yields per ha being produced, minus \$ 84 for the extra labour.

Transport

Sixty-five percent of the 50 days that oxen per herd of 100 cattle were harnessed for transport were spent moving firewood while 25 % were spent transporting foodstuffs to and from the fields or markets. Other transported commodities were luggage, poles for houses or kraals, water, grass and people. Sledges were mostly used for transport.

The average number of oxen used per team for transport was four. Ox-teams were hired out in the same way as for ploughing. Since only 13 out of 50 kraals had occasionally hired out oxen, the opportunity cost of transport was low and assessed at \$ 1.25 per transport day (based on \$ 0.75 for labour of two persons and \$ 0.5 for hiring of equipment), or \$ 62 per year per herd of 100 cattle (table IV).

Manure

At night most cattle were kraaled for an average period of 11 months on fallow fields which were destined for cropping the next season. The kraal was usually made from local poles, occasionally thorn bushes and/or barbed wire. The barbed wire had been provided free of charge in the past. The cattle density during kraaling, including young-stock, was 0.6 animals per m² (SD = 0.44). How often the kraal was re-sited depended on the soil type and season. On average, kraals were shifted every three days in the rainy season and every five days in the dry season, leading to an average manured area of 1.08 ha (SD = 0.62) per 100 cattle (table II). Excluding herds which were not kraaled for the purpose of manuring the field, the average area manured per 100 cattle per year was 1.22 ha. Once a field had been manured, the kraal was re-sited there after a period of 3.3 years (SD = 1.5).

The effect of manure on the sandy soils was to increase yields of cassava, millet and sorghum by 60 % and those of other crops by 70 % in the first season after manuring. The residual effect of manure on crop yields in the second season after application was

Table III

Average costs and returns of land cultivation per kraal of 100 cattle with full access to ploughing compared to farms without access to ploughing

	Access to Ploughing	No. access (hoeing)
Cultivated area (ha)	9.03	4.52
Harvest/ha (US \$)	108	101
Total harvest (US \$)	975	456
Labour/ha (days)	68	86
Total labour (days)	614	389
Total labour (US \$)	230	146
Harvest-labour (US \$)	745	310

40 % compared with yields from fields without manure application (17). The total average value for increased crop yields was calculated as \$ 84 in the first year after the field had been manured and \$ 35 for the second year.

Milk

The average price of one litre of milk was \$ 0.10. The highest price was charged in Mongu District (\$ 0.13), followed by Sesheke District (\$ 0.11) and Senanga and Kalabo Districts (\$ 0.09). Bessell and Daplyn (3) and the herd monitoring programme in the WP (6) estimated a milk production, both sold and self-consumed, of on average 122 and 211 litres per cow per year, respectively. The average of these two figures, 167 litres per cow per year, was used. The output was calculated as:

$$\text{Nbr. of adult cows present} \times \text{calving rate} \\ \times 0.5\text{-}1 \text{ abortion rate} \times \text{price} \times 167$$

and amounted to \$ 341 per year per 100 cattle.

Herd increase and meat production

The herd increase was calculated as:

$$\text{Births} + \text{purchases} - \text{sales} - \text{slaughters} - \text{deaths}$$

and amounted to 7.0 animals, sales to 6.4, purchases to 2.9 and local (emergency) slaughter to 7.8 animals per average herd of 100 cattle per year (table V). Slaughter was calculated as "slaughter + 0.614 deaths" because most animals that had died were consumed. The average price of purchased cattle (\$ 39) was much lower than that of sold cattle (\$ 86) because purchases often concerned young stock. The average value of a locally slaughtered animal was \$ 24. The herd increase was calculated by using the average value of \$ 58 per animal.

Hides

Only 45 % of the hides of the animals that had been slaughtered or had died (3.8 per herd per year) could be sold or used, because of the lack of a market outside Mongu District and because not all hides were accepted for processing. The average value of the hides which were used was \$ 1.29. The contribution of hides to the income derived from cattle was \$ 9 per 100 cattle per year.

Table IV

Average costs and returns per grazing management system (GMS) (in US \$ per 100 cattle per year)

	GMS-1	GMS-2	GMS-3	GMS-4	Mean	Cash
Ploughing	513 ^a	463 ^a	438 ^a	286 ^b	435	5
Transport	58	62	56	76	62	4
Manure	143 ^a	52 ^b	129 ^a	110 ^a	119	0
Milk	392 ^a	425 ^a	283 ^b	278 ^b	341	66
Cattle sales	537 ^a	366 ^b	455 ^b	815 ^c	551	551
Slaughter	292 ^a	90 ^b	137 ^c	141 ^c	186	140
Hides	13 ^a	6 ^b	8 ^b	8 ^b	9	9
Herd increase	373 ^a	778 ^b	465 ^a	144 ^c	405	0
Gross return	2321	2243	1969	1857	2109	776
Labour	330	346	350	349	342	125
Drugs	2	2	2	2	2	2
Purchase	102	97	138	111	114	114
Depreciation	35	35	35	35	35	35
Interest	289	289	289	289	289	0
Total cost	758	769	814	786	782	276
Net return	1562	1474	1155	1072	1327	500

Values with different superscripts in row differ significantly (ANOVA; $P < 0.05$).

Costs

Labour

On average, 2.5 people were involved per ploughing day of 3.5 h, or 607 h for the total ploughing period per 100 cattle. On average two people at five hours each were engaged per day trip in transport or 497 h in total. Kraal re-siting, 119 times per year, required on average 714 h per 100 cattle per year. Milking and herding took 282 and 5,194 h per year for the average herd, respectively. In total, the labour required by the average herd of 100 cattle was 7,294 h or 912 working-days at 8 h per day.

The average KKH size was 10.2 persons (table I), of whom 4.5 persons (43 %) were available for work within their own household and for farm work. Most of them were 16 years and older. When persons younger than 16 years were counted as 50 %, the labour availability was 5.0 persons for polygamous households and 3.5 for other households, or 4.2 on average. If it is assumed that a person works 230 days per year, available labour was calculated at 966 days per KKH per average herd or 1,455 days per 100 cattle.

The opportunity cost of labour, as determined through the questionnaire survey, was \$ 0.38 per day, based on piecework as indicated by the respondents. The reported rates ranged from

\$ 0.25 (Sesheke rural) to \$ 1.25 (Mongu, provincial headquarters) per day. In the case of contracted herding, payments amounted to \$ 0.14 per day plus an estimated value of \$ 0.25 for board and lodging. The total cost for labour was estimated at \$ 342.

Capital

The capital consisted mainly of cattle and of some draught-power implements such as ploughs and sledges. Capital cost was calculated on the basis of the real interest at 5 %. Depreciation for implements was set at 20 %. The average value of the animal inventory was calculated by using \$ 86 per animal of 3 years and over (selling price), \$ 39 per animal aged 2 to 3 years (buying price) and \$ 12.5 per calf. The total value amounted to \$ 5,766 with a cost of \$ 289 for real interest, which is the interest forgone for having money capital tied in the animal. Other costs were of minor importance (table IV).

C&R per grazing management system

For the costs, the four GMSs were rather similar (table IV). In Sesheke District (GMS-2) manuring of fields was less common: only three out of nine interviewees mentioned manuring of fields by their herds. In the transhumant systems (GMS-1 and 2) a higher

Table V

Average herd structure and productivity parameters per grazing management system (GMS)

	GMS-1	GMS-2	GMS-3	GMS-4	Av/tot
Area (x 1000 km ²)	19	5	57	40	122
Herds (nbr.)	18	7	14	11	50
Herd size (nbr.)	65.4 ^a	95.8 ^b	58.3 ^a	59.7 ^a	66.4
Calves < 1 yr (%)	16.0 ^a	20.8 ^b	17.3 ^a	16.9 ^a	17.2
Females > 3 yrs (%)	41.9 ^a	41.2 ^a	38.7 ^b	38.5 ^b	40.2
Others (%)	42.1	38.0	44.0	44.6	42.6
Calving rate (%)	51.62 ^a	59.75 ^b	55.56	55.18	54.64
Calf mortality (%)	25.92 ^a	15.62 ^b	19.44	20.28	21.42
Births (1) (%)	21.63 ^a	24.62 ^b	21.50 ^a	21.24 ^a	21.94
Purchases (2) (%)	2.61 ^a	2.48 ^a	3.52 ^b	2.82 ^a	2.89
Sales (3) (%)	6.24 ^a	4.25 ^b	5.28 ^{ab}	9.46 ^c	6.40
Slaughters (4) (%)	1.95	1.73	2.25	2.22	2.06
Mortality (5) (%)	9.57	7.61	9.43	9.89	9.33
Consumed* (%)	7.83	6.40	8.04	8.29	7.79
Herd increase (1+2-3-4-5) (%)	6.48 ^a	13.51 ^b	8.06 ^a	2.49 ^c	7.03

Values with different superscripts in row differ significantly (ANOVA; P < 0.05).

* Calculated as: slaughters + 0.614 deaths.

output for milk was realized, mainly because of higher milk prices. In GMS-4, the output of ploughing was less compared to the other GMSs. The low output of herd increase in GMS-4 was explained (and compensated) by higher cattle sales.

Distribution of C&R to the kraal keepers' household

The distribution of C&R to the KKH is summarized in table VI. This should be seen against the ownership of cattle which was 60 % for the KKH. Some of the milk accruing to the KKH (25 %) and most of the meat (75 %) were sold by the KKH.

Other income

The results of this paragraph are per KKH. The crop income of the KKH, calculated from the average of 3.9 ha cultivated land and multiplied by the average cropping pattern and yields, indicated a value of crops of \$ 444. Deducting the cost of labour and seeds estimated at \$ 99 and \$ 24, respectively, resulted in a net return of \$ 320. The interviews gave an average sale of crops amounting to \$ 102 per KKH. Other farm activities such as beer brewing, fishing, keeping shop, sales of crafts, chickens and goats provided \$ 59 on average in cash. Off-farm income through salaries, pension, remittances from elsewhere generated an average of \$ 131 per KKH (table VII). Remittances were received by 38 % of the KKHs, beer brewing generated money in 63 % of the KKHs, the

sale of chickens in 30 % and the other activities mentioned in 2 to 14 %.

■ DISCUSSION

General profile

The tribal composition of the KKHs interviewed indicated that 20 % were Lozi, which are the traditional cattle keepers. This agreed with the findings of a previous study (14).

The population census (20) showed an average number of 1.1 wives per married man in the rural areas of the WP, against 1.4 found among KKHs in our study. Similarly, the KKH (10.2) was larger than the provincial average (4.7). Possibly, labour requirements and/or surplus of food attracted dependents who were taken up in the household.

Costs and returns

Ploughing

The economic returns of ploughing were based on the amount of cultivated land, labour requirements and yields per ha obtained by ploughing as compared with hand-hoeing. This concept was used

Table VI

Distribution of total herd benefits, cost and cash flow to the average kraal keeper's household (KKH)
(SD = standard deviation)

Gross returns	KKH Share (%)	Amount		Cash receipts	
		(US \$)	(%)	(US \$)	(%)
Ploughing	60 (SD = 29)	261	19	5	1
Transport	65 (SD = 35)	40	3	4	1
Manure	59 (SD = 38)	70	5		
Milk	78 (SD = 29)	266	20	66	13
Cattle sales	54 (SD = 40)	298	22	298	60
Local slaughter	85 (SD = 28)	158	12	119	24
Hides	60	6	0	6	1
Births-deaths	60	243	18		
Total return	64	1342	100	497	100
Costs	KKH Share (%)	Amount		Cash spent	
		(US \$)	(%)	(US \$)	(%)
Labour	83	284	50	125	53
Drugs	100	2	0	2	1
Cattle purchases	66	75	13	75	32
Replacem. implements	100	35	6	35	15
Interest	60	173	30	0	0
Total cost	73	569	100	237	100
Net return	58	773		260	

Table VII

Average distribution of benefits and cash income of farm and non-farm activities per kraal keeping household

Source of income Kraal keeping household	Returns		Cash receipts	
	(US \$)	(%)	(US \$)	(%)
Cattle	513	50	173	37
Crops	320	31	102	22
Other farm activities	59	6	59*	13
Off-farm activities	131	13	131*	28
Total	1023	100	464	100

* Household expenditures were not collected during the survey

instead of the concept of "opportunity cost", because the latter was found inappropriate due to the absence of a free market caused by many social obligations and restrictions in hiring out of oxen for ploughing during the time of field preparation.

Data from an animal draught-power survey in Senanga District of the WP (18) estimated an average cultivated area of 5.0 ha (4.2 ha ploughed) for households owning oxen against an average area of 3.0 ha for households without oxen. This implies a smaller effect in area expansion compared to the conclusions from Pingali *et al.* (19) which were applied in our study. The animal draught-power survey (18) indicated a difference of 20 days from hand-hoeing to harvesting compared to ploughing by oxen to harvesting which is similar to the data of Barrett *et al.* (2) which were used in this study.

People in the study area, including some who owned oxen, generally complained of a shortage of draught-oxen. However, there are more than 46 days per average herd of 66 animals on which ploughing is possible in the WP (16) and ploughing can be increased to about 5 h per day (21). It can be concluded that oxen ploughed fewer fields than they potentially could and, consequently, there is room to increase the output of draught-power. Reasons for the under-employment of oxen were related to an uneven distribution of oxen, both socially and topographically, the poor quantity and quality of fodder, shortage of cash and absentee ownership.

Manure

The conventional way to assess the economic returns of manure is to convert it into nutrient equivalents of fertilizer. In the WP

fertilizers are only used in part of Kaoma District, on relatively good soils. The soils of the rest of the WP are too sandy to justify use of inorganic fertilizers. Alternatively, the assessment of the economic return of manure was based on its contribution to the farming system. The effect of manure is determined by additions of phosphorus and potassium, in combination with increase in the water holding capacity of the soil (17). The traditional application of manure through kraaling is approximately 15 tons/ha annually, corresponding to 90 kg N, 20 kg P₂O₅, 75 kg K₂O and 75 kg SO₃ (17). These high applications can be used more efficiently if a larger area is manured annually because application of high rates of cattle manure can give rise to leaching of organic carbon, nitrogen and phosphorus, and it is more efficient to apply small amounts of manure frequently than large amounts at longer intervals (5).

Although manure is commonly considered to be one of the main products of cattle-keeping in the WP, it is not in general used fully. The main reasons for not using manure were a shortage of labour, lack of interest or because nearby fields were in cultivation. Even in areas where manuring was common it played a minor role (5 %) in terms of gross returns, because only a limited area was manured annually, and the resultant value of crops was low. This agrees with the results of an economic study on fertilizer equivalents which found that the contribution of manure to the kraal income was low (10 %) (15). However, farmers considered reducing the risk of crop failure as an important reason for the application of manure to be essential. In Sesheke District (GMS-2) manure was used less than in other districts, possibly because the district has more shifting cultivation, is drier, and maize is less common.

Herd increase and meat production

Outbreaks of disease in 1986 in the Southern Province (East Coast fever, foot and mouth disease) led to restrictions of cattle movement. Many private traders from the Southern Province shifted their trade to the WP. Therefore, the sales recorded in this report were higher than in previous years, especially in GMS-4. However, from 1987 to 1992 cattle sales remained at this higher level, a trend which is likely to continue. Despite this increase, the sale of cattle (6.4 % of the animals) was low and there is room to increase it, especially since the natural increase of the herd is large. If culling was more timely, the number of animals for emergency slaughter could be reduced as well. A higher offtake would require farmers to have improved marketing channels and good prices. In return, this could result in a higher income for the rural population and a larger meat supply of the local market.

The gross returns in the form of protein production, i.e. cattle sales, local slaughter and milk together, formed 53 % of the total gross returns.

Cost of land and labour

No land cost has been considered in this study since there is no individual land ownership and all land with good soils for crop cultivation is allocated by the chiefs. The opportunity cost of labour was determined at \$ 0.38 per day. A study of households growing cassava and maize in Kaoma District also found a gross margin of \$ 0.38 per labour day (4).

Distribution of C&R to the kraal keepers' household

The KKs owned 44 % of all animals of the herds in the survey, their wives 3 % and their children 14 %. Together they owned

about 60 % of the cattle (6). This might be a slight underestimate because some KKs or their dependents may have had cattle in other herds. Thirty-two percent of the cattle belonged to relatives and 8 % to others. From table VI it can be observed that 54 to 85 % of the gross returns per kraal went to the KKH. The allocations of milk and meat to the KKH were the highest at 78 and 85 %, though actual consumption was only 62 and 47 % of the kraal production. Meat consumption by the KKH was low because meat usually became available after an emergency slaughter and most was then sold. Slaughter for social purposes was uncommon in village life. Milk gradually became available in small quantities every day. Milk surpluses only occurred in the wet season and scarcely, if at all, in the long dry spell. Moreover, the KK who was also responsible for keeping someone else's cow was often rewarded in milk. Consequently, milk from cows owned by people not living near the kraal was often consumed by the KKH or partly sold. The share of the KKH in the net return at 58 % was similar to the distribution of ownership of cattle (60 %).

Other income

Cattle made a sizeable contribution (50 %) to the total income of the KKH. In terms of cash, the direct contribution of cattle was much less: \$ 173 or 37 %. This is because most expenses incurred on cattle are paid in full by the KK. On the other hand, cash from crop sales, partly as a result of the use of animal draught-power and manure, was not credited to cattle. Furthermore, the labour costs were calculated at \$ 0.38 per day but in actual fact amounted to much less, since herdsman were partly paid in kind. Consequently, the cash contribution of cattle was much greater than the results of this study would suggest.

Provincial output

The total provincial net return was \$ 8,479,000 per year. The assessed net income was \$ 1.4/ha/yr and is lower than the income from extensive grazing of \$ 2.4/ha/yr as found in East Africa (7). This is probably due to the low stocking rates found in the WP (1).

■ CONCLUSION

Gathering economic information on cattle kraal management to augment technical production data obtained by the monitoring programme provided an interesting and quantitative insight into the multi-functional contribution of cattle in providing draught-power, cash, milk and meat. The role of cattle as providers of manure appeared minor in economic terms. The study also indicated that there is room to increase draught-power and offtake of the herd. The study further led to the conclusion that cash income from cattle husbandry provided a major part of the total income of the KKH and that the C&R were related to ownership of cattle.

Acknowledgements

This study was initiated and supported by the Dutch-funded Animal Disease Control Project in the WP. The authors wish to thank the interpreter Mr. M. Mubiana for his efforts; the sociologist Mrs. M.L. Beerling for advice in the preparation of the questionnaire and her assistance throughout the period of study; Mr. R.C. de Rooij, Dr. A. Wood, Dr. R.H. Dwinger and Prof. 't Mannelje for critically reading the manuscript.

REFERENCES

1. BAARS R.M.T., JEANES K.W., 1996. The carrying capacity of the Western Province of Zambia. *Trop. Grasslands* (in press)
2. BARRETT V., LASSITER G., WILCOCK D., BAKER D., CRAWFORD E., 1982. Animal traction in Eastern Upper Volta: a technical, economical and institutional analysis. East Lansing, USA, Department of Agricultural Economics/Michigan State University.
3. BESSELL J.E., DAPLYN M.G., 1977. Dairying in Zambia, the traditional sector. Nottingham, United Kingdom, University of Nottingham, 128 p. (Farm Management Investigations for Zambia, Bulletin no. 3)
4. BIJL G. v.d., 1987. Farming systems in a changing policy environment. MSc. thesis, Agricultural University of Wageningen, the Netherlands, 22 p.
5. BROUWER J., POWELL J.M., 1993. Soil aspects of nutrient cycling in a manure application experiment in Niger. In: Powell J.M., Fernández-Rivera S., Williams T.O., Renard C. eds., *Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-Saharan Africa*, Vol. II: Technical papers. Proc. Int. Conf. ILCA, 22-26 November 1993, Addis Ababa, Ethiopia, p. 211-226.
6. CORTEN J.J.F.M., 1988. Productivity of cattle in Western Province, Zambia. Mongu, Zambia, Department of Veterinary and Tsetse Control Services, 83 p. (Third and final draft report)
7. COSSINS N.J., 1985. The productivity and potential of pastoral systems. *ILCA Bulletin*, 21: 10-15.
8. DE HAAN C., NISSEN N.J., 1985. Animal health services in Subsaharan Africa: Alternative approaches. Washington, USA, World Bank. (Technical Paper No. 44)
9. DE ROOIJ R.C., WOOD A.P., 1989. "Who pays the bill": Towards sustainable cattle development in Western Zambia. In: Proc. 6th Int. Conf. AITVM, Wageningen, the Netherlands, 28th August-1st September 1989.
10. DEPARTMENT OF VETERINARY AND TSETSE CONTROL SERVICES, 1992. Annual report Western Province 1991. Mongu, Zambia, DVTCS, 14 p.
11. EPSTEIN H., 1971. The origin of domestic animals. New York, USA, Africana Publishing Corp.
12. INTERNATIONAL LIVESTOCK CENTRE FOR AFRICA, 1988. Annual report 1987. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA.
13. JEANES K.W., BAARS R.M.T., 1991. Vegetation ecology and rangeland resources of Western Province. Western Province, Zambia, Livestock Development Project, Tsetse Control Project Senanga West, DVTCS, Department of Agriculture, 208 p.
14. MACLEAN H.A.M., 1965. An agricultural stocktaking of Barotseiland. Lusaka, Zambia, Government Printer, 49 p.
15. MWAFULIRWA C., MOLL A.J., 1991. Economics of the cattle and crop sub-sectors of Western Province. Western Province, Zambia, DVTCS, LDP, 36 p.
16. NIESTEN M.J., 1984. Sketch of the farm household in Mongu District. Mongu, Zambia, Department of Agriculture.
17. PENNINKHOFF E.P., 1990. Cattle manure in the farming system of Western Province: practices and possibilities. Mongu, Zambia, Adaptive Research Planning Team, Department of Agriculture, 133 p.
18. PHIRI L., 1988. Animal draught-power survey, Senanga District. Mongu, Zambia, Department of Agriculture, Agricultural Engineering Section/Senanga West Agricultural Development Project, 49 p.
19. PINGALI P., BIGOT Y., BINSWANGER H.P., 1987. Agricultural mechanization and the evolution of farming systems in Sub-Saharan Africa. Baltimore, USA, Johns Hopkins University Press.
20. POPULATION CENSUS, 1980. Lusaka, Zambia, Ministry of Statistics, 40 p.
21. SINGH A., SIVANESON S., 1981. Oxen - As a source of farm power. Kabwe, Zambia, Department of Agriculture.
22. WOOD A.P., 1986. Research proposal: Policy implications of socio-economic aspects of cattle keeping in Western Province, Zambia. Huddersfield, United Kingdom, the Polytechnic.

Reçu le 19.10.95, accepté le 13.12.96

Résumé

Baars R.M.T., de Jong R., Zwart D. Les coûts et revenus de l'association de l'élevage bovin et de l'agriculture dans la Province de l'Ouest de la Zambie

Une analyse économique a été réalisée sur 50 cheptels afin de déterminer pour chacun la répartition des gains et des dépenses entre les familles, et en quelles proportions il contribuait aux revenus de la famille par rapport aux autres revenus agricoles et à ceux provenant d'autres sources. La vente de bétail, le labour avec les bœufs, l'accroissement du cheptel et la production de lait se sont avérés être les sources de revenus les plus importantes (respectivement 26, 21, 19 et 16 p. 100 des revenus totaux bruts). Les revenus de l'abattage local, du fumier et de l'usage des bœufs pour le transport ne jouaient qu'un rôle mineur. Les coûts calculés représentaient environ le tiers des revenus bruts. L'efficacité économique annuelle nette a été évaluée à 1,4 US\$ par ha. La famille du gérant du cheptel, qui possédait 60 p. 100 du troupeau, avait à son actif environ 64 p. 100 des revenus bruts totaux, 73 p. 100 des dépenses totales et 58 p. 100 des revenus nets. Les revenus nets moyens provenant du bétail, des récoltes, de la vente de produits agricoles et de sources non agricoles représentaient respectivement 50, 31, 6 et 13 p. 100 du revenu total de la maisonnée. Les résultats ont démontré que l'importance de la traction animale et la vente d'animaux pouvait être améliorée.

Mots-clés : Bovin - Analyse économique - Polyculture élevage - Bétail - Economie agricole - Coût - Revenu - Zambie.

Resumen

Baars R.M.T., de Jong R., Zwart D. Costos y beneficios del sistema cultivo-ganado en la Provincia Oeste de Zambia

Se analizaron los costos y los beneficios por hato (N = 50), así como su distribución entre las familias, se estudió también la relación con otros ingresos provenientes de la finca o fuera de ella. Las ventas de ganado, el arado por bueyes, el incremento en el número de cabezas y la producción de leche parecen ser los principales beneficios (26, 21, 19 y 16 p. 100 de los beneficios totales respectivamente). Los matanzas locales, el abono y el transporte con bueyes parecen jugar un menor papel. Los costos calculados fueron de alrededor un tercio de los beneficios brutos. La eficiencia económica neta se calculó en US\$ 1,4 por ha por año. Los pastores "kraal" de los hogares (KKH), propietarios de 60 p. 100 de los hatos, recibieron 64 p. 100 del total de los beneficios brutos, realizaron 73 p. 100 de los gastos totales y recibieron 58 p. 100 de los beneficios netos. El beneficio neto promedio del KKH, a partir del ganado, cultivos, ventas y otros productos derivados de la finca o de productos externos, fue de: 50, 31, 6 y 13 p. 100 del total del ingreso por hogar respectivamente. Existe la posibilidad de aumentar la importancia de la energía por tracción y de las ventas de animales.

Palabras clave : Ganado - Analisis económico - Explotación agrícola combinada - Economía agrícola - Costo - Renta - Zambia.

Note de lecture :

Cuir et peaux bruts tropicaux

□ Avec près de 10 p. 100 du cheptel mondial de buffles et bovins, 10 p. 100 des ovins et plus de 20 p. 100 des caprins, l'Afrique subsaharienne dispose en principe d'une ressource abondante dans le secteur des cuirs et peaux. Cependant, pour chacune de ces trois catégories, sa contribution à la production mondiale de peaux est inférieure à sa part du cheptel.

A quelques notables exceptions près, particulièrement en Afrique australe, les peaux sont pour l'essentiel, dans ce continent, des sous-produits d'élevage ; la collecte des peaux pour le marché y est très partielle. A l'heure où la valorisation de ces sous-produits s'impose comme un enjeu de taille, les manuels destinés à ces métiers sont très utiles. C'est le cas de celui de A. H. Robinet.

Ce livre est la plus récente contribution de ce spécialiste bien connu des cuirs tropicaux qui souhaite attirer l'attention des praticiens sur les nécessités d'un bon conditionnement. On se souvient de «La collecte et le conditionnement des cuirs et peaux en régions tropicales»¹, indispensable *vade-mecum* de l'agent d'élevage et du collecteur.

L'auteur propose aujourd'hui un manuel technique d'un format pratique (12 x 17), qui permet à l'homme de terrain d'avoir sous la main les indications précises nécessaires, et au décideur une synthèse claire des facteurs qui régissent ce métier.

Outre le format, particulièrement adapté, ce livre présente le double intérêt de rappels en «encadré» des notions importantes et d'un glossaire très utile pour naviguer dans un vocabulaire hermétique. Il manifeste donc un souci pédagogique qui le fera apprécier de tous ceux qui, de près ou de loin, ont à connaître de cette activité. Cette préoccupation est le fil conducteur du plan adopté.

La première partie est une introduction au monde de la peau. Depuis les définitions de base jusqu'au crouponnage, l'auteur passe en revue l'origine zoologique, le rôle et les propriétés de la peau, son histologie, sa structure chimique. Un très intéressant chapitre est consacré à l'influence du climat et des modes d'élevage.

La deuxième partie est le «plat de résistance». C'est, en effet, celui qui traite de la conservation et du conditionnement des cuirs et peaux bruts. Un rappel en encadré donne le ton : «les qualités et les défauts du produit fini sont en relation directe avec le conditionnement du produit brut». Parmi ces gestes simples qui sont la clé de la qualité, on relèvera principa-

lement : la dépouille, la conservation et la désinfection. L'auteur ne se contente pas de décrire minutieusement les différentes opérations, il remet en question quelques idées reçues :

- Concernant la dépouille, insistance est faite sur la nécessité de suspendre les carcasses pour obtenir une saignée aussi complète que possible. L'emploi des tables horizontales pour petits ruminants est donc fortement déconseillée.

- Concernant la lutte contre les prédateurs, le débat est toujours ouvert sur les avantages et les inconvénients de l'arsenicage. Mais l'arséniate semble bien avoir perdu la partie. On lui préfère d'autres insecticides, organochlorés, organophosphorés, dérivés de synthèse, sans pour autant en avoir la maîtrise. La profession attend toujours que l'industrie chimique mette sur le marché une nouvelle molécule, simple d'emploi et peu coûteuse.

Sur les défauts constatés et leur origine, la troisième partie passe en revue les parasitoses externes et internes, les maladies microbiennes et bactériennes. Les moyens de lutte, s'agissant d'un élevage extensif, restent modestes, voire inexistantes, pour les petits ruminants. Quant aux défauts acquis *post-mortem*, l'auteur met l'accent sur les gerçures et les veinules, deux domaines jusqu'à présent peu explorés.

Distinction est faite entre cassures, provoquées par une sèche inadaptée, et gerçures qui ont pour origine vraisemblable des carences alimentaires saisonnières, autant de causes diverses et mal connues pour une dégradation identique comme l'illustrent les photos couleur figurant pour la première fois dans un tel ouvrage. Les veinules pour leur part, si préjudiciables aux fabricants de peaux à velours, peuvent avoir aussi plusieurs origines, soit pathologiques, soit accidentelles. Il en ressort que la distinction traditionnelle entre défauts acquis du vivant de l'animal ou provoqués après la mort n'est plus aussi évidente qu'il y paraissait.

Un grand mérite de l'ouvrage est d'insister sur ces zones d'ombres et d'inviter praticiens et chercheurs à collaborer dans un effort pluridisciplinaire d'investigation. Il fournit l'occasion de sensibiliser tous les intervenants sur la nécessaire recherche de la qualité. Un conditionnement impeccable, des classements rigoureux, le respect des contrats sont les grands principes à opposer au mercantilisme ambiant. Le travail du Docteur Robinet vient à son heure pour rappeler à chacun les règles et les contraintes de ce vieux métier.

Jean-Pierre SENAT

1. Robinet A.H., 1985, 3^e éd. Paris, France, Ministère des Relations extérieures, Coopération et Développement, 173 p. (Coll. Manuels et précis d'élevage)

Robinet A.H., 1995. Cuir et peaux bruts tropicaux. Paris, France, Maisonneuve & Larose, 164 p. (Coll. Le technicien d'agriculture tropicale)

Evaluation des pertes d'agneaux et de chevreaux par abattage des femelles gravides

Y. Manjeli¹ R.M. Njwe¹ J. Tchoumboué¹ S. Abba²
A. Tegua¹

Mots-clés

Brebis - Chèvre - Agneau - Chevreau -
Perte - Abattage - Gestation -
Cameroun.

Résumé

Les pertes d'agneaux et de chevreaux dues à l'abattage des femelles gravides ont été évaluées entre 1993 et 1995 aux abattoirs de Garoua et de Maroua, Cameroun. Sur un total de 3 150 chèvres et 1 757 brebis examinées après abattage, 1 216 chèvres soit 38,6 p. 100 et 1 040 brebis soit 59,2 p. 100 étaient en état de gravidité plus ou moins avancé. Les pertes étaient respectivement de l'ordre de 0,6 chevreau et 1 agneau par femelle abattue. Ces pertes économiques sont importantes et coïncident avec des déficits en viande qui ne cessent de s'aggraver. Des mesures urgentes doivent être envisagées pour en diminuer l'ampleur. Cependant, des mesures efficaces de prévention risquent d'être complexes si le contexte socio-économique encore axé sur l'économie de subsistance et le système d'élevage extensif des petits ruminants reste prédominant.

■ INTRODUCTION

Le Cameroun compte environ 3,5 millions de petits ruminants dont 45 p. 100 d'ovins et 55 p. 100 de caprins. Les rôles de cet élevage villageois sont multiples : élevage tirelire permettant de subvenir aux besoins urgents de l'éleveur (argent, cadeaux, sacrifices...).

Malgré des effectifs relativement élevés ayant une importance socio-économique, la productivité du cheptel des petits ruminants est faible et cela pour des raisons diverses : mortalité des jeunes avant et post-sevrage évaluée à 40-50 p. 100, déficiences alimentaires quantitatives et qualitatives saisonnières, problèmes pathologiques où le parasitisme gastro-intestinal joue un rôle prépondérant. Cependant, dans l'évaluation des causes de cette faible productivité, les pertes des jeunes dues à l'abattage d'un grand nombre de femelles gravides sont rarement prises en compte. L'évaluation de ces pertes, liées aux abattages des mères gestantes, a fait l'objet de quelques études au Cameroun (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9). Les études sont, pour la plupart, limitées dans la zone du Sud Cameroun, aucune ne faisant référence aux caprins.

L'objectif du présent travail est d'évaluer l'importance des pertes par abattage des brebis et chèvres gestantes dans la région septentrionale du Cameroun.

■ MATERIEL ET METHODES

L'étude s'est déroulée de février 1993 à septembre 1995 aux abattoirs de Garoua et Maroua. Un total de 3 150 chèvres et 1 757 bre-

bis ont été examinées après abattage. En cas de gestation, l'âge du fœtus était établi par un examen systématique :

- des ovaires (présence du corps jaune) ;
- de l'état du développement de l'utérus et des poches placentaires ;
- du fœtus avec examen du pelage, ongles, dentition, poids, longueur du corps pour en fixer l'âge (6).

■ RESULTATS

Comme le montre le tableau I, le taux de femelles gravides dans les deux espèces est relativement élevé, juste un peu moins de la moitié et presque les deux tiers des femelles abattues respectivement pour les chèvres et les brebis. L'analyse de la répartition de l'âge de la gestation des femelles gravides montre que les abattages de la première moitié de la gestation (0-2 mois) représentent 60,2 p. 100 et 69,3 p. 100 des chèvres et des brebis gravides abattues. Au cours de la deuxième moitié (2-5 mois), bien que les pourcentages soient relativement faibles, ils restent néanmoins élevés pour une période où les signes de la gravidité sont morphologiquement perceptibles et permettent ainsi un diagnostic précis.

Les pertes en jeunes résultant de l'abattage des femelles gestantes sont d'autant plus importantes que la proportion des gestations gémeillaires est élevée. Le tableau II montre la répartition des femelles gravides en fonction du type de gestation et met en évidence le fait que la proportion des femelles abattues en état de gestation gémeillaire représente environ les deux tiers du total des femelles gestantes abattues dans les deux espèces. Si la répartition des types de gestation observés reflète la réalité, les pertes des jeunes sont alors respectivement de 1 992 et 1 732 chevreaux et agneaux soit 0,6 chevreau et 1 agneau par chèvre et par brebis abattue.

1. Département de zootechnie, Faculté d'agronomie et des sciences agricoles, Université de Dschang, BP 222 Dschang, Cameroun

2. Ministère de l'agriculture, Yaoundé, Cameroun

Tableau I

Répartition des chèvres et brebis gravides abattues en fonction de la durée de la gestation

Durée de la gestation (mois)	Femelles gravides abattues			
	Chèvres		Brebis	
	Nombre	%*	Nombre	%*
0-1	421	34,6	430	41,3
1-2	324	26,6	293	28,2
2-3	235	19,3	237	22,8
3-4	199	16,3	49	4,7
4-5	37	3,1	31	3,0
Total femelles gravides abattues	1 216	38,6**	1 040	59,2**

* Pourcentage par rapport aux femelles gravides abattues

** Pourcentage par rapport aux femelles abattues contrôlées

Tableau II

Répartition des chèvres et brebis gravides abattues par types de gestation

Types de gestation	Femelles gravides abattues			
	Chèvres		Brebis	
	Nombre	%	Nombre	%
Simple	440	36,2	348	33,5
Double	776	63,8	692	66,5
Total	1 216	100,0	1 040	100,0

■ DISCUSSION

Les résultats de cette étude montrent l'importance des pertes des petits ruminants par suite de l'abattage des femelles gestantes. Celles-ci doivent d'ailleurs être évaluées à la hausse puisque les femelles abattues avant l'implantation et la placentation ou à un stade de gravidité très précoce n'ont pas été prises en compte.

Dans la zone considérée, l'élevage des petits ruminants de type essentiellement extensif implique que dans son troupeau l'éleveur n'a pas la maîtrise du processus de la reproduction qui a lieu au hasard des rencontres mâles - femelles. L'éleveur ignore ainsi l'état de gravidité de ses femelles jusqu'à un stade avancé de celle-ci.

Si la vente des animaux à un stade précoce de la gestation peut être compréhensible, on ne s'explique pas le taux d'abattage encore relativement élevé des femelles se situant dans la deuxième moitié (3-5 mois) de gestation, leur aspect physique dénotant clairement leur condition aussi bien auprès de l'éleveur qui les vend que du boucher qui les abat.

L'abattage des femelles gestantes pourrait donc s'expliquer non pas par l'ignorance de l'état physiologique des animaux, mais davantage par le contexte socio-économique de l'élevage des petits ruminants qui est considéré comme un élevage de subsistance tire-lire destiné à la vente pour résoudre les besoins urgents quel que soit l'état physiologique des animaux. De ce fait, on peut présager de la complexité et de la difficulté qu'il y aurait à élaborer et à mettre en pratique des mesures de prévention de l'abattage des femelles gravides. Pourtant il faut les envisager. En effet, les pertes des petits par abattage ajoutées à celles des petits nés évaluées actuellement à 40-50 p. 100 et à d'autres types de pertes (mortalité des adultes...), montrent un manque à gagner non négligeable pour l'économie nationale qu'il serait préférable d'estimer pour pouvoir ensuite envisager les possibilités, au moins, de le limiter.

■ CONCLUSION

Il ressort de cette étude que la proportion des femelles gravides vendues et abattues quel que soit le stade de la gravidité est relativement élevée et atteint 40 et 50 p. 100 du total des femelles abattues respectivement pour les espèces caprines et ovines. Ces abattages entraînent des pertes énormes en petits évalués respectivement à 0,6 chevreau et 1 agneau par femelle abattue.

A l'échelon national, il s'agit de pertes économiques importantes contre lesquelles des mesures urgentes doivent être envisagées pour en diminuer l'ampleur.

Cependant, tant que le système d'élevage extensif restera prédominant et que les petits ruminants seront élevés dans le contexte d'économie de subsistance, les mesures efficaces de prévention de ces pratiques désastreuses risquent d'être complexes et difficiles à mettre en œuvre. Pourtant il faut les envisager en urgence étant données les pertes qu'elles entraînent pour l'économie nationale.

BIBLIOGRAPHIE

- MUKASA-MUGERWA E., TEKELYE B., 1988. The reproductive performance of Ethiopian Highland sheep. *Anim. Reprod. Sci.*, **17**: 95-102.
- NDI C., TAMBI N.E., AGARITH N.W., 1993. Reducing calf wastage from the slaughtering of pregnant cows in Cameroon. *Revue mond. Zootec.*, **77**: 4-5.
- NSEKAYARENZE J., 1988. Contribution à la détermination de l'âge du fœtus de brebis Peul-Peul du Sénégal (A propos de 138 fœtus récoltés aux abattoirs de Dakar). Thèse doct. médecine vétérinaire n°39, Ecole inter-états de Sciences médicales et vétérinaire, Université Dakar, Sénégal.
- TCHOUMBOUE J., 1984. Pertes de veaux par abattage de vaches gestantes. Cas particulier de l'abattoir de Yaoundé (Cameroun). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **37** (1): 70-72.
- TCHOUMBOUE J., 1988. Note sur l'abattage de brebis gestantes et les pertes d'agneaux au Cameroun. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **41** (4): 461-462.
- TCHOUMBOUE J., 1989. Pertes de porcelets par abattage des truies gestantes au Cameroun. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **42** (4): 589-590.

7. WILSON R.J., TRAORE A., 1988. Livestock production in central Mali. Reproductive performance and reproductive wastage in ruminants in the agro-pastoral system. *Theriogenology*, **29** (4): 931-944.

8. WOSU L.O., 1988. Calf wastage through slaughtering of pregnant cows in Enugu abattoir, Nigeria. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **41** (1) : 97-98.

9. WOSU L.O., DIBUA E.C., 1992. Lamb and kid wastage through slaughtering of pregnant ewes and goats at Enugu and Nsukka abattoirs in Anambra State, Nigeria. In: Rey B., Lebbie S.H.B., Reynolds L. eds., Small ruminant research and development in Africa. Proceedings of the first biennial conference of the African small Ruminant Research Network, 10-14 December 1990, Nairobi, Kenya. Nairobi, Kenya, ILRAD.

Reçu le 6.5.96, accepté le 28.10.96

Summary

Manjeli Y., Njwe R.M., Tchoumboué J., Abba S., Tegua A.
Loss evaluation of lambs and kids through slaughtering of pregnant females

Loss of lambs and kids through slaughtering of pregnant ewes and goats at Garoua and Maroua abattoirs, Cameroon, was evaluated between 1993 and 1995. Out of 3150 goats and 1757 ewes slaughtered, 1216 goats (38.6 %) and 1040 ewes (59.2 %) were pregnant. Losses were estimated at 0.6 kid and 1 lamb per slaughtered female respectively. These losses have consequential economic impacts at a time when meat shortage is growing. Urgent measures should be taken to reduce the magnitude of the problem. However, efficient preventive measures might be complicated if the socio-economic context, still based on subsistence economy and small ruminant extensive husbandry, remains prevalent.

Key words: Ewe - Goat - Lamb - Kid - Loss - Slaughtering - Pregnancy - Cameroon.

Resumen

Manjeli Y., Njwe R.M., Tchoumboué J., Abba S., Tegua A.
Evaluación de las pérdidas de corderos y cabritos por el sacrificio de hembras gestantes

Se evaluaron las pérdidas de corderos y cabritos debidas al sacrificio de hembras gestantes, entre 1993 y 1995 en los mataderos de Garoua y Maroua, Camerún. Sobre un total de 3 150 cabras y de 1 757 ovejas examinadas *post-mortem*, 1 216 cabras, es decir 38,6 p. 100 y 1 040 ovejas, sea 59,2 p. 100 se encontraban en estado de gravidez más o menos avanzada. Las pérdidas son, respectivamente, del orden de 0,6 cabrito y de un cordero por hembra sacrificada. Estas pérdidas económicas son importantes y coinciden con los déficits en carne, los cuales no cesan de agravarse. Deben tomarse medidas urgentes para disminuir la importancia. Sin embargo, las medidas eficaces de prevención podrían resultar complejas, si el contexto socio-económico, aún centrado sobre la economía de subsistencia y el sistema de crianza extensivo de los pequeños rumiantes, sigue predominando.

Palabras clave : Oveja - Cabra - Cordero - Cabrito - Pérdida - Sacrificio - Gestación - Camerún.

Haematological studies of pure indigenous domestic fowl (*Gallus domesticus*) and guinea fowl (*Numida meleagris*) in North-West Nigeria

O.J. Uko¹ A.M. Ataja²

Key words

Chicken - Guinea fowl - Blood composition - Biochemistry - Extensive husbandry - Nigeria.

Summary

Normal haematological and plasma biochemical values of pure indigenous domestic and guinea fowls in a natural extensive system in North-West Nigeria were investigated. The values for haematocrit, haemoglobin and erythrocytes in the indigenous domestic fowls were within lower values of range documented in literature for conventional (exotic) breeds under intensive management. Total leucocyte counts in domestic and guinea fowls were higher than values reported for exotic breeds. Plasma cholesterol and total plasma protein levels in domestic and guinea fowls were similar to values reported for exotic breeds, except alkaline phosphatase activities which were lower. The lower values of erythrocyte parameters in indigenous domestic fowls were attributed to a malnutrition-parasitism complex. The higher leucocyte count in the indigenous birds was thought to be a response to regular exposure of the birds to pathogenic organisms.

INTRODUCTION

Most Nigerians prefer poultry meat and eggs to other sources of proteins. This probably accounted for a significant expansion of the industry in the late 1970's and early 1980's when foreign currencies were readily available to the government of Nigeria. Hence the industry depended largely on exotic breeds of the birds for its survival. However, global economic recession, especially in a developing country like Nigeria in the later part of 1983, made it impossible for Nigeria to sustain the importation of these birds and their feed, which resulted in the collapse of the industry. Therefore, for a successful and sustainable poultry industry, Nigeria must develop her parent stocks and take advantage of some good attributes of the indigenous birds. But the policy of introducing exotic breeds of animals into Nigeria for cross-breeding without first exploring the potentials of the local breeds is being seriously questioned. It has been suggested that the first step in the development of Nigeria livestock industry should be a thorough evaluation of all available local breeds with parallel studies on available cross-breeds to justify the use of exotic breeds (1).

Currently dominating the poultry industry is the domestic fowl (*Gallus domesticus*) although the guinea fowl (*Numida meleagris*)

galeata) is making an appreciable impact in this sector. Several investigations on the biology of the guinea fowl (16, 18, 19, 23) have been carried out with a view to improving it. This necessitated detailed haematological studies of the indigenous domestic fowl and guinea fowl in North-West Nigeria on which there is not much of information. This study is expected to provide reference values on the haematology of these birds for breeding and health related studies.

MATERIALS AND METHODS

Indigenous domestic and guinea fowls in North-West Nigeria are basically scavengers with little or no grain supplement as food. Common watering points may be provided for those that are sheltered in an enclosure. Usually, no vaccination or medication against endemic diseases and no mineral-vitamin supplements are given.

Apparently healthy adult indigenous male and female domestic fowls (n = 112) and male and female guinea fowls (n = 78) were used for the study. Blood of the birds was obtained at a central dressing point in Sokoto Central Market, Nigeria, on December 15, 1993 through January 19, 1994. Blood collection was by exsanguination following cervical dislocation of each bird into two sets of bijoux bottles, one containing di-sodium ethylenediaminetetra-acetate (EDTA) at 1.0 mg/ml and another containing heparine at 0.2 mg/ml blood as described by Benjamin (7) for cell counts and plasma biochemistry, respectively. The collected blood was screened for haemoparasites using light microscope and QBC_{IT}® Centrifugal Haematology System (Becton

1. Department of veterinary physiology, Usmanu Danfodiyo University, Sokoto, Nigeria

2. Department of veterinary public health and animal production, Usmanu Danfodiyo University, Sokoto, Nigeria

Address for correspondence: PO Box 4148, Sokoto, Nigeria

Dickinson Co., USA). The positive blood was discarded. Blood analyses were done on the day of collection. Haemoglobin (Hb) concentration, erythrocyte (RBC) counts and leucocyte (WBC) differential counts were carried out according to the method of Brown (8). The total WBC and thrombocyte (PLT) counts and haematocrit (PCV) determination were performed with the QBC_{II}® machine. The RBC indices: mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular haemoglobin (MCH) and mean corpuscular haemoglobin concentration (MCHC) were calculated using established formulae (26).

The heparinized blood was immediately centrifuged at 12,800 x g for 5 min and the plasma separated and used for determination of cholesterol, alkaline phosphatase (AP), total plasma protein (TPP) and albumin concentrations using Blood Analyser®, Model 6300 (Ames Co., USA). The methods used for the determination of the metabolites were as described by Olowo-Okorun *et al.* (20). Globulin concentration was calculated by difference. The results were expressed as mean S.D. Tests for statistical difference between paired means were done using Student's t test (27).

RESULTS

Values of RBC, PLT and RBC indices are summarized in table I. Male domestic fowls had higher ($P < 0.05$) PCV and RBC values than female domestic fowls but Hb, MCV, MCH and MCHC values were remarkably ($P > 0.05$) close in both sexes. However, female domestic fowls had more ($P < 0.05$) numerous PLT than male domestic fowls. Male and female guinea fowls exhibited similar ($P > 0.05$) PCV, Hb, RBC and MCH values but male guinea fowls had greater ($P < 0.05$) MCV than females. Conversely, female guinea fowls possessed higher ($P < 0.05$) MCHC and PLT counts than males. Male and female guinea fowls had significantly ($P < 0.01$) higher PCV, Hb and RBC and lower ($P < 0.05$) MCV, and PLT values than male and female domestic

fowls, respectively. MCHC in both male and female domestic and male and female guinea fowls, respectively, compared favourably ($P > 0.05$).

Total WBC and differential counts are presented in table II. Female domestic and female guinea fowls consistently maintained slightly more elevated total WBC counts than male domestic and male guinea fowls, respectively, but the differences were not significant. Male and female guinea fowls had significantly ($P < 0.05$) greater total WBC counts than male and female domestic fowls, respectively. Relative lymphocyte counts in female domestic and female guinea fowls were generally higher than in male domestic and male guinea fowls, respectively; however this difference was significant ($P < 0.05$) only in domestic fowls. Heterophil and monocyte percentages in males of either type were higher than in females of the same type, although only heterophil differences in domestic fowls attained a significant ($P < 0.05$) level. Eosinophil and basophil percentages did not show any consistent trend between sexes and bird types.

Plasma biochemical values are shown in table III. Cholesterol, AP, TPP, albumin and globulin levels were generally higher in female domestic and female guinea fowls than in the respective males. Female domestic fowls showed remarkably higher ($P < 0.01$) cholesterol value than male domestic fowls but the difference between male and female guinea fowls was not significant. Conversely, female and male domestic fowls exhibited higher ($P < 0.01$ and $P < 0.05$) cholesterol values than female and male guinea fowls, respectively. AP activities in male and female domestic fowls were lower ($P < 0.01$) than in male and female guinea fowls, respectively. Also AP activities between female and male domestic fowls differed significantly ($P < 0.05$); no difference ($P > 0.05$) in the activity of AP was observed between female and male guinea fowls. TPP values between male and female domestic fowls differed ($P < 0.05$) appreciably but the values were close ($P > 0.05$) in male and female guinea fowls. TPP value was higher ($P < 0.05$) in female domestic fowl

Table I

Normal values for haematocrit, erythrocyte, erythrocyte indices and thrombocytes of indigenous domestic and guinea fowls in North-West Nigeria

Animal (n)	PCV (%)	Hb (g/100 ml)	RBC ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	MCV (μm^3)	MCH (Pg)	MCHC (%)	PLT ($\times 10^3/\text{mm}^3$)
Male domestic fowl (55)	31.05 $\pm 3.39^{a+}$	9.38 $\pm 0.77^{a+}$	2.58 $\pm 0.51^{a+}$	120.35 $\pm 35.36^{a+}$	36.36 $\pm 2.15^{a+}$	30.21 $\pm 1.45^{a+}$	25.4 $\pm 2.4^{a+}$
Female domestic fowl (57)	28.63 $\pm 3.79^{b*}$	8.82 $\pm 1.06^{b*}$	2.42 $\pm 0.48^{b*}$	118.31 $\pm 25.36^{b*}$	36.45 $\pm 1.62^{b*}$	30.81 $\pm 1.75^{b*}$	26.8 $\pm 3.7^{b*}$
Male guinea fowl (41)	35.96 $\pm 1.33^{c++}$	10.68 $\pm 1.16^{c++}$	3.45 $\pm 0.62^{c++}$	104.23 $\pm 14.52^{c++}$	30.96 $\pm 2.24^{c++}$	29.70 $\pm 2.24^{c++}$	23.9 $\pm 2.5^{c++}$
Female guinea fowl (37)	33.04 $\pm 5.96^{c**}$	10.51 $\pm 1.04^{c**}$	3.40 $\pm 0.64^{c**}$	98.35 $\pm 13.76^{c**}$	30.91 $\pm 2.11^{c**}$	31.45 $\pm 2.00^{d*}$	24.5 $\pm 5.8^{d**}$

(n) = sample size; a, b, c, d = means with different superscripts in a column among the same bird type differed significantly; +, ++, *, ** = means with different signs in a column among the same sex differed significantly

Table II

Leucocyte counts in healthy indigenous domestic and guinea fowls in North-West Nigeria

Animal (n)	TWBC (x 10 ³ /mm ³)	Lymphocyte (%)	Heterophil (%)	Monocyte (%)	Eosinophil (%)	Basophil (%)
Male domestic fowl (55)	22.71 ±2.04 ^{a+}	51.8 ±7.3 ^{a+}	34.2 ±5.5 ^{a+}	9.1 ±1.3 ^{a+}	3.6 ±0.2 ^{a+}	1.3 ±0.1 ^{a+}
Female domestic fowl (57)	23.37 ±3.27 ^{a*}	56.2 ±6.7 ^{b*}	29.2 ±3.8 ^{b*}	8.8 ±1.6 ^{a*}	4.3 ±0.5 ^{a*}	1.5 ±0.1 ^{a*}
Male guinea fowl (41)	24.31 ±3.48 ^{c++}	53.8 ±4.9 ^{c+}	33.7 ±3.4 ^{c+}	7.4 ±1.7 ^{c+}	3.7 ±0.3 ^{c+}	1.4 ±0.2 ^{c+}
Female guinea fowl (37)	25.20 ±2.72 ^{c**}	57.0 ±6.4 ^{c*}	32.3 ±4.1 ^{c*}	6.5 ±1.9 ^{c*}	2.9 ±0.6 ^{c*}	1.3 ±0.2 ^{c*}

TWBC = total leucocytes; (n) = sample size; a, b, c = means with different superscripts in a column among the same bird type differed ($P < 0.05$); +, ++, *, ** = means with different signs in a column among the same sex differed ($P < 0.05$).

Table III

Plasma biochemicals in healthy indigenous domestic and guinea fowls in North-West Nigeria

Animal (n)	CHL (mg/100 ml)	AP (IU)	TPP (g/100 ml)	ALB (g/100 ml)	GLB (g/100 ml)	ALB/GLB
Male domestic fowl (35)	132.4 ±34.2 ^{a+}	39.44 ±3.50 ^{a+}	4.9 ±0.61 ^{a+}	2.3 ±0.42 ^{a+}	2.6 ±0.49 ^{a+}	0.88 ^{a+}
Female domestic fowl (35)	165.1 ±43.6 ^{b*}	44.4 ±3.69 ^{b*}	6.0 ±1.22 ^{b*}	2.7 ±0.57 ^{b*}	3.3 ±0.76 ^{b*}	0.84 ^{a*}
Male guinea fowl (35)	115.6 ±31.1 ^{c++}	55.3 ±2.82 ^{c++}	4.4 ±0.39 ^{c+}	1.9 ±0.28 ^{c+}	2.5 ±0.17 ^{c+}	0.76 ^{c++}
Female guinea fowl (30)	122.2 ±25.6 ^{c**}	58.8 ±6.04 ^{c**}	4.9 ±0.44 ^{c**}	2.1 ±0.62 ^{c**}	2.8 ±0.45 ^{c*}	0.74 ^{c**}

CHL = cholesterol; ALB = albumin; GLB = globulin; (n) = sample size; a, b, c = means with different superscripts in a column among the same bird type differed significantly; +, ++, *, ** = means with different signs in a column among the same sex differed significantly.

compared with the value in female guinea fowls. However, no similar result was obtained in TPP value between male domestic and male guinea fowls. Albumin values in male and female domestic fowls differed ($P < 0.05$) whereas no such disparity was noticed between male and female guinea fowls. Similarly, female domestic fowls possessed a higher ($P < 0.05$) albumin level than

female guinea fowls but values in male domestic and male guinea fowls were close ($P > 0.05$). Globulin fraction in female domestic fowls was higher ($P < 0.05$) than in male domestic fowls, but no significant difference was apparent between male domestic and male guinea fowls. Albumin/globulin ratios in male and female domestic fowls were higher ($P < 0.05$) than in the respective male

and female guinea fowls. However, no such difference in the ratios between male and female birds of the same type was observed.

■ DISCUSSION

The observed PCV, Hb and RBC in the indigenous domestic fowls in this study are within lower values of reported range in literature (29). The low values are thought to be due to a combination of malnutrition and parasitic infestations as both conditions are known to depress these parameters (10, 12). The differences in the RBC parameters between male and female indigenous domestic fowls were likely to be influenced by hormonal factors. Domm and Taber (14) have shown that androgens (testosterone propionate) will cause an increase in RBC in capons and five-month old pullets whereas estrogen (alpha estradiol benzoate) in large amounts tended to counteract the effect of androgens. Cook and Harmon (10) also noted considerable decrease in the amount of Hb with the intensity of egg production. Indigenous domestic fowls breed throughout the year during which their hormonal levels are expected to remain high. The remarkable closeness in RBC and Hb values of male and female guinea fowls are due to seasonality in the breeding behaviour of the fowls (2, 4, 5, 18, 23, 30). According to Onuora (23), the periods of the lowest relative humidity, lowest rainfall and high temperature in Nigeria correspond with the period of lowest semen volume, poor percentage motility, lowest spermatozoa concentration and highest percentage of dead spermatozoa. Onuora (24) also reported complete cessation of semen production during the harmattan (cold-dry season) in the months of January and February in Nigeria by guinea cocks and concluded that a cyclic activity of the gonads occurs. Guinea hens lay eggs mainly during the rainy season in North-West Nigeria in the months of July through September when fertility and hatchability are highest (5). Therefore, the loss of estrogenic inhibition and androgenic stimulation on erythropoiesis as reported by Sturkie (28) could result in similar production of RBC by both male and female guinea fowls. The differences between domestic and guinea fowls of either sex in RBC values were attributable to genetic factors. Higher PLT count in domestic than in guinea fowls probably explained the faster rate of blood clotting in domestic than in guinea fowls during the period of blood sampling. Platelets are generally known to play a part in blood coagulation (26) in mammals although the role of avian thrombocytes in the initiation of blood coagulation is not clear (3, 15).

Total WBC counts in indigenous domestic fowls were higher than some previously published counts (21, 25). However, adult chickens kept in an outdoor environment usually have higher total WBC counts than those kept indoors (21), which was the case with domestic and guinea fowls in North-West Nigeria. This was probably a response to regular exposure of the birds to pathogenic organisms. There seemed to be a general heterophilia in both domestic and guinea fowls in the present study, suggesting a high contact of the birds with bacterial pathogens as previously recorded (11, 13). Newcomer (17) found consistent heterophilia when he injected adrenocortico-tropic hormone into cockerels. The stressor in this study may as well be the bacterial pathogens or a combination of pathogens and high environmental temperature (at about 30.8°C) that is usually characteristic of North-West Nigeria. Another apparent characteristic of WBC counts in

domestic and guinea fowls was eosinophilia. Eosinophilia is known to occur under certain conditions like verminous infestations, allergic states and anaphylactic shock (29). Parasitism was a more likely cause of eosinophilia in the present study as Nigeria is known to be highly endemic with parasites. Moreover, the birds were reared extensively.

Higher cholesterol levels in male and female domestic fowls than in the respective sexes of guinea fowls were because of the presumably more active cyclic activities of gonads in domestic fowls. This was corroborated by the work of Olson (22) who showed that striking changes in blood composition take place during periods of ovarian activity in birds. These include lipaemia and a significant elevation in blood calcium concentration. The AP activities recorded in this study followed similar pattern of distribution among male and female domestic and guinea fowls as reported by Olowo-Okorun *et al.* (20), but the values differed greatly in size. Although no adequate explanation could be given for the discrepancy other than genetic factors (20), the season in which their work was performed was not mentioned. Moreover, they used domestic fowls at the University of Ibadan Research Farm in South-West Nigeria and guinea fowls at the Kainji Lake Research Institute in the Middle Belt of Nigeria, which were reared intensively. Both regions usually experience distinct climatic conditions from North-West Nigeria. The differences in TPP values between sexes of domestic and guinea fowls, respectively, agreed with the earlier work of Swenson (29) that male plasma proteins are usually lower than those of female birds and the investigator suggested the involvement of gonadal hormones. Therefore, the significant difference in values of the proteins between male and female domestic fowls probably resulted from the functional state of their gonadal hormones at the time of this study. Those of the guinea fowls were presumably quiescent. Defalco (13) reported a value of 2.82 g protein per 100 ml serum in guinea hens. This was lower than the values recorded in the present study which were similar to those (4.55 and 5.02 g/100 ml plasma for males and females, respectively) reported by Olowo-Okorun *et al.* (20) where plasma, instead of serum, was used. The differences in the protein values cannot adequately be explained although it has been documented (9) that, when plasma or serum proteins from avian blood is less than 3.0 g/100 ml, this indicates hypoproteinaemia.

■ CONCLUSION

This study has presented the haematological values of indigenous birds in their true native form. To be compared adequately, indigenous birds must therefore be subjected to identical systems of management with exotic birds. Because of paucity of information on the haematology of guinea fowls in Nigeria, it has not been possible to make a similar comparison with published data as was done with domestic fowls.

Acknowledgements

We gratefully acknowledge the technical assistance of Mr. Bello Isah of Diagnostic Laboratory, Sokoto Clinic, Sokoto. The secretarial work of Mrs. Edna Onakpa is also acknowledged with thanks.

REFERENCES

1. ADU I.F., BRINKMAN W.I., 1977. Sheep and goat production in Shika. Proc. 2nd National livestock prod. conf, Oct. 6-10, Zaria, Nigeria. Zaria, Nigeria, NAPRI, p. 202-211.
2. AIRE T.A., AYENI J.S.O., OLOWO-OKORUN M.O., 1979. The structure of the excurrent ducts of the testis of the guinea fowl (*Numida meleagris*). *J. Anat.*, **129**: 633-643.
3. ARCHER R.K. Blood coagulation, 1971. In: Bell D.J., Freeman B.M. eds., Physiology and biochemistry of domestic fowl, Vol. II. London, United Kingdom, Academic press.
4. AYORINDE K.L., OKAEME N.A., 1984. All year guinea fowl - how feasible? Proc. 4th West African farming and food processing workshop, New Bussa, Nigeria, March-April 1984. New Bussa, Nigeria, Kainji Lake Research Institute, p. 21.
5. AYORINDE K.L., AYENI J.S.O., 1986 The reproductive performance of indigenous and exotic varieties of the guinea fowl (*Numida meleagris*) during different seasons in Nigeria. *Nig. J. Anim. Prod. Res.*, **6**: 127-140.
6. BANNOR T.T., OGUNSAN E.A., 1987 The effects of environmental temperatures on intensive poultry production in Sokoto State of Nigeria. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **35**: 36-45.
7. BENJAMIN M.M., 1961. Outline of veterinary clinical pathology, 2nd ed. Ames, USA, Iowa State University Press, p. 37.
8. BROWN B.A., 1976. Haematology: Principles and procedures. 2nd ed. Philadelphia, USA, Lea and Febiger.
9. COLES E.H., 1986. Avian chemistries. In: Veterinary clinical pathology, 4th ed. London, United Kingdom, W.B. Saunders, p. 291.
10. COOK S.F., HARMON I.W., 1933. The regulation of the hemoglobin level in poultry. *Am. J. Physiol.*, **105**: 407-415.
11. COOK F.W., DEARSTYNE R.S., 1934. Haematology of the fowl. A. Studies on normal avian blood. B. Studies on the haematology of avian typhoid. *N.C. Agr. exp. Stat., tech. Bull.*, **44**: 51-76.
12. COOK S.F., 1937. A study of the blood picture of poultry and its diagnostic significance. *Poult. Sci.*, **16**: 291-306.
13. DEFALCO A.J., 1942. A serological study of some avian relationship. *Biol. Bull.*, **82**: 205-218.
14. DOMM L.V., TABER E., 1946. Endocrine factors controlling erythrocyte concentration in the blood of the domestic fowl. *Physiol. Zool.*, **19**: 258-265.
15. HODGES R.D., 1977. Normal avian (poultry) haematology. In: Archer R.K., Jeffcott L.B., eds., Comparative clinical haematology. London, United Kingdom, Blackwell Scientific Publications.
16. IMMELMANN K., 1972. Role of the environment in reproduction. In: Farmers D.S. ed., Breeding of birds. Washington D.C., USA, National Academy of Scientific Press, p. 121-157.
17. NEWCOMER W.S., 1957. Blood cell changes following ACTH injection in the chick. *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, **96**: 613-616.
18. OGBUEGBU S.O., AIRE T.A., ADEYEMO O., 1988. Egg-laying pattern of the semi-domesticated helmeted guinea fowl (*Numida meleagris galeata* Pallas). *Br. Poult. Sci.*, **29**: 171-174.
19. OLOWO-OKORUN M.O., AYENI J.S., AIRE T.A., 1980. Plasma glucose and alkaline phosphatase levels in guinea fowls (*Numida meleagris*) and Nigeria domestic fowls (*Gallus domesticus*). *Zentralbl. Vet.*, **27**: 578-582.
20. OLOWO-OKORUN M.O., MAKINDE M.O., AIRE T.A., AYENI J.S.O., 1983. Some aspects of the haematology of guinea fowls compared with Nigerian local fowl. In: Ayeni J.S.O., Olomu J.M., Aire T.A. eds., Proc. of the helmet guinea fowls. New Bussa, Nigeria, Kainji Lake Res. Inst., p. 85-92.
21. OLSON C., 1937. Variations in the cells and haemoglobin content in the blood of normal domestic chicken. *Cornell Vet.*, **27**: 235-239.
22. OLSON C., 1965. Avian haematology. In: Diester H.E., Schwarts L.H. eds., Diseases of poultry, 5th ed. Ames, USA, Iowa State University Press.
23. ONUORA G.I., 1982. Seasonal variation in semen quality in the guinea fowls. *Nig. Vet. J.*, **11**: 8-15.
24. ONUORA G.I., 1983. Studies of the reproductive physiology of the grey breasted helmet guinea fowl. In: Ayeni J.S.O., Olomu J.M., Aire T.A. eds., Proc. of the helmet guinea fowl (*Numida meleagris galeata* Pallas). New Bussa, Nigeria, Kainji Lake Res. Inst., p. 181.
25. PALMER E.I., 1935. IV. Erythrocyte and leucocyte counts of birds raised in confinement. *Can. J. Res. Sect. D., zool. Sci.* **13**: 85-92.
26. SCHALM O.W., JAIN N.C., CARROL E.J., 1975. Veterinary Haematology, 3rd ed. Lea and Febiger, Philadelphia, USA.
27. STEEL R.G.D., TORRIE J.H., 1980. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach, 2nd ed. Auckland, New Zealand, McGraw Hill.
28. STURKIE P.D., 1976. Avian physiology, 3rd ed. New York, USA, Springer-Verlag.
29. SWENSON M.J., 1984. Physiological properties, cellular and chemical constituents of blood. In: Swenson M.J. ed., Duke's Physiology of domestic animals, 10th ed. Ithaca, USA, Cornell University Press.
30. TRETJAKOV N.P., PELJTICER S.O., 1954. The incubation of guinea fowl eggs. *Tr. nauc. issled. Inst. Pticev.*, **24**: 33-39.
31. WAI W.Y., STAFSETH H.J., 1950. Pullorum disease studies in turkeys. IV. Blood cells and their response to pullorum infection. *Poult. Sci.*, **29**: 328-332.

Reçu le 3.5.94. accepté le 8.10.96

Résumé

Uko O.J., Ataja A.M. Etudes hématologiques et biochimiques de poule domestique (*Gallus domesticus*) et de pintade domestique (*Numida meleagris*) de races locales du Nord-Ouest du Nigeria

Les valeurs hématologiques et biochimiques de plasmas de poules et de pintades domestiques de races locales, élevées en système extensif traditionnel au Nord-Ouest du Nigeria, ont été étudiées. Les valeurs des hématocrites, de l'hémoglobine et les taux d'érythrocyte chez ces volailles locales se situaient dans les limites inférieures de celles obtenues par d'autres auteurs pour des races conventionnelles (exotiques) provenant de systèmes d'élevage intensif. La numérotation des leucocytes totaux chez les poules et les pintades domestiques était supérieure à celle observée chez les races exotiques. Les niveaux de cholestérol et de protéines plasmatiques totales chez les poules et les pintades domestiques étaient similaires à ceux signalés chez les races exotiques, à l'exception des activités des phosphatases alcalines qui étaient plus faibles. Les valeurs inférieures des paramètres d'érythrocyte chez les races locales ont été attribuées à un ensemble de malnutrition et de parasitisme. Le taux plus élevé des leucocytes chez les races indigènes a été considéré comme une réponse de la volaille face à l'exposition régulière à des organismes pathogènes.

Mots-clés : Poulet - Pintade - Composition du sang - Biochimie - Elevage extensif - Nigeria.

Resumen

Uko O.J., Ataja A.M. Estudios hematológicos del ave doméstica autóctona (*Gallus domesticus*) y del ave de Guinea (*Numida meleagris*) en el Noroeste de Nigeria

Se estudian los valores hematológicos y bioquímicos de plasmas del ave autóctona y de Guinea en un sistema extensivo natural, en el noroeste de Nigeria. Los valores del hematocrito, la hemoglobina y de los eritrocitos en las aves domésticas autóctonas se encontraban dentro de los límites inferiores citados en la literatura para razas convencionales (exóticas) bajo manejo intensivo. El conteo leucocitario total en las aves domésticas y de Guinea fue más elevado que los valores reportados para las razas exóticas. Los niveles de colesterol en plasma y de proteína total en plasma en las aves domésticas y de Guinea fueron similares a los valores reportados para razas exóticas, excepto la actividad de la fosfatasa alcalina, la cual fue menor. Los valores inferiores de los parámetros eritrocitarios en las aves domésticas autóctonas se atribuyen a un complejo malnutrición-parasitosis. El conteo leucocitario elevado en las aves autóctonas se explica como una respuesta a la exposición natural de las aves a organismos patógenos.

Palabras clave : Pollo - Gallina de Guinea - Composición de la sangre - Bioquímica - Crianza extensiva - Nigeria.

Erythrocyte glutathione concentrations and the correlations with packed cell volume, haemoglobin and plasma ascorbic acid concentrations in Nigerian Wadara cattle

I.O. Igbokwe¹ G.S. Bah¹ O.K. Obagaiye²

D.I. Saror³ K.A.N. Esievo³

Key words

Cattle - Wadara zebu - Glutathione - Erythrocyte - Haematocrit - Haemoglobin - Ascorbic acid - Blood plasma - Nigeria.

Summary

The mean erythrocyte glutathione (GSH) concentrations of Nigerian Wadara zebu cattle ($n = 32$) was 43.9 ± 11.7 mg/dl RBC or 1.96 ± 0.57 mg/gHb. The erythrocyte GSH values expressed in these two units were positively correlated ($r = 0.85$) to one another. The packed cell volume (PCV) and haemoglobin (Hb) concentrations were positively correlated ($r = 0.59, 0.52$) to the erythrocyte GSH values. The frequency distribution indicated that 37.5 % and 90.6 % of the values were less than 40 and 60 mg/dl RBC, respectively. The mean plasma ascorbic acid concentration was 0.7 ± 0.2 mg/dl. Weak insignificant correlations ($r = -0.01, -0.36$) were observed between erythrocyte GSH and plasma ascorbic acid concentrations. Therefore, the erythrocyte GSH values were significantly affected by PCV and Hb values, but not by plasma ascorbic acid concentrations.

INTRODUCTION

The normal erythrocyte glutathione (GSH) concentrations of Nigerian zebus (Sokoto Gudali) and Ndama cattle in relation to packed cell volume (PCV) have been reported (6). No attempt had been made earlier to express erythrocyte GSH in Nigerian cattle in relation to haemoglobin (Hb) concentrations. It has been reported that high ascorbic acid concentrations in samples reduced GSH determinations (4). There is no available report of the plasma ascorbic acid concentrations in Nigerian cattle. It may be necessary to ascertain whether plasma ascorbic acid concentrations could affect GSH determinations in cattle. The purpose of this work was to evaluate the erythrocyte GSH concentrations in Nigerian Wadara cattle, a type of zebu in the Sahel region of the North-Eastern part of the country. The relationship of GSH values to PCV, Hb and plasma ascorbic acid concentrations were assessed.

MATERIALS AND METHODS

Thirty-two apparently healthy Wadara (zebu) cattle of both sexes aged 8 months to 5 years and weighing about 60-300 kg were

used. Twenty-two of them were located on the University of Maiduguri farm and ten were presented for slaughter at the Maiduguri abattoir. The animals were maintained mainly by grazing.

Blood samples (5 ml) were collected from each animal during the cold harmattan season and placed in a container with EDTA as anticoagulant. PCV and Hb concentrations were determined by the microhaematocrit and cyanmethaemoglobin methods, respectively. GSH was estimated in whole blood using 5,5'-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid) method (2), and erythrocyte GSH concentrations were calculated from PCV and Hb concentrations. Blood samples were centrifuged at 3000 g for 5 min and the plasma was collected and used for ascorbic acid estimation according to the dinitrophenyl hydrazine method (9).

The data were summarized as means \pm standard deviations (SD). Correlation coefficients between parameters were computed (3).

RESULTS

The data on PCV, Hb, blood and erythrocyte GSH and plasma ascorbic concentrations in Nigerian Wadara cattle are summarized in table I. The frequency distribution of erythrocyte GSH values is presented in table II. Erythrocyte GSH concentrations of 53.1 % of the cattle were between 40 and 59 mg/dl RBC, respectively. Correlation coefficients in the relationships of blood and erythrocyte GSH with PCV, Hb and plasma ascorbic acid concentrations are presented in table III. Blood and erythrocyte

1. Department of veterinary Pathology, Faculty of veterinary Medicine, University of Maiduguri, PMB 1069, Maiduguri, Nigeria

2. Department of Biochemistry, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria

3. Department of veterinary Pathology and Microbiology, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria

Table I

Packed cell volume, haemoglobin, plasma ascorbic acid, blood and erythrocyte glutathione concentrations in Nigerian Wadara cattle

Parameters	Mean \pm SD	Range
PCV (%)	32.6 \pm 9.5	20-54
Hb (mg/dl)	9.2 \pm 2.2	4.6-13.2
Plasma ascorbic acid (mg/dl)	0.7 \pm 0.2	0.4-1.0
Blood GSH	15.0 \pm 7.5	6.3-31.3
Erythrocyte GSH (mg/dl RBC)	43.9 \pm 11.7	21.7-60.1
mg/gHb	1.96 \pm 0.57	0.9-3.1

Table II

Frequency distribution of erythrocyte glutathione concentrations in Nigerian Wadara cattle

Erythrocyte GSH (mg/dl RBC)	Number of cattle (%)
20-39	12 (37.5 %)
40-59	17 (53.1 %)
60-79	3 (9.4 %)

GSH were positively correlated with PCV and Hb. Correlation coefficients in the relationship of erythrocyte GSH expressed in mg/dl RBC and mg/gHb with PCV ($r = 0.59$) and Hb ($r = 0.52$), respectively, were comparable. Erythrocyte GSH expressed in both types of units were positively correlated ($r = 0.85$) with one another. There was a concurrent positive correlation ($r = 0.78$) between PCV and Hb. Plasma ascorbic acid concentrations showed weak insignificant ($P > 0.05$) correlations with blood ($r = -0.35$) and erythrocyte ($r = -0.01, -0.36$) GSH concentrations.

DISCUSSION

The mean erythrocyte GSH concentration of 43.9 ± 11.7 mg/dl RBC in the Wadara zebu cattle was significantly ($P < 0.05$) lower than 73.4 ± 23.5 mg/dl RBC previously reported in Nigerian zebu (Sokoto Gudali) cattle (6), and also lower than 96.1 ± 14.9 (7) and 72.0 ± 18.1 mg/dl RBC (1) reported in cattle from outside Nigeria.

The range of values in Wadara zebu was 21.7-60.1 mg/dl RBC as compared to 40.8-127.3 mg/dl RBC in Sokoto Gudali zebu (6) and 40-113 mg/dl RBC in Australian cattle (1). Although the frequency distribution of erythrocyte GSH values in Gudali zebu was positively skewed with mode at 40-59 mg/100 ml RBC, only 40 % of the population had values less than 60 mg/dl RBC (5). In contrast, 90.6 % of the Wadara zebu had GSH values less than 60 mg/dl RBC. Also, 37.5 % of the Wadara zebu had GSH values less than the lower limit of 40 mg/dl RBC reported in other cattle (1, 6).

The positive correlation between erythrocyte GSH concentrations and PCV in Wadara zebu ($r = 0.59$) was similarly reported in other Nigerian cattle ($r = 0.58$) (6). However, the significantly ($P < 0.05$) higher PCV in Wadara zebu (32.6 ± 9.5 %) compared to the PCV in Sokoto Gudali zebu (24.7 ± 4.1 %) (6) did not

Table III

Correlation coefficients (r) in the relationship of blood and erythrocyte glutathione concentrations with packed cell volume, haemoglobin and plasma ascorbic acid concentrations in Nigerian Wadara cattle

Parameters	r	t-test
Blood GSH vs. plasma ascorbic acid	-0.35	$P > 0.05$
Blood GSH vs. PCV	0.92	$P < 0.01$
Blood GSH vs. Hb	0.81	$P < 0.01$
PCV vs. Hb	0.78	$P < 0.01$
Erythrocyte GSH:		
mg/dl RBC vs. mg/gHb	0.85	$P < 0.01$
mg/dl RBC vs. PCV	0.59	$P < 0.01$
mg/dl RBC vs. blood GSH	0.85	$P < 0.01$
mg/dl RBC vs. plasma ascorbic acid.	-0.01	$P > 0.05$
mg/gHb vs. Hb	0.52	$P < 0.05$
mg/gHb vs. blood GSH	0.91	$P < 0.01$
mg/gHb vs. plasma ascorbic acid	-0.36	$P > 0.05$

predict a higher erythrocyte GSH in Wadara zebu, indicating that the correlations were exclusive for the different populations. Therefore, at the same PCV, Wadara zebu would be expected to have lower erythrocyte GSH concentrations than Sokoto Gudali zebu. Further studies would need to be carried out to find out whether the lower GSH values in Wadara zebu might be related to an intraerythrocytic supply of substrates for GSH synthesis or to the activities of GSH metabolizing enzymes or to other factors.

The values of erythrocyte GSH expressed in mg/dl RBC and mg/gHb were positively correlated ($r = 0.85$) and thus the latter unit could also be exclusively used in research. The erythrocyte GSH values in mg/gHb were similarly positively correlated ($r = 0.52$) with Hb values. The expressions of erythrocyte GSH in relation to packed red cells or Hb concentrations were directly proportional, perhaps because of the simultaneous positive correlation ($r = 0.78$) of PCV and Hb concentrations.

There was a positive correlation ($r = 0.85, 0.91$) between erythrocyte and whole blood GSH values, which implied that interpretation of erythrocyte GSH concentrations could be extrapolated from blood GSH concentrations in healthy cattle.

The weak and insignificant negative correlations between blood or erythrocyte GSH and plasma ascorbic acid concentrations showed that plasma ascorbic acid concentrations were not likely to significantly influence GSH values. Plasma ascorbic acid concentrations in the cattle were adequate for normal individuals (10). Under stress conditions when large amounts of ascorbate are released into circulation (8) there might be a tendency for blood GSH values to decrease because of weak negative correlations ($r = -0.35$).

CONCLUSION

Wadara zebu had lower erythrocyte GSH values than those reported for other Nigerian cattle and the various correlations with PCV, Hb and plasma ascorbic acid concentrations represent new data, which could be relevant in future basic research in Nigeria.

REFERENCES

1. AGAR N.S., BELL K., BOARD P.G., PAN Y.S., 1978. Glutathione level in the red blood cells of cattle. *Comp. Biochem. Phys.*, **59B**: 141-142.
2. BEUTLER E., DURON O., KELLY B.M., 1963. Improved method for the determination of blood glutathione. *J. Lab. clin. Med.*, **61**: 822-888.
3. CHATFIELD C., 1983. Statistics for technology. A course in applied statistics, 3rd ed. London, United Kingdom, Chapman and Hall, p. 140-148, 168-170, 186-190.
4. IBBOTT F.A., 1974. Amino acids and related substances. In: Henry R.J., Cannon D.C., Winkeman J.W. eds., *Clinical chemistry. Principles and technics*. New York, USA, Harper and Row, p. 565-638.
5. IGBOKWE I.O., 1986. The susceptibility of erythrocytes to *in vitro* peroxidation in animal trypanosomiasis. PhD Thesis, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria, p. 52-75.
6. IGBOKWE I.O., UMAR I.A., OBAGAIYE O.K., SAROR D.I., ESIEVO K.A.N., 1995. Erythrocyte glutathione concentrations in Nigerian zebu and Ndama cattle. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48**: 177-179.
7. LANKISH P.G., SCHROETER R., LEGE L., VOGT W., 1973. Reduced glutathione and glutathione reductase-comparative study of erythrocytes from various species. *Comp. Biochem. Phys.*, **46B**: 639-641.
8. MCGILVERY R.W., 1979. *Biochemistry. A Functional Approach*, 2nd ed. Philadelphia, USA, W.B. Saunders.
9. ROE J.H., 1937. Determination of ascorbic acid in blood and urine. *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, **37**: 465.
10. VARLEY H., GOWENLOCK A.H., BELL M., 1976. *Practical clinical biochemistry*, vol. 2, 5th ed. London, United Kingdom, William Heinemann Medical Books, p. 255.

Reçu le 3.6.96, accepté le 10.12.96

Résumé

Igbokwe I.O., Bah G.S., Obagaiye O.K., Saror D.I., Esievo K.A.N. Concentrations du glutathion érythrocytaire et ses corrélations avec l'hématocrite et les concentrations d'hémoglobine et d'acide ascorbique du plasma chez les bovins Wadara nigerians

Les concentrations moyennes de glutathion érythrocytaire chez les bovins zébus Wadara nigériens (n = 32) étaient de $43,9 \pm 11,7$ mg/dl de globules rouges ou $1,96 \pm 0,57$ mg/gHb. Les valeurs du glutathion érythrocytaire exprimées dans ces deux mesures ont montré une corrélation (r = 0,85) l'une envers l'autre. L'hématocrite et les concentrations d'hémoglobine sont corrélés (r = 0,59, 0,52) avec les valeurs du glutathion érythrocytaire. La répartition des fréquences a montré que 37,5 p.100 et 90,6 p.100 des valeurs étaient respectivement inférieures aux 40 et 60 mg/dl de globules rouges. La concentration moyenne de l'acide ascorbique du plasma était de $0,7 \pm 0,2$ mg/dl. De faibles corrélations non significatives (r = -0,01, -0,36) ont été observées entre les concentrations du glutathion érythrocytaire et de l'acide ascorbique du plasma. En conséquence, les valeurs du glutathion érythrocytaire étaient affectées de façon significative par celles de l'hématocrite et de l'hémoglobine, mais pas par celles de l'acide ascorbique du plasma.

Mots-clés : Bovin - Zébu Wadara - Glutathion - Erythrocyte - Hématocrite - Hémoglobine - Acide ascorbique - Plasma sanguin - Nigeria.

Resumen

Igbokwe I.O., Bah G.S., Obagaiye O.K., Saror D.I., Esievo K.A.N. Concentraciones de glutathion eritrocitario y correlaciones con el hematocrito, la hemoglobina y las concentraciones de ácido ascórbico en plasma, en el ganado Wadara nigeriano

La concentración promedio de glutathion eritrocitario (GSH) en el ganado cebú Wadara nigeriano (n = 32) fue de $43,9 \pm 11,7$ mg/dl RBC o $1,96 \pm 0,57$ mg/gHb. Los valores de GSH eritrocitarios, expresados en estas dos unidades, se correlacionaron positivamente (r = 0,85) entre ellos. El hematocrito (PCV) y la concentración de hemoglobina se correlacionaron positivamente (r = 0,59, 0,52) con los valores de GSH eritrocitarios. La distribución de la frecuencia indica que 37,5 p. 100 y 90,6 p. 100 de los valores fueron menores de 40 y 60 mg/dl RBC, respectivamente. El promedio de la concentración de ácido ascórbico en plasma fue de $0,7 \pm 0,2$ mg/dl. Se observaron relaciones débiles, no significativas (r = -0,01, -0,36), entre el valor de GSH eritrocitario y las concentraciones plasmáticas de ácido ascórbico. Por lo tanto, los valores de GSH eritrocitario fueron afectados significativamente por el hematocrito y la hemoglobina, pero no por las concentraciones de ácido ascórbico en plasma.

Palabras clave : Ganado bovino - Cebú Wadara - Glutathion - Eritrocito - Hematocrito - Hemoglobina - Acido ascórbico - Plasma sanguineo - Nigeria.

Présentation de thèse :

Capacités de travail, comportement à l'effort et réponses physiologiques du zébu, de l'âne et du cheval au Nord-Cameroun

□ L'utilisation de l'énergie animale dans les systèmes de production agricole des pays du Sud est toujours d'actualité. Cette technique, obsolète dans les pays industrialisés, apparaît en effet encore très adaptée et perfectible dans les pays en développement. Le contraste est saisissant entre des pays où les instruments de culture attelée sont abandonnés dans les musées, et des pays où leur utilisation et leur amélioration apparaissent comme des éléments de progrès et des solutions d'avenir pour les paysans concernés. Ceci justifie le regain d'intérêt récent de la part de diverses équipes pour améliorer nos connaissances sur cette réalité et se donner les moyens d'interventions pertinentes et plus efficaces.

C'est dans cette perspective que s'inscrit le travail de recherche sur le comportement à l'effort de différents types d'animaux de trait, mené de 1991 à 1995 au Nord-Cameroun par Eric Vall ; cette recherche, lancée par le CIRAD-EMVT¹, s'est développée dans le cadre du «Projet Garoua» : Projet de recherches pour le développement des savanes du Nord-Cameroun ; ce projet s'est exécuté en coopération entre le CIRAD et les institutions de recherche agricole camerounaises, IRA et IRZV². L'intérêt de développer ce travail de recherche sur la traction animale au sein du Projet Garoua a permis à l'auteur et à son équipe de bénéficier d'un environnement scientifique pluridisciplinaire appréciable. Ajoutons que cette situation du Nord-Cameroun est intéressante à la fois par sa diversité et par sa représentativité des zones de savane d'Afrique occidentale et centrale où la traction animale apparaît toujours comme l'un des principaux moteurs du développement rural.

Des études antérieures ont montré que les stratégies de développement de la traction animale dans ces régions d'Afrique ont insuffisamment pris en compte les facteurs liés à l'animal tels que : l'espèce, le sexe, l'âge, l'état corporel, l'alimentation, la santé, le dressage, la carrière, etc. Cette insuffisance a pu expliquer, dans certains cas, les problèmes rencontrés dans le développement de cette technique. Pour tenter de remédier à ces lacunes, les recherches mises en place à Garoua et présentées dans la thèse d'Eric Vall visaient donc à améliorer notre connaissance de l'aptitude à la traction des espèces animales impliquées

dans les systèmes de production de la zone soudanienne d'Afrique sub-saharienne.

Le travail présenté s'appuie sur une solide synthèse bibliographique et il allie efficacement des enquêtes de terrain chez les producteurs à une série organisée d'expérimentations en station.

En milieu paysan, l'auteur a mené des enquêtes et un suivi sur un réseau d'exploitations agricoles de la zone de production cotonnière du Nord-Cameroun pour préciser la place et l'évolution de la traction animale (culture attelée et transport) dans les systèmes de production ; ce dispositif a également permis d'analyser la diffusion, les caractéristiques et les principales contraintes de l'utilisation de cette technique dans la région. Ces observations sur le terrain se sont faites en liaison avec les institutions locales de développement agricole et tout particulièrement avec la SODECOTON³, principal interlocuteur et utilisateur des résultats de telles recherches.

L'étude a d'abord mis en évidence la diversité des situations d'utilisation de la traction animale au Nord-Cameroun. Les caractéristiques agro-écologiques et socio-économiques permettent d'expliquer la primauté de telles ou telles espèces de trait selon quatre zones dans la région. Un diagnostic détaillé par zone est présenté ; il met l'accent sur l'utilisation marginale du potentiel des attelages et sur l'insuffisance des références opérationnelles relatives à l'adéquation des combinaisons attelage-outil et à la conduite des animaux. Dans la partie la plus humide, au Sud de la zone, un développement important de la traction bovine procure aux paysans la puissance nécessaire pour le labour de parcelles sujettes à l'enherbement, contrainte agronomique principale dans cette zone. La traction asine, plus économique à l'achat (de l'animal et de son équipement), est appréciée par les paysans pour sa maniabilité dans des parcelles exigües et pierreuses ; elle se développe notamment dans les piémonts densément peuplés et occupés par de petites exploitations. La traction équine apparaît en situation intermédiaire en termes de coût d'équipement et de puissance développée ; les chevaux exigent cependant un coût d'entretien plus élevé en raison de l'utilisation de céréales dans leur alimentation. Leur utilisation reste donc numériquement modeste au Cameroun, mais elle tend à se développer comme dans d'autres pays de la région en raison de l'attrait culturel et historique de cette espèce et de sa rapidité au travail.

Partant de ce premier diagnostic fondé sur la bibliographie et les acquis utilisables sur place, l'auteur s'est attaché à caractériser l'efficacité au travail de trois espèces animales attelées couramment dans cette zone : les bovins, les ânes et les chevaux. Cette étude a été permise grâce à l'utilisation d'une chaîne de me-

sure informatisée enregistrant, en situation réelle pendant le travail, les variations instantanées des paramètres mécaniques de l'effort (force et vitesse) et celles de certains indicateurs biologiques tels que la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, la température corporelle et la lactatémie. Cette chaîne de mesure informatisée, utilisée essentiellement en station, a été mise au point avec le concours de collègues du CIRAD-SAR⁴.

L'étude mécanique portant sur le comportement à l'effort des différents types d'animaux vise à préciser le potentiel de travail de chacune des différentes espèces utilisées et ses principaux facteurs de variation ; elle a permis d'établir pour chaque espèce les plages d'efficacité maximale du travail en fonction du poids des animaux utilisés. Des tables de performances ont été établies pour mettre en relation, pour chaque espèce, le poids vif de l'animal et la force de traction développée ; ces abaques indiquent également l'estimation de la durée moyenne de travail, la vitesse moyenne et la dépense énergétique. Ces tables ont clairement deux types d'utilisation très pratiques :

- choisir l'attelage adéquat pour réaliser dans de bonnes conditions un travail donné (labour, sarclage, transport...) dont on connaît les exigences et en particulier, la force de traction exigée ;

- déterminer le meilleur compromis entre un type d'outil donné et notamment ses dimensions et un type d'attelage. C'est ainsi que l'on pourra dimensionner une charrue légère n'exigeant que 15 à 20 kg d'effort de traction pour une zone utilisant la traction asine, alors que la charrue conçue pour une utilisation par une paire de zébus pourra être nettement plus lourde et exiger une force de traction triple de la précédente.

En terme de rendement énergétique net (rapport entre le travail de traction et la dépense énergétique), l'étude a montré la supériorité de l'âne (26-29 p. 100) sur le cheval (24-27 p. 100) et sur le zébu (16-20 p. 100).

Dans une étude biologique, l'auteur a abordé, grâce aux mesures en temps réel pendant le travail en utilisant la chaîne de mesure informatisée, le métabolisme énergétique, les limites de la thermorégulation (risques d'hyperthermie) et la récupération cardiaque pour les différentes espèces pendant l'effort. Des indicateurs biologiques ont été établis qui permettent de gérer le travail animal dans la durée en fonction des différents paramètres de

1. CIRAD-EMVT : Département d'élevage et de médecine vétérinaire du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

2. IRA : Institut de recherches agronomiques du Cameroun et IRZV : Institut de recherches zootechniques et vétérinaires du Cameroun

3. SODECOTON : Société de développement de la culture du coton au Cameroun

4. Département des systèmes agroalimentaires et ruraux du CIRAD

l'effort attendu ; ils permettent également d'anticiper et de prendre des mesures pour éviter l'épuisement et les accidents dus à la fatigue chez les animaux de trait.

L'iconographie de la thèse combine de nombreuses cartes, des schémas, des graphiques clairs et des croquis de la main de l'auteur. Les tableaux restituent un ensemble important de données originales qui présentent des résultats à caractère scientifique d'une part, mais aussi des références d'un intérêt pratique immédiat pour les services de développement.

La méthodologie mise au point au cours de cette thèse a permis d'étudier le comportement à l'effort et l'efficacité du travail des différentes espèces animales utilisées dans la zone de savane. Cette méthode sera utilisée davantage dans l'avenir pour préciser l'influence d'autres facteurs tels que l'alimentation ou l'état corporel sur l'effort animal. Ce travail original en Afrique francophone tient une place de choix dans les recherches zootechniques menées récemment sur le terrain tant par la portée scientifique des résultats que par l'intérêt pratique du référentiel produit.

Ajoutons qu'un document de travail plus succinct présente l'essentiel des résultats de cette étude ; ce texte d'une soixantaine de pages est plus accessible pour les lecteurs qui ne souhaitent pas aborder le texte détaillé de la thèse elle-même. Cette synthèse consistante peut être obtenue auprès du CIRAD-EMVT ; son titre est : «Les animaux de trait au Nord-Cameroun : zébu, âne et cheval - Performances à l'effort et adaptations physiologiques» (Réf. : juin 1996, Montpellier, France, CIRAD-EMVT, Garoua, Cameroun, IRZV, 60 p. Document de travail du CIRAD-EMVT n°1).

Philippe LHOSTE

Chargé de mission Productions animales
au CIRAD

Vall E., 1996. Capacités de travail, comportement à l'effort et réponses physiologiques du zébu, de l'âne et du cheval au Nord-Cameroun. Thèse doct. en Productions animales, Ecole nationale supérieure agronomique, Montpellier, France, 415 p.

Note de lecture :

Focusing livestock systems research

□ Cet ouvrage, publié en anglais, présente les travaux faits en coopération par des chercheurs néerlandais du «Royal Tropical Institute» et des chercheurs africains appartenant à des institutions de six pays, le Bénin, le Burkina-Faso et le Mali en Afrique de l'Ouest, le Nigeria en Afrique centrale, la Tanzanie et la Zambie en Afrique australe. La plupart

des travaux ont été menés en zone sub-humide et ont trait aux systèmes agropastoraux. Le document contient dix chapitres, dont huit consacrés à des résultats issus de projets conduits sur des échelles de temps très variables. Ce sont donc principalement des descriptions d'approches méthodologiques de diagnostic sur les systèmes d'élevage qui sont présentées. L'ouvrage a, en effet, pour objet les aspects méthodologiques de la phase de diagnostic et rassemblent des documents qui avaient été présentés au cours d'un atelier tenu au Mali en 1992.

Les phases de diagnostic sont traditionnelles : zonage, étude bibliographique sur documents, enquêtes rétrospectives, enquêtes, suivis. Elles sont donc très proches des phases exposées dans les ouvrages du CIPEA¹, de Landais² et de Lhoste^{3,4}.

Curieusement, les typologies sont peu développées, à l'exception de l'étude effectuée au Burkina-Faso. Les divers auteurs font appel, le plus souvent, à des zonages agro-climatiques pour définir des zones d'échantillonnages.

La question de l'échantillonnage est abordée clairement sous un angle pratique et non théorique. Ces échantillonnages d'exploitations suivies sont très divers par rapport aux critères de sélection des éleveurs et des troupeaux. Un certain aspect pratique est toujours recherché ou encore le souhait de travailler principalement sur des troupeaux moyens en ne prenant en compte ni les petits exploitants ni les gros troupeaux, éliminant ainsi une grande partie de la diversité, ce qui est un peu dommage (cf. Dicko p. 56).

Une méthode originale de diagnostic est décrite avec l'approche participative «rapide» (une équipe de chercheurs durant trois jours dans un village). La méthode mise en place dans le Nord-Ouest de la Tanzanie aboutit à un diagnostic peu original, mais qui montre l'intérêt de la relation chercheur-producteur. Cette relation prend encore plus d'intérêt pour avoir une forte participation pour la suite de ces recherches, notamment dans l'exécution des suivis de troupeaux. Selon les auteurs, elle permet une meilleure approche des variations annuelles, saisonnières et spatiales des contraintes.

Un cas sur le Nigeria décrit les méthodes de suivis des effets de transferts techniques, de leur appropriation par les éleveurs et de leur intérêt économique. L'approche qualifiée *top-down* est classique : une question posée est le niveau de qualification des agents techniques chargés des aspects pratiques sur le terrain ; la qualité humaine du technicien doit être tout autant recherchée que la compétence technique.

Au Sud-Bénin, une équipe s'interroge sur les qualités respectives des enquêtes transversales et des suivis et énumère

l'intérêt de chaque approche. Selon elle, ces deux types de collectes de données permettent d'obtenir des résultats peu différents sur les paramètres zootechniques. Toutefois, avec les suivis, de nombreux facteurs influant sur la productivité des troupeaux peuvent être identifiés.

L'ouvrage se termine par un chapitre synthétique analysant les diverses méthodes d'informations sur la productivité des troupeaux et les systèmes d'élevage qui permettent d'aboutir à un diagnostic. Les descriptions des équipes assurant les enquêtes et les suivis, des personnes enquêtées, ainsi que de la démarche d'une méthode participative de collecte et d'analyse des données sont bien présentées et constituent un aspect original de ce dernier chapitre.

Quelles que soient les méthodes appliquées lors des diverses enquêtes, les diagnostics sont classiques, identifiant les contraintes sur l'alimentation, la pathologie et la socio-économie.

Les projets sont présentés un par un alors qu'une approche par zones d'étude aurait été plus synthétique et aurait permis d'éviter, par exemple, de présenter plusieurs fois la zone d'étude en Tanzanie. On peut également regretter qu'il n'y ait pas de définitions précises des paramètres zootechniques étudiés.

Les références bibliographiques font appel à beaucoup de littérature grise, principalement les rapports des divers projets. Il est un peu dommage que les résultats ne soient pas discutés par rapport à une littérature plus large à l'exception du premier chapitre.

Cet ouvrage apporte donc des données supplémentaires sur les systèmes d'élevage en Afrique et complète la littérature existante. Il pose cependant plus de questions méthodologiques qu'il ne donne de réponses théoriques ou concrètes sur les systèmes d'élevage en Afrique.

Une édition en français est prévue en 1997.

Didier RICHARD
CIRAD-EMVT

1. CIPEA/ILCA, 1983. L'élevage des petits ruminants dans les zones tropicales humides. Addis-Abeba, Ethiopie, CIPEA/ILCA, 69 p. (coll. Etudes des systèmes. n°3)

2. Landais E. ed., 1986. Méthodes pour la recherche sur les systèmes d'élevage en Afrique intertropicale. Maisons-Alfort, France, IEMVT, 733 p. (coll. Etudes et synthèses. n° 20)

3. Lhoste Ph., 1987. L'association agriculture-élevage. Evolution du système agropastoral au Siné-Saloum (Sénégal). Maisons-Alfort, France, IEMVT, 314 p. (coll. Etudes et synthèses. n° 21)

4. Lhoste Ph., Dollé V., Rousseau J., Soltner D., 1993. Zootechnie des régions chaudes : les systèmes d'élevage. Paris, France, Ministère de la coopération, 288 p. (coll. Manuels et précis d'élevage)

Roeleveld A.C.W., van den Broek A. eds., 1996. Focusing livestock systems research. Amsterdam, the Netherlands. KIT Press, Royal Tropical Institute. 151 p.