

Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux

Revue trimestrielle

ISSN 0035-1865

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

publiée

par le département d'élevage
et de médecine vétérinaire

du Centre de coopération internationale
en recherche agronomique pour le développement
Cirad-emvt

Directeur de la Publication : Joseph Domenech

Rédacteur en chef : Didier Richard

Edition : Marie-Cécile Maraval-Mollard

COMITE DE LECTURE

J. Asso, E. Authié, D. Bastianelli, P. Bonnet,
J.-P. Boutonnet, J. Cabaret, J. Chantal, Ph. Chardonnet,
Y. Cognié, D. Cuisance, C. Demarquilly, A. Diallo,
Ph. Dorchies, G. Duvallet, B. Faye, A. Gaston,
H. Guerin, A. Gueye, J.-F. Guillot, J. Hardouin,
J. Itard, E. Landais, J. Le Dividich, P.-C. Lefèvre,
C. Le Goff, Ph. Lhoste, G. Libeau, F. Ménessier,
C. Meyer, P.-P. Pastoret, B. Peyre de Fabrègues,
M. Picard, J.-P. Poivey, A. Provost, D. Richard,
G.R. Scott, G. Tacher, F. Thiaucourt, M. Thibier,
J. Thimonier, B. Toutain, P.-L. Toutain, J.-J. Tulasne,
G. Uilenberg

Rédaction et Publicité

Cirad-emvt

Campus international de Baillarguet, TA 30/B

34398 Montpellier Cedex 5, France

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

marie-cecile.maraval-mollard@cirad.fr

Abonnements

Lavoisier Abonnements

Anne Defois

14, rue de Provigny

94236 Cachan Cedex, France

(voir pages intérieures pour les tarifs)

abo@Lavoisier.fr

<http://www.Lavoisier.fr>

© Cirad, Montpellier, 2001

Imprimé par Jouve (France)

n° d'ordre : 302609H

Dépôt légal : décembre 2001

Sommaire

PATHOLOGIE INFECTIEUSE

5-10 Dépistage de mammites subcliniques chez des vaches Goudali en lactation au Nord Cameroun. Gambo H., Agnem Etchike C. (*en français*)

11-15 La brucellose chez les dromadaires en zones d'élevage intensif au Soudan. Implications dans l'avortement et l'infection précoce. Musa M.T., Shigidi M.T.A. (*en anglais*)

PATHOLOGIE PARASITAIRE

17-27 Parasitoses des veaux dans la région septentrionale du Togo. Ekpetsi Bouka C., Batawui K., Napala A., Bastiaensen P., Faye N., Hendrickx G. (*en français*)

29-31 Infestation de strongles chez le cheval au Nord Viêt Nam. Holland W.G., Geurden T., Do T.T., Dorny P., Vercruyse J. (*en anglais*)

33-35 Etude comparative de l'efficacité de l'amprolium et du diclazuril chez des poulets de chair naturellement infectés en Ouganda. Mukiibi-Muka G., Otim M.O., Musisi G., Illango J., Galiwango T., Olaho-Mukani W. (*en anglais*)

37-41 Etude comparative de l'infestation des bovins Namchi (*Bos taurus*) et Goudali de Ngaoundéré (*Bos indicus*) par la tique adulte *Amblyomma variegatum*. Achukwi M.D., Tanya V.N., Messine O., Njongmeta L.M. (*en français*)

RESSOURCES ALIMENTAIRES

42 Note de lecture

43-46 Effets de la durée de conservation et du séchage sur la teneur en azote des fourrages pauvres traités à l'urée. Nantoumé H., Kouriba A., Ouologuem B. (*en français*)

RESSOURCES ANIMALES

47-54 Production de lait de vache dans le delta du fleuve Sénégal : une réelle activité de diversification en systèmes irrigués ? Corniaux Ch., Le Mercier J., Dia A.T. (*en français*)

55-61 Effets de la saison de vêlage et de quelques paramètres zootechniques sur la production laitière dans les hauts plateaux de l'ouest du Cameroun. Kamga P., Mbanya J.N., Awah N.R., Mbohoy Y., Manjeli Y., Nguemdjom A., Kamga Pamela B., Njwe R.M., Bayemi P.H., Ndi Cl., Imélé H., Kameni A. (*en français*)

62 Note de lecture

63-68 Utilisation de la barymétrie pour l'estimation du poids chez le zébu Azawak au Niger. Dodo K., Pandey V.S., Illiassou M.S. (*en français*)

69-80 Analyse comparative de la productivité des cheptels de petits ruminants en élevage extensif tropical : une nouvelle approche par les modèles matriciels en temps discret. Lesnoff M., Lancelot R., Tillard E., Faye B. (*en français*)

81-87 Etude comparative sur la méthodologie d'estimation des poids à âges types avant sevrage appliquée aux caprins Créoles producteurs de viande. Naves M., Menendez Buxadera A., Alexandre G., Mandonnet N. (*en français*)

Contents

INFECTIOUS DISEASES

5-10 Detection of Subclinical Mastitis in Lactating Gudali Zebus in North Cameroon. Gambo H., Agnem Etchike C. (*in French*)

11-15 Brucellosis in Camels in Intensive Animal Breeding Areas of Sudan. Implications in Abortion and Early-Life Infections. Musa M.T., Shigidi M.T.A. (*in English*)

PARASITIC DISEASES

17-27 Parasitic Infections of Calves in Northern Togo. Ekpeti Bouka C., Batawui K., Napala A., Bastiaensen P., Faye N., Hendrickx G. (*in French*)

29-31 Strongyle Infections in Horses from North Vietnam. Holland W.G., Geurden T., Do T.T., Dorny P., Vercruysse J. (*in English*)

33-35 Comparative Study on the Efficacy of Diclazuril and Amprolium in Naturally Infected Broilers in Uganda. Mukiibi-Muka G., Otim M.O., Musisi G., Illango J., Galiwango T., Olaho-Mukani W. (*in English*)

37-41 Comparative Study of the Infestation of Namchi (*Bos taurus*) and Ngaoundere Gudali (*Bos indicus*) Cattle by *Amblyomma variegatum* Adult Ticks. Achukwi M.D., Tanya V.N., Messine O., Njongmeta L.M. (*in French*)

FEED RESOURCES

42 Reading Note

43-46 Effects of Length of Keeping and Drying on the Nitrogen Content of Low Quality and Urea-Treated Forages. Nantoumé H., Kouriba A., Ouologuem B. (*in French*)

ANIMAL RESOURCES

47-54 Cow Milk Production in the Delta of the Senegal River: Real Farming Diversification within an Irrigated System? Corniaux Ch., Le Mercier J., Dia A.T. (*in French*)

55-61 Effect of the Calving Season and Zootechnical Parameters on Milk Yield in the Western Highlands of Cameroon. Kamga P., Mbanya J.N., Awah N.R., Mbohoy Y., Manjeli Y., Nguemdjom A., Kamga Pamela B., Njwe R.M., Bayemi P.H., Ndi C1., Imélé H., Kameni A. (*in French*)

62 Reading Note

63-68 Weight Estimation from Body Measurements of the Azawak Zebu in Niger. Dodo K., Pandey V.S., Illiassou M.S. (*in French*)

69-80 Comparative Analysis of the Productivity of Small Ruminant Flocks under Tropical Extensive Management: A New Leslie-Matrix Model Approach. Lesnoff M., Lancelot R., Tillard E., Faye B. (*in French*)

81-87 Comparative Study to Estimate Weights at Typical Prewaning Ages of Creole Meat-Type Goats. Naves M., Menendez Buxadera A., Alexandre G., Mandonnet N. (*in French*)

Sumario

PATOLOGIA INFECCIOSA

5-10 Sondeo de las mastitis sub clínicas en las vacas en lactación en el norte de Camerún. Gambo H., Agnem Etchike C. (*en francés*)

11-15 Brucelosis en camellos en áreas de cría animal intensiva en Sudan: implicaciones para el aborto y las infecciones neonatales. Musa M.T., Shigidi M.T.A. (*en inglés*)

PATOLOGIA PARASITARIA

17-27 Parasitosis de los terneros en la región septentrional de Togo. Ekpetsi Bouka C., Batawui K., Napala A., Bastiaensen P., Faye N., Hendrickx G. (*en francés*)

29-31 Infecciones por estróngilos en caballos de Vietnam del Norte. Holland W.G., Geurden T., Do T.T., Dorny P., Vercruysse J. (*en inglés*)

33-35 Estudio comparativo sobre la eficacia del diclazuril y del amprolium en pollos de engorde infectados en forma natural en Uganda. Mukiibi-Muka G., Otim M.O., Musisi G., Illango J., Galiwango T., Olaho-Mukani W. (*en inglés*)

37-41 Estudio comparativo de la infestación de bovinos Namchi (*Bos taurus*) y Gudali de Ngaoundere (*Bos indicus*) mediante la garrapata adulta *Amblyomma variegatum*. Achukwi M.D., Tanya V.N., Messine O., Njongmeta L.M. (*en francés*)

RECURSOS ALIMENTICIOS

42 Nota de lectura

43-46 Efectos de la duración de la conservación y del secado sobre el contenido de nitrógeno en pastos pobre tratados con urea. Nantoumé H., Kouriba A., Ouologuem B. (*en francés*)

RECURSOS ANIMALES

47-54 Producción de leche de vaca en el delta del río Senegal: una actividad real de diversificación en sistemas irrigados? Corniaux Ch., Le Mercier J., Dia A.T. (*en francés*)

55-61 Efectos de la época de parto y de algunos parámetros zootécnicos sobre la producción láctea en las mesetas altas al oeste de Camerún. Kamga P., Mbanya J.N., Awah N.R., Mbohoy Y., Manjeli Y., Nguemdjom A., Kamga Pamela B., Njwe R.M., Bayemi P.H., Ndi C1., Imélé H., Kameni A. (*en francés*)

62 Nota de lectura

63-68 Uso de la barimetría para la estimación del peso en el cebú Azawak en Níger. Dodo K., Pandey V.S., Illiassou M.S. (*en francés*)

69-80 Análisis comparativo de la productividad de los hatos de pequeños rumiantes en crianza tropical extensiva: un nuevo enfoque mediante modelos de matrices en tiempos discretos. Lesnoff M., Lancelot R., Tillard E., Faye B. (*en francés*)

81-87 Estudio comparado sobre la metodología para la estimación de los pesos a edades tipo antes del destete aplicado a los caprinos Creoles productores de carne. Naves M., Menendez Buxadera A., Alexandre G., Mandonnet N. (*en francés*)

Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux

ABONNEMENT/SUBSCRIPTION

France	Union européenne <i>European Union</i>	Pays Acp <i>ACP countries</i>	Autres pays étrangers <i>Other foreign countries</i>
72 € (= 470 FF)	88 € (= 580 FF)	56 € (= 365 FF)	96 € (= 630 FF)

Je désire m'abonner à la Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux
(2001, vol. 54, 4 numéros)

*I wish to subscribe to the Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux
(2001, vol. 54, 4 issues)*

nom/name:.....prénom/first name:.....

adresse/address:

.....

ville/city:.....pays/country:.....

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

à l'ordre de LAVOISIER ABONNEMENTS / payable to LAVOISIER ABONNEMENTS

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

A retourner à / Return to
LAVOISIER ABONNEMENTS
Anne Defois
14, rue de Provigny
94236 Cachan Cedex, France

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

Dépistage de mammites subcliniques chez des vaches Goudali en lactation au Nord Cameroun

H. Gambo¹ C. Agnem Etchike²

Mots-clés

Bovin - Zébu Goudali - Mammites bovines - Numération cellulaire somatique - Cameroun.

Résumé

L'objectif du présent travail a été d'étudier la prévalence des mammites subcliniques dans les exploitations bovines laitières de la Vina. Le comptage des cellules somatiques par la méthode microscopique directe et le test de Schalm (Cmt, California Mastitis Test) ont été utilisés pour analyser des échantillons de lait prélevés. Les prélèvements de lait de mélange ont été effectués dans 37 exploitations de la région. Un taux moyen de $1\,240 \pm 765 \times 10^3$ cellules par millilitre de lait a été obtenu avec une variation significative liée à la taille du troupeau ($p < 0,05$). Le suivi a été régulier et s'est étalé sur six mois dans trois exploitations différentes. Il a consisté à analyser mensuellement le lait de mélange et les échantillons individuels de lait de vaches en lactation. Les résultats du comptage cellulaire direct du lait de mélange ont montré un taux cellulaire moyen de $834 \pm 204 \times 10^3$ cellules par millilitre de lait, soit l'équivalent d'un score Cmt2 révélateur d'une infection mammaire. Aucune différence mensuelle significative n'a été enregistrée. L'analyse de 504 échantillons individuels a permis de mettre en évidence l'effet significatif du rang de lactation et du stade de lactation sur les résultats du comptage cellulaire du lait. Les résultats ont montré que les femelles zébus Goudali des zones tropicales, bien que faiblement productrices de lait, étaient prédisposées aux mammites subcliniques. Ainsi, le comptage des cellules somatiques a semblé être un outil utile à développer à petite ou à grande échelle pour un dépistage systématique et régulier dans un programme intégré de lutte contre les mammites.

■ INTRODUCTION

Au Cameroun et particulièrement dans la zone de Ngaoundéré, l'introduction de l'élevage bovin laitier a été facilitée tant par le projet laitier canadien que par les programmes d'insémination artificielle et de sélection génétique pilotés par l'Institut de recherche agronomique pour le développement (Irad) à Wakwa. La rentabilité de ce type d'élevage dépend de la maîtrise de l'alimentation et du contrôle de certaines pathologies comme les infections mammaires.

La mammites est un état d'inflammation de la glande mammaire résultant de l'action de micro-organismes pathogènes très variés. Ces derniers attaquent et endommagent les tissus sécrétoires qui réagissent très souvent contre l'agression par la mobilisation des leucocytes polynucléaires neutrophiles dans la région de l'infection (16, 19). Elle se rencontre généralement chez les vaches en

lactation et entraîne, d'une part, la baisse de la production de lait et, d'autre part, la baisse de la qualité hygiénique et nutritive du lait et de ses produits dérivés (8, 9, 12, 20).

Cette affection, très répandue dans le monde et particulièrement dans les exploitations laitières des pays du Nord, tend à être négligée chez les races tropicales faiblement productives (18). La vache Goudali, dont la production moyenne est de 500 kg de lait par lactation (14), présente rarement des formes cliniques de mammites (4). Les résultats d'une enquête réalisée auprès des services d'élevage de Ngaoundéré ainsi que les rapports d'activité de la délégation montrent que, sur un total annuel de 12 325 bovins présentés en consultation en 1992, seulement 14 cas de mammites cliniques ont été observés (4). Cela n'exclut cependant pas l'existence de formes subcliniques, sans symptômes apparents ni altération visible du lait. Dans ces formes, seule l'augmentation du taux de globules blancs et de cellules épithéliales du lait est décelée par divers tests de comptage cellulaire (1, 5, 8). Ainsi, le comptage des cellules somatiques du lait est devenu un élément d'appréciation de l'état sanitaire global de la mamelle, d'estimation de la prévalence des mammites dans le troupeau et d'évaluation de la qualité du lait destiné à la consommation (5, 22). La présente étude a eu

1. Université de Ngaoundéré, BP 592, Ngaoundéré, Cameroun

Tél. : +237 225 25 98 ; fax : +237 225 16 94

2. Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, BP 454, Ngaoundéré, Cameroun

pour objectif, d'une part, d'évaluer la prévalence des mammites subcliniques dans les exploitations à vocation laitière afin d'envisager des solutions d'amélioration et, d'autre part, de mettre sur pied des méthodes faciles et économiques de dépistage précoce des mammites pour les éleveurs des zones tropicales.

■ MATERIEL ET METHODES

Zone de l'étude

L'étude a été conduite dans l'Adamaoua et, plus précisément, dans la zone de Ngaoundéré et de ses environs. C'est une région de transition entre le Sud forestier et les savanes soudanaises du Nord. Elle se situe entre 6° 20' et 7° 40' de latitude nord et 11 et 15° de longitude est. Son altitude varie entre 900 et 1 500 m. Les précipitations monomodales couvrent généralement sept mois, avec une moyenne de 1 500 mm pour 120 à 150 jours de pluies par an. Les températures moyennes oscillent entre 23 et 25 °C (15). Toutes ces données confèrent à cette zone un caractère propice au développement de l'élevage. Le cheptel bovin, constitué à majorité d'animaux de race Gudali, a été estimé à 1 800 000 têtes en 1994, soit 28 p. 100 du cheptel bovin national (15).

Exploitations

La facilité d'accès des exploitations et la disponibilité des éleveurs ont été les seuls critères de choix. L'étude s'est déroulée à deux niveaux :

- un suivi mensuel régulier de trois exploitations à vocation laitière dans les régions de Bini, Mballang et Maoui ;
- une enquête transversale sur des exploitations bovines non spécialisées en production de lait. L'enquête a été menée entre les mois de mai et de novembre qui correspondent à la saison des pluies, période pendant laquelle la disponibilité en fourrage permet une production laitière optimale.

Des trois exploitations ayant fait l'objet du suivi mensuel, les exploitations E2 et E3, quasi identiques d'après les critères retenus (tableau I), ont été différentes de E1.

Pendant la période de tarissement dont la durée moyenne varie de 3 à 5 mois dans la région (14), seules les vaches de l'exploitation E1 ont été systématiquement soumises à une antibiothérapie générale à base d'oxytétracycline 20 p. 100 longue action et à une injection intra-mammaire de benzathine cloxacilline après la dernière traite.

L'enquête transversale, dont l'objectif a été d'estimer le niveau moyen de contamination dans la zone, a été menée dans 37 exploitations différentes. C'étaient en général des élevages de type extensif pour lesquels la production laitière n'était pas une source de revenus, le lait trait étant destiné à la consommation familiale.

Le niveau d'hygiène a été médiocre dans l'ensemble. Avant la traite, même le simple lavage des trayons a été négligé. Il n'y a pas

eu de trempage des trayons ni d'utilisation de serviettes individuelles. La traite a été manuelle et s'est passée à l'étable ; le traitement anti-infectieux au tarissement n'a pas été appliqué. Ces exploitations ont été dans leur quasi-totalité similaires aux exploitations E2 et E3 ayant fait l'objet du suivi.

En fonction de l'effectif, ces exploitations ont été subdivisées en trois classes distinctes :

- Cl-1, 15 à 20 vaches laitières (n = 12) ;
- Cl-2, 21 à 40 vaches laitières (n = 17) ;
- Cl-3, plus de 40 vaches laitières (n = 8).

Prélèvements

Deux types de prélèvements ont été effectués : un prélèvement de lait individuel issu des quatre quartiers de la mamelle de chaque vache en lactation et un prélèvement de lait de mélange (lait issu de la traite de toutes les vaches en lactation présentes dans l'exploitation). Le premier type de prélèvement, effectué uniquement dans les exploitations suivies mensuellement, a permis d'apprécier le niveau individuel d'infection mammaire. Le deuxième type, utilisé pour évaluer le niveau de contamination moyen du cheptel, a été effectué dans toutes les exploitations visitées. Le lait des quartiers individuels a été prélevé directement après nettoyage de la mamelle et expulsion des premiers jets de lait. Tous ces prélèvements (flacons de 25 ml) ont été identifiés et acheminés au laboratoire dans des conditions strictes de réfrigération (4 °C).

Tests

Deux tests ont été appliqués sur chaque échantillon prélevé.

1. Le test de Schalm (California Mastitis Test ou Cmt). Son principe repose sur l'utilisation d'un corps tensioactif (le teepol à 10 p. 100) qui provoque l'éclatement des cellules et la précipitation de leur Adn et d'une solution de pourpre de bromocrésol à 1/10 000^e qui joue le rôle d'indicateur de pH (2, 3, 9). Deux millilitres de lait à tester sont mélangés à une même quantité de réactif (Leucocyttest) à température ambiante. La réaction a été numérotée de 0 à 4 en fonction du niveau d'infection (1, 6, 24) et la notation Cmt1 a correspondu à un résultat douteux (tableau II) (6).

2. Le comptage des cellules somatiques (Ccs) par la méthode de Breed et Prescott. Les cellules du lait sont comptées directement au microscope après coloration des noyaux. Pour réaliser ce comptage, 0,01 ml de lait a été étalé sur une surface de 1 cm² d'une lame microscopique ordinaire. Le colorant de Broadhurstpaley a été utilisé pour la préparation des films. La lecture a été faite sur 25 champs microscopiques non superposés, choisis au hasard. Le facteur multiplicatif utilisé a été celui de Breed et Prescott dont la valeur est de 20 000 (17, 21).

Tous les échantillons prélevés ont été soumis dans un premier temps au Cmt dans l'exploitation même. Le second test, exigeant plus de temps et de matériel a été réalisé au laboratoire.

Tableau I
Caractéristiques des exploitations

Exploitations	Effectif	Système d'élevage	Système de traite	Traitement de tarissement	Hygiène de la traite
E1 (Maoui)	24	Semi-intensif	Manuel au pâturage	+	Lavage des trayons
E2 (Bini)	32	Extensif	Manuel au pâturage	-	Aucune
E3 (Mballang)	28	Extensif	Manuel au pâturage	-	Aucune

■ RESULTATS

Valeur du comptage des cellules somatiques

Dans le cadre de l'enquête transversale, 37 échantillons de lait de mélange issus de 37 exploitations différentes ont été analysés. La concentration cellulaire moyenne enregistrée a été de $1\,240 \pm 765 \times 10^3$ cellules par millilitre de lait.

Une forte variation a été notée entre les exploitations. Dans quatre exploitations, les valeurs ont été inférieures à 400×10^3 cellules/ml. Dans sept exploitations, elles ont été comprises entre 400 et 800×10^3 cellules/ml. Dans les 26 restantes, elles ont été supérieures à 800×10^3 cellules/ml de lait. Le taux le plus élevé a été de $2\,830 \times 10^3$ cellules/ml alors que le taux le plus bas a été de 260×10^3 cellules/ml. Ces exploitations ayant toutes été de type extensif, sans hygiène de la traite, la taille du troupeau a été le seul facteur pris en considération dans les analyses.

Effet de la taille du troupeau

Les taux cellulaires les plus élevés ont été enregistrés dans les grands troupeaux (classe 3) alors que les taux les plus bas l'ont été dans les petits troupeaux (classe 1) (tableau III). L'analyse de variance a montré une différence significative entre ces deux classes ($P < 0,05$). Il est à noter que les valeurs moyennes enregistrées dans les différentes classes ayant toutes été supérieures à $1\,000 \times 10^3$ cellules/ml, tous les types ont été contaminés mais à des degrés divers.

Lait de mélange

Le lait de mélange de chacune des trois exploitations a été mensuellement analysé. Les résultats enregistrés ont montré une variation par exploitation et par mois de prélèvement (tableau IV).

Aucune différence significative n'a été relevée entre les mois de prélèvement. Les résultats moyens des exploitations E2 et E3,

Tableau II

Lecture et interprétation du test de Schalm

Aspect	Réaction	Notation	Concentration cellulaire
Mélange fluide	Négative	0	0 à 200 000
Flocculat très fin qui disparaît après agitation	Douteuse + 1 (état de trace)	1	150 000 à 500 000
Flocculat très net sans tendance à la gélification	Positive + 2	2	400 000 à 1 500 000
Flocculat épais avec formation d'un gel ; par endroits, consistance du blanc d'œuf	Positive + 3	3	800 000 à 5 000 000
Gel épais à la consistance du crachat	Positive + 4	4	> 5 000 000

D'après Oaki, 1990 ; Dumont et coll., 1999 ; Selze, 1999

Tableau III

Moyenne cellulaire par classe d'effectifs

Classe	Cl-1	Cl-2	Cl-3
Nombre d'exploitations	12	17	8
Moyenne (cellules/ml)	$1\,022 \pm 660 \times 10^{3a}$	$1\,678 \pm 738 \times 10^3$	$2\,168 \pm 480 \times 10^{3b}$

a vs b, $P < 0,05$

Tableau IV

Concentration cellulaire moyenne en 10^3 cellules/ml par exploitation et par mois

Exploitation	Effectif	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Moyenne/exploitation
E1	24	420 (1) *	312 (1)	648 (2)	532 (2)	488 (1)	490 (2)	482 ^a
E2	32	944 (3)	1 032 (3)	1 068 (3)	984 (2)	1 206 (3)	1 124 (3)	1 060 ^b
E3	28	836 (3)	860 (3)	904 (3)	1 048 (3)	988 (2)	1 136 (3)	962 ^b
Moyenne mensuelle	-	733	734	873	854	894	916	834

* Score Cmt

a vs b, $P < 0,05$

statistiquement identiques, ont différé significativement de ceux d'E1 ($p < 0,05$).

La correspondance entre les scores Cmt mensuels et les concentrations cellulaires mensuelles a été en général conforme aux normes théoriques (tableau IV). Cependant, certains résultats ont montré des divergences.

Dans l'exploitation E1, les concentrations cellulaires de 488 et 490×10^3 cellules/ml enregistrées respectivement en octobre et en novembre ont été peu différentes, contrairement aux scores Cmt correspondants (respectivement 1 et 2), indiquant les valeurs limites entre les deux notations. Dans l'exploitation E2, le score Cmt a été plus élevé en juin qu'en septembre alors que la concentration cellulaire du mois de septembre a été légèrement plus élevée que celle de juin. Les résultats enregistrés dans l'exploitation E3 pendant les mois de juin et d'octobre ont été similaires.

Prélèvements individuels

Pendant les six mois de l'étude, 84 vaches issues des trois exploitations suivies ont été prélevées individuellement chaque mois et 504 échantillons de lait de mélange de quartiers individuels ont été analysés par les deux méthodes (Cmt et comptage microscopique direct). Aucune des vaches n'a manifesté de symptôme clinique de mammite avant le prélèvement. Une analyse statistique a été menée pour apprécier l'effet du rang de lactation et du stade de lactation.

Effet du rang de lactation

Dans les trois exploitations du suivi, les femelles en production ont été classées selon leur rang de lactation en quatre catégories (tableau V). Les tests Cmt ont donné des scores de 0 et de 1 le plus souvent chez les primipares et les vaches de 2^e et de 3^e rang de lactation. Les scores 2 et 3 ont surtout été enregistrés chez les femelles de 4^e, de 5^e rang de lactation et plus. Les scores 4 sont restés rares dans la zone.

Le comptage microscopique direct a donné des résultats peu différents du Cmt (tableau V). La réponse cellulaire a semblé d'autant plus importante que les vaches ont eu un rang de lactation plus élevé. Une différence significative a été notée entre les vaches de 1^{er} rang de lactation et celles de 4^e, de 5^e rang de lactation ou au-delà ($p < 0,01$).

Effet du stade de lactation

La figure 1 montre l'effet du stade de lactation sur les résultats du comptage cellulaire individuel réalisé dans les trois exploitations. Des concentrations cellulaires moyennes respectivement de $1\ 280$, 825×10^3 et $1\ 074 \times 10^3$ cellules/ml ont été enregistrées au 1^{er} mois de lactation, entre les 2^e et 4^e mois et au-delà du 5^e mois.

Le début (1^{er} mois) et la fin (au-delà du 5^e mois) de la lactation se sont caractérisés par un niveau de comptage élevé qui les a distingués significativement ($p < 0,01$) de la mi-lactation (2^e- 4^e mois).

■ DISCUSSION

Le taux cellulaire moyen de $1\ 240 \times 10^3$ cellules/ml de lait de mélange enregistré dans les exploitations de Ngaoundéré et de ses environs a été un indicateur de la forte proportion de quartiers infectés dans les troupeaux de la région. Il ressort des relations d'équivalences établies par certains auteurs (7, 20) qu'une concentration de $1\ 000 \times 10^3$ cellules/ml de lait de mélange équivaut à une moyenne de 32 p. 100 de quartiers infectés dans le troupeau et une perte estimée à 17,7 p. 100 de la production totale de lait. La concentration enregistrée dans cette étude ($1\ 240 \times 10^3$ cellules/ml) a été équivalente à un taux estimatif de plus de 32 p. 100 de quartiers atteints dans les troupeaux visités, témoignant d'une prévalence élevée des mammites subcliniques dans la zone.

L'effet de la taille du troupeau mis en évidence par l'analyse de variance pouvait s'expliquer par la facilité d'application des mesures de prévention sur un effectif réduit. Plus le cheptel est grand, moins le suivi individuel est assuré et plus le nombre de quartiers atteints est élevé (9). Les pertes économiques liées à un taux cellulaire élevé ne sont pas à négliger dans cet environnement où le revenu du paysan est très bas. Les résultats des études menées par Lescourret et Coulon montrent que les baisses de production laitière observées dans les cas de mammites sont généralement à court terme (13). Ces pertes sont faibles à l'échelle individuelle et restent tributaires de certains facteurs tels que le stade de lactation (13). Cependant, à l'échelle du troupeau, le manque à gagner n'est pas à négliger.

La présence de ces infections mammaires pourrait être attribuée aux mauvaises conditions d'hygiène de traite qui favorise la trans-

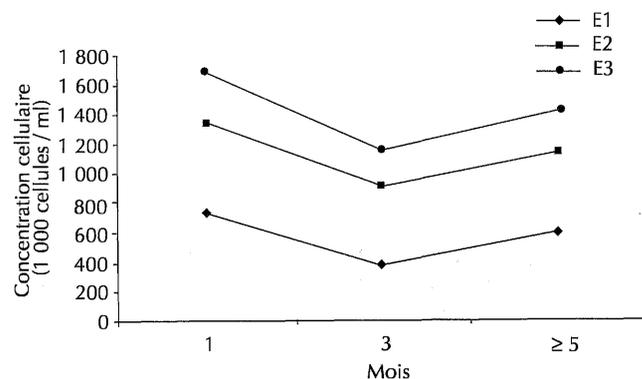


Figure 1 : effet du stade de lactation sur la concentration cellulaire.

Tableau V

Taux cellulaire en 10^3 /ml par exploitation et par rang de lactation

Rang de lactation	1 ^{re} lactation	2 ^e -3 ^e lactation	4 ^e -5 ^e lactation	> 5 ^e lactation
E1	250	368	642	665
E2	486	874	1 305	1 576
E3	402	730	1 062	1 142
Moyenne	380 ^a	657 ^a	1 003 ^b	1 127 ^b

a vs b, $P < 0,01$

mission de l'infection d'un quartier à un autre ou d'une vache à une autre (9, 16, 23).

Les concentrations cellulaires du lait de mélange enregistrées dans les trois exploitations suivies ont montré dans l'ensemble des chiffres supérieurs à 400×10^3 cellules/ml, norme hygiénique limite fixée par l'Union européenne (1, 9, 22). Seule l'exploitation E1 a montré un résultat inférieur à cette norme pendant le mois de juillet. Ces résultats obtenus dans les exploitations phares de la région ont donc été positifs et confirment les résultats de l'enquête transversale. L'exploitation E1 s'est distinguée des autres par son niveau de contamination assez bas. Cette différence pouvait s'expliquer par :

- le caractère semi-intensif du système d'élevage (bon affouragement et complémentation alimentaire, assurant un niveau immunitaire élevé) ;
- les conditions de traite plus satisfaisantes avec un lavage des trayons avant la traite ;
- le traitement systématique au tarissement.

Les taux cellulaires les plus élevés enregistrés chez les vaches de 4^e, de 5^e rang de lactation et au-delà auraient été dus à la baisse des défenses naturelles au niveau de la glande mammaire des vaches âgées. Le canal du trayon devient plus dilaté après chaque lactation, prédisposant davantage la vache aux infections mammaires (1).

Certains auteurs attribuent le taux cellulaire élevé du début de lactation à la perte excessive des cellules épithéliales dans un volume réduit de lait suite à la reprise de l'activité de la glande mammaire après une période de repos (1, 8, 21). De nombreuses études ont montré que le lait de première semaine de lactation se caractérise par une forte concentration en cellules somatiques, suivie d'une baisse rapide et progressive entre les 25^e et 45^e jours après le vêlage, pour se stabiliser à un taux bas durant des semaines avant de croître progressivement jusqu'à la fin de la lactation (10, 11, 16, 21). L'élévation du taux cellulaire de fin de lactation aurait simplement été due à l'augmentation de la concentration cellulaire dans un faible volume de lait suite à la baisse physiologique de fin de lactation (8, 16). Le colostrum, le lait de fin de lactation et le lait de vaches âgées peuvent donner des réactions faussement positives.

Le Cmt et le comptage direct des cellules au microscope ont donné des résultats sensiblement identiques. L'intervalle de variation cellulaire assez grand pour chaque score Cmt ne permet malheureusement pas de bien apprécier l'évolution des concentrations cellulaires dans le temps. Les scores Cmt faibles correspondant à de fortes concentrations cellulaires auraient été dus à la présence des cellules dont les noyaux résistent à l'action du réactif (9). Les scores Cmt3 enregistrés en juin dans les exploitations E2 et E3 sont apparus comme des réactions assez exagérées. Elles auraient pu être dues à l'action du réactif sur les cellules désintégrées (5, 9). Dans la pratique, le Cmt reste de loin mieux adapté en milieu paysan, car il est plus rapide et il est nécessite peu de matériel et de connaissances techniques. Mais il reste moins précis que le comptage direct des cellules, en particulier pour apprécier les variations de faibles amplitudes.

■ CONCLUSION

Les résultats du présent travail ont montré une concentration cellulaire moyenne de $1\ 240 \times 10^3$ cellules/ml de lait de mélange dans les exploitations de la région de Ngaoundéré. Ce taux est un indicateur d'une prévalence élevée de mammite subclinique dont l'impact sur la production quantitative et qualitative du lait n'est pas à négliger. Les résultats relevés au niveau des trois élevages suivis régulièrement semblent indiquer que les mauvaises condi-

tions d'hygiène de traite et la mauvaise conduite du troupeau ont constitué les probables facteurs de risque. Il apparaît important d'effectuer un diagnostic précoce par le comptage des cellules du lait pour contrôler cette forme subclinique. Cependant, le rang de lactation et le stade de lactation sont des facteurs qui interagissent sur cette numérotation cellulaire. Le Cmt, bien que très pratique et rapide, est malheureusement subjectif, moins précis que le comptage direct et difficile à utiliser pour apprécier les variations cellulaires dans le temps. Les deux tests sont néanmoins complémentaires dans le dépistage systématique précoce des mammites subcliniques.

Au terme de cette étude les auteurs recommandent :

- de vulgariser l'application de mesures d'hygiène adéquates, particulièrement lors de la traite (au moins le lavage des trayons) ;
- de traiter systématiquement les mammites cliniques en respectant les règles de base (traitement antibiotique précoce, massif et soutenu effectué après des traites complètes, nettoyage et désinfection du trayon des quartiers à traiter, et suivi d'un délai d'attente avant d'utiliser le lait pour la consommation humaine) ;
- de vulgariser l'utilisation régulière du Cmt au niveau de chaque exploitation sur les quartiers de toutes les vaches en lactation tous les trois mois (ou, mieux, tous les mois) et dans tous les centres de collecte de lait ;
- dans la mesure du possible, de faire en sorte que le test soit effectué par la même personne qui notera de la même manière pour limiter la subjectivité du test ;
- de réformer les vaches aux mammites non guéries, à mammites récidivantes ou à quartier fibrosé ;
- d'entreprendre une étude sur de nombreux cas, en station et hors station, pour préciser les limites des notations obtenues sur les niveaux de cellules somatiques dans les conditions locales, particulièrement la limite inférieure de la notation Cmt2 qui peut être considérée comme positive.

BIBLIOGRAPHIE

1. OAKI I., 1990. Diurnal variation in count and composition of somatic cell in milk and characteristics related infection mastitis. In: Int. Symp. Bovine Mastitis, National Mastitis Council, Indianapolis, IN, USA, 13-16 september 1990, p. 412-418.
2. BENNET G., 1993. What to expect from sire selection to lower somatic cell count. In: 32nd Annual Meeting National Mastitis Council, Kansas City, KS, USA, 4-7 October 1993, p. 65-72.
3. BOSSE P., 1982. Base d'un plan de prévention des mammites bovines et difficulté de mise en place. Thèse Doct. vét., Faculté Médecine Créteil, France, 65 p.
4. DAWA O., 1992. Rapport annuel. Ngaoundéré, Cameroun, ministère de l'Élevage, des pêches et industries, 76 p.
5. DOHOO J.R., LESILE K.E., 1990. Evaluating of changes in somatic cell count as indicator of new intramammary infection. In: Int. Symp. Bovine Mastitis, National Mastitis Council, Indianapolis, IN, USA, 13-16 september 1990, p. 320-325.
6. DUMONT P., PONSART C., HUMBLLOT P., GUERIN B., 1999. Etude de la réaction de Schalm au cours du contrôle de la fonction sexuelle chez le jeune taureau Normand. *Elev. Insémin.*, **292** : 3-16.
7. EBERHART R.J., HARMON R., 1987. Current concepts of bovine mastitis. In: Int. Symp. Bovine Mastitis, National Mastitis Council, 3rd Edn, Arlington, VA, USA, 47 p.
8. ELVINGER F., NATZKE R.P., 1992. Elements of mastitis control. Large dairy herd management. *Am. Dairy Sci. Assoc.*, 440-447.
9. FADRIG A., 1988. Contribution à l'étude d'un programme antimammite dans six élevages laitiers de Sodea. Thèse Doct. vét., lav, Rabat, Maroc, 137 p.
10. HARMON R.J., RENEAU J.K., 1993. Factors affecting somatic cell count in milk. In: 32nd Annual Meeting National Mastitis Council, Kansas City, KS, USA, 4-7 October 1993, p. 243-289.

11. KENNEDY B.W., SETHAR M., TONGA A., MOXLEY J., 1982. Environmental factors influencing test day somatic cell counts in Holsteins. *J. Dairy Sci.*, **65**: 275-280.
12. KIRK J.H., 1984. Programmable calculator program for linear somatic cell counts scores to estimate mastitis field losses. *J. Dairy Sci.*, **67**: 441-444.
13. LESCOURET T., COULON J.B., 1994. Modeling the impact of mastitis on milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **77**: 2289-2301.
14. MBAH D.A., MBANYA J., MESSINE O., 1998. Performance of Holsteins, Jerseys and their zebu crosses in Cameroon: preliminary results. *Sci. Technol. Rev.*, Cameroon, **3**: 115-126.
15. MBAHE R.E., 1998. Résultats de recherche agricole pour le développement en zone agro-écologique de hautes savanes guinéennes (Adamaoua). In : Comité régional des programmes, 27-28 octobre 1998. Ngaoundéré, Cameroun, Irad, 17 p.
16. MILLET V., 1988. Mammites : Attention danger ! *Revue fr. Génét. Reprod.*, **50** : 42-44.
17. PACKARD V.S., GINN R.E., 1985. Methods to detect abnormal milk. In: Van Horn Ed., Standard methods for the examination of dairy products, 15th edn. Wilcox, p. 219-237.
18. REGE J.E., ABOAGYE G.S., AKAH S., AHUNU B.K., 1994. Crossbreeding Jersey with Ghana Sokoto Gudali cattle in a tropical environment: Additive and heterotic effects for milk production, reproduction and calf growth traits. *Anim. Prod.*, **59**: 21-29.
19. RENEAU J.K., 1986. Dairy herds performance evaluation: Mastitis monitors. In: Proc. Int. Symp. Bovine Mastitis, National Mastitis Council, **18**, p. 38-49.
20. RENEAU J.K., 1990. Monitoring mastitis milk quality and economic losses in herds. In: Int. Symp. Bovine Mastitis, National Mastitis Council, Indianapolis, IN, USA, 13-16 september 1990, p. 326-333.
21. SCHALM O.W., CARROL E.J., JAIN N.C., 1971. Bovine mastitis. Philadelphia, PA, USA, Lea and Febriger, p. 94- 157.
22. SELZE J.C., 1999. Taux cellulaires élevés, qui est responsable ? Mammmites cliniques ou subcliniques ? *Bull. tech. Insémin. artif.*, **91** : 31-33.
23. SPENCER S.B., 1992. Milking machine function and cleaning. Large dairy herd management. *Am. Dairy Sci. Assoc.*, 475-486.
24. SPENCER S.B., PANKEY J.W., 1990. How to use somatic cell count information. *Hoard's dairyman. Natl Dairy Mag.*, 59.

Reçu le 08.09.1999, accepté le 17.10.2001

Summary

Gambo H., Agnem Etchike C. Detection of Subclinical Mastitis in Lactating Gudali Zebus in North Cameroon

The objective of the study was to assess the prevalence of subclinical mastitis in bovine dairy farms of Vina. Milk samples were analyzed by the direct somatic cell count (SCC) method and the California Mastitis Test (CMT). Bulk milk was sampled in 37 dairy farms. Mean SCC was $1240 \pm 765 \times 10^3$ cells per milliliter of milk and varied significantly with the herd size ($p < 0,05$). Monitoring was regular and covered a six-month period in three separate farms: bulk milk and individual milk samples from lactating zebu cattle were monthly analyzed. Mean direct SCC was $834 \pm 204 \times 10^3$ cells per milliliter of bulk milk, equivalent to a CMT 2 score (sign of mastitis). Monthly differences were not significant. Results from 504 individual milk samples showed that parity and the stage of lactation significantly affected SCC. Although Gudali zebu females of tropical areas yield lesser milk, the results showed that they were still prone to subclinical mastitis. Therefore, SCC seemed to be a useful tool to be developed on a small or larger scale within an integrated control program so as to detect systematically and regularly mastitis.

Key words: Cattle - Gudali zebu - Bovine mastitis - Somatic cell count - Cameroon.

Resumen

Gambo H., Agnem Etchike C. Sondeo de las mastitis sub clínicas en las vacas en lactación en el norte de Camerún

El objetivo del presente trabajo fue el de estudiar la prevalencia de las mastitis sub clínicas en los establecimientos bovinos lecheros de Vina. Con el fin de analizar las muestras de leche, se realizó un conteo de células somáticas, mediante el método microscópico directo y el test de Schalm (Cmt, California mastitis test). Las muestras de leche provenientes de mezclas se obtuvieron en 37 establecimientos de la región. Se obtuvo una tasa media de $1240 \pm 765 \times 10^3$ células por mililitro de leche, con una variación significativa, ligada al tamaño del hato ($p < 0,05$). El seguimiento fue regular, con una duración de seis meses, en tres explotaciones diferentes. Consistió en el análisis mensual de la leche de mezclas y de las muestras individuales de leche de vacas en lactación. Los resultados del conteo celular directo de la leche de mezclas mostró una tasa celular media de $834 \pm 204 \times 10^3$ células por mililitro de leche, o sea el equivalente de un valor de Cmt2 revelador de una infección mamaria. No se registró ninguna diferencia mensual significativa. El análisis de 504 muestras individuales permitió demostrar el efecto significativo del rango de lactación y del estadio de lactación sobre los resultados del conteo celular de la leche. Los resultados muestran que las hembras cebú Gudali de las zonas tropicales, aunque bajas productoras de leche, estaban predispuestas a las mastitis sub clínicas. Por lo tanto, el conteo de las células somáticas parece ser un instrumento útil a desarrollar, a pequeña o gran escala, para el seguimiento sistemático y regular dentro de un programa integrado de lucha contra las mastitis.

Palabras clave: Ganado bovino - Cebú Gudali - Mastitis bovina - Conteo de células somáticas - Camerún.

Brucellosis in Camels in Intensive Animal Breeding Areas of Sudan. Implications in Abortion and Early-Life Infections

M.T. Musa¹ M.T.A. Shigidi²

Key words

Dromedary - *Brucella abortus* - Brucellosis - Intensive husbandry - Abattoir - Sudan.

Summary

To study brucellosis in 3413 camels raised in areas of Sudan, where cattle, sheep and goats were intensively bred, bacteriological and serological examinations were performed. Among the camels, 3275 belonged to 110 herds, 35 were reared individually or with cattle, and 103 had been slaughtered at Nyala abattoir. The infection was found in 50 (45.5%) of 110 herds, with prevalence rates ranging from 1.4 to 89.5%; in 72 (7.3%) out of 993 males and in 196 (8.1%) out of 2420 females; 75% of the positive camels were adults over 4 years old and the remaining 25% were younger, from 6 months to 4 years old. In infected herds, abortion rates associated with the disease ranged from 3.1 to 72.7% depending on the location. Other conditions caused by the disease were retention of placenta, fetal death and mummification, delayed service age and infertility. Hygromas and cases of orchitis were not shown to be caused by brucellosis. The disease in camels was found milder than in cattle. *Brucella abortus* antibodies in infected camels ranged from 31 to 1969 IU/ml (2/20 to 2/1280). The milk ring test was improved by adding bovine milk negative for the disease to camel milk. Male camels used for service were negative for the disease implying that they did not play a role in its transmission. Recommendations for brucellosis control were given.

■ INTRODUCTION

Camels in Sudan were previously reared in arid and semiarid lands. They moved to higher rainfall areas side by side with other domestic livestock and wildlife. This change resulted in exposure of camels to diseases that were uncommon in their natural habitat, e.g. fasciolosis, dermatomycosis, tick paralysis, trypanosomosis, theileriosis and brucellosis, which were diagnosed in our laboratory in Nyala.

The aim of this work was to study brucellosis and its impact on camels in intensive livestock rearing areas in Sudan.

■ MATERIALS AND METHODS

Many areas in Darfur region, Western Sudan (Figure 1) were visited to collect random samples from 3413 camels of both sexes and different ages for brucellosis diagnosis. The camels sampled were

3275 from 110 herds, 35 reared either with cattle or individually and 103 slaughtered in Nyala abattoir. With the aid of a questionnaire, information from each camel sampled was obtained including its location, owner, sex, age, pathological condition, history of abortions, breeding records, whether reared individually, with other species or in a camel herd, herd size, number of animals positive for brucellosis and status of the camel at the time of sampling (suckling, weaned, adolescent, adult, pregnant or repeat breeder).

Sampling for bacteriological diagnosis of brucellosis

Slaughtered camels

In Nyala abattoir, 103 camels were bled for serum samples before slaughter using serum vacutainer tubes. Sera were separated in plastic tubes with caps and screened for *Brucella abortus* antibodies by the rose bengal plate test (RBPT). Mesenteric, retropharyngeal and supramammary lymph nodes of positive camels were sampled at postmortem examination. Positive sera were then kept for further serological diagnosis of the disease.

Live camels

In the field, fetal stomach contents were obtained from three fetuses and a vaginal swab was taken from an aborted she-camel 12 days after abortion.

1. Nyala Regional Veterinary Research Laboratory, PO Box 24, Nyala, Sudan

Tel. Office: +249 71 13 61 10; Home: +249 71 13 20 98; Fax: +249 71 13 31 23

2. Faculty of Veterinary Science, University of Khartoum, PO Box 32, Khartoum North, Sudan

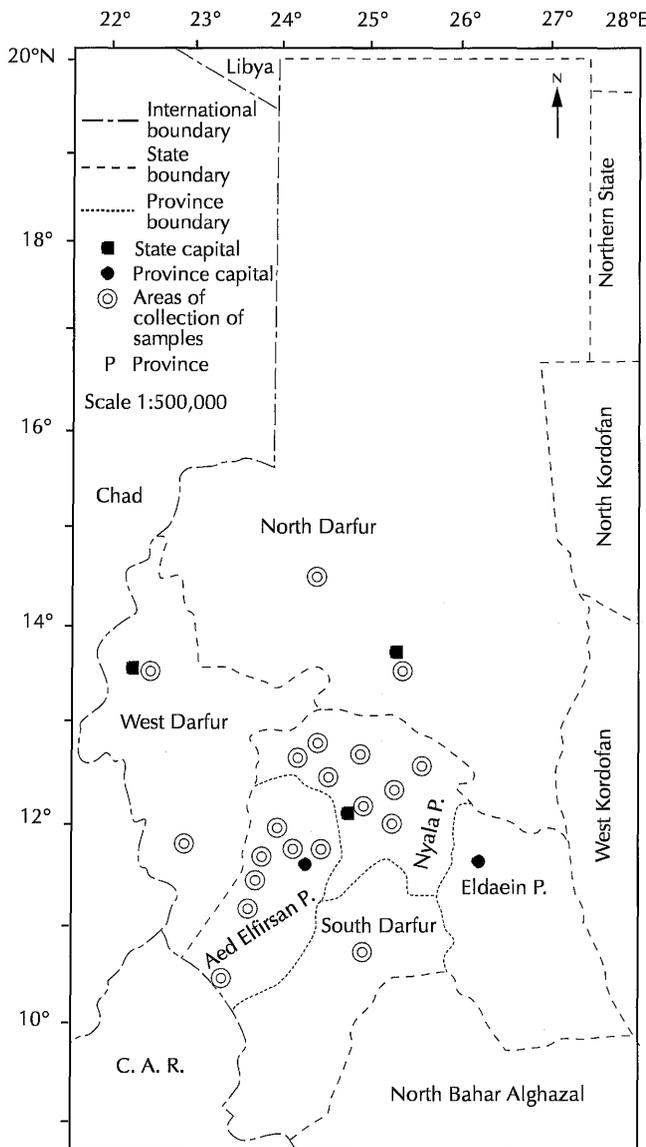


Figure 1: Areas of sample collection from camels for brucellosis diagnosis in Darfur region, Western Sudan.

Sampling for serological diagnosis of brucellosis

Beside the 103 samples from Nyala abattoir, blood for serum samples was also collected from 3200 camels, mainly in Nyala and Aed El Firsan provinces in South Darfur State, but also in West, North and other parts of South Darfur States. In addition to sera, fluids were sampled in four camels with hygromas and three with orchitis. Camels with either condition were considered positive for brucellosis when both sera and fluids or either one of them reacted positively to the tests used for the disease diagnosis. Camels, whose fetuses were sampled and vaginal swabs taken, were included in the 3200 camels sampled in the field. They were considered positive under the same conditions as those with hygromas and orchitis.

One hundred and ten milk samples were also collected with bijou bottles from she-camels in different areas in Darfur States. All samples obtained for bacteriological and serological diagnosis of brucellosis were stored and transported to the laboratory in iceboxes. In the laboratory they were stored at -20°C until required for diagnosis.

Laboratory investigations

Bacteriological diagnosis of brucellosis

Lymph nodes from camels positive by RBPT, fetal stomach contents and the vaginal swab were used to prepare slide smears stained by the modified Ziehl-Neelsen stain and examined with a microscope for *Brucella*-like organisms.

Serological diagnosis of brucellosis

Out of the 3303 sera collected from camels in Nyala abattoir and in the field, 3274 samples, as well as the seven fluids from hygromas and cases of orchitis, were examined by RBPT, the serum agglutination test (SAT) and the complement fixation test (CFT). The 110 milk samples were tested by the milk ring test (MRT). Because it is difficult to obtain ring formation in MRT with camel milk, each sample was supplemented prior to its testing with 1 ml of bovine milk negative for brucellosis to facilitate ring formation. Standardized antigens supplied by the Central Veterinary Laboratory, UK, were used according to Morgan *et al.* (3).

The complement (C) and hemolytic immune body (HIB) used in CFT were supplied by Tissue Culture Services, UK. Camel sera tested by CFT were inactivated at 60-62°C for 30 min; the test was performed with U-shape microtiter plates. CFT was performed with 25 µl of sera, antigens, C, HIB and diluted standardized red blood cells, and with the hot fixation method.

The remaining 29 sera were examined by RBPT and competitive ELISA (cELISA) according to Brew *et al.* (2). Standardized *B. abortus* lipopolysaccharide antigen extracted by the hot phenol method (2) and a conjugate of *B. abortus* monoclonal antibody isotype IgG1 conjugated to horse radish peroxidase (also supplied by the Central Veterinary Laboratory) were used in cELISA.

■ RESULTS

Bacteriological investigations

In the abattoir

Smears of four lymph nodes from camels positive by RBPT showed partially acid-fast organisms.

In live camels

In the field, a smear from one out of the three fetal stomach contents similarly showed partially acid-fast organisms. The smear from the vaginal swab of the aborted she-camel was also positive by the modified Ziehl-Neelsen stain. Since the samples were taken from camels serologically positive for brucellosis that also showed symptoms of the disease, the organism present in the smears was acknowledged to be *Brucella*.

Serological investigations

Sera

Out of 3274 samples examined by conventional serological tests, 256 (7.82%) were positive for brucellosis. The fluids from the four hygromas and three orchites were negative for brucellosis. Four (13.8%) out of the 29 sera samples examined by cELISA were positive for brucellosis, while only 3 (10.3%) of the same samples were positive by RBPT.

Milk

Three (2.7%) out of the 110 milk samples were positive by the conventional MRT, but, when the samples were supplemented

with bovine milk, 8 (7.3%), including the former 3, were positive improving the test results by 166.7%.

Results of the serological diagnosis of brucellosis in camels at different locations are summarized in Tables I and II. Most camels examined were from Nyala and Aed El Firsan provinces in South Darfur State and a few from North and West Darfur States (Figure 1). The two provinces were intensive animal breeding areas; Nyala province was a pathway for nomads during their migrations inside and outside the country.

Prevalence of brucellosis in camels in Nyala province and other areas

As shown in Table I, the 88 camels examined in Abu Audam were from El Daein province and driven to Nyala along routes and

pastures shared with other livestock herds. The 416 camels examined in Margoum belonged to seven herds owned by nomads from the same clan who were moving together. In these herds 22 she-camels had aborted and were positive for brucellosis. Out of these, 17 (77.3%) aborted once and 5 (22.7%) twice. Among the total 97 camels positive for the disease in Margoum, 2 (2.1%) were at the breeding age, 4 and 6 years old, and had not mated, 2 (2.1%) were repeat breeders and 1 (1.03) was aborted and retained the placenta. By SAT, prozone reactions were observed in 17 (17.5%) out of the 97 positive results, especially in the first 1/10 and occasionally in the second 1/20 dilutions. Out of the 150 males examined 23 (15.3%) were positive for brucellosis, but none of the six males used for breeding in the seven herds were positive for the disease. This indicated that the males were not playing a role in the transmission of the disease. In one herd in Wadi Kaya out of

Table I
Results of serological diagnoses of brucellosis in camels in Nyala province and at other locations in Darfur States

Location	Camels examined			Males			Females			Aborted females		
	Total num.	Pos.	%	Total num.	Pos.	%	Total num.	Pos.	%	Total num.	Pos.	%
Abu Audam	88	6	6.8	36	1	2.8	52	5	9.6	4	0	
Margoum	416	97	23.3	150	23	15.3	266	74	27.8	50	22	44
Wadi Kaya	1025	89	8.7	327	18	5.5	698	71	10.2	29	9	31
Khazan Gadiid	333	20	6	64	1	1.6	269	19	7.1	21	4	19.1
Kashkur	18	2	11.1	8	2	25	10	00		NI	NI	
Camels reared with cattle	9	3	33.3	9	3	33.3	0.0	00		NA	00	
Bilail	45	4	8.9	18	00		27	4	14.8	NI	NI	
Camels from various locations	26	4	15.4	20	3	15	6	1	16.6	NI	NI	
Abattoirs	103	25	24.3	70	17	24.3	33	8	24.3	NI	NI	
Total	2105	250	11.9	702	68	9.7	1403	182	13	104	35	33.7

Pos. = number of animals positive for brucellosis; NI = no information; NA = not applicable

Table II
Prevalence of brucellosis in camels in Aed El Firsan province, South Darfur State

Location	Camels examined			Males			Females			Aborted females		
	Total num.	Pos.	%	Total num.	Pos.	%	Total num.	Pos.	%	Total num.	Pos.	%
Aed El Firsan	19	11	57.9	7	3	42.85	12	8	66.7	11	8	72.7
Asir Barcol	76	00		25	00		51	00		NI	NI	
Markundi	381	00		82	00		599	00		52	00	
Damba	513	5	1	104	00		409	5	1.2	82	3	3.7
Rehid El Birdi	319	2	0.6	73	1	1.4	246	1	0.4	57	5	8.8
Total	1308	18	1.4	291	4	1.4	1017	14	1.4	202	16	7.9

Pos. = number of animals positive for brucellosis; NI = no information

19 camels randomly examined 17 (89.5%) were positive for brucellosis. Among those 15 she-camels were aborted; 5 (33.3%) were positive for the disease and 10 (66.7%) negative. In the same area a she-camel showed signs of abortion and two months later expelled a mummified fetus. After examination it was found positive for brucellosis and its SAT antibody level was 1/320 (410.5 IU/ml). Similarly, the serum of the she-camel found positive through a vaginal swab taken 12 days after abortion was highly positive by RBPT. In Khazan Gadid one of the she-camels was reported having aborted three times. At the time of the investigation its SAT antibody level was 2/20 (31 IU/ml). At the same location, three male camels, 10, 18 and 20 years of age, were observed suffering from orchitis, but their testicular fluids were negative for brucellosis. In Kashkur two camels, a male and a female, had hygromas but were negative for brucellosis. In Bilail the herd examined was made up of 45 camels bought from different places in North, South and West Darfur States and driven to Nyala province for pasture. Two camels from North Darfur and two from West Darfur were positive. The 26 camels sampled at different locations in the three States were reared with cattle herds or individually, but shared pastures and water with other domestic animals. Those slaughtered in Nyala abattoir were mainly culls, which explained the high prevalence of the disease within that group. In Nyala province camels examined for brucellosis were from 65 herds. Out of those herds, 43 (66.2%) contained infected camels and the infection rate ranged from 1.4 to 89.5% per herd.

Brucellosis in camels in Aed El Firsan province

In the province 19 camels were examined near Aed El Firsan town (Table II). Within those 2 out of 5 adult males were used for packing and 9 (64.3%) out of 14 from a herd were found positive for the disease. Eleven (91.7%) out of 12 females from the herd were reported having aborted. Eight (72.7%) out of the 11 aborted were found positive for brucellosis. Other camels were examined in the province in Asir Barcol, Markundi, Damba and Rehid El Birdi (Table II). These camels were introduced in the province 2-3 years ago and this might explain the low prevalence rate of brucellosis within them. Abortions storms were reported from she-camels in Aed El Firsan province but only 16 (8%) out of the 202 aborted camels were positive for brucellosis. Fifteen (93.8%) of the brucellosis-positive camels aborted once and one (6.3%) twice. In an aborted she-camel the antibodies were detected as early as day 2 following abortion and were at 1/40 (51.5 IU/ml). Two cases of stifle hygromas were detected in two camels in Damba, but both of them were negative for the disease.

Other than the five camels used for packing, the camels investigated in Aed El Firsan province belonged to 45 herds. Only seven herds (15.6%) out of the 45 contained infected cases and the infection rate within them ranged from 1.9 to 64.3% per herd.

Of the total 202 female camels aborted in Aed El Firsan, 186 (92.1%) were negative for brucellosis. Out of the aborted negative she-camels, 165 (88.7%) aborted once, 15 (8.1%) twice, 4 (2.1%)

three times and 2 (1.1%) four times. As a result there were factors other than brucellosis that caused abortions in camels in Aed El Firsan province.

Overall prevalence rate of brucellosis in Darfur region

In general, 3413 camels were examined for brucellosis in Darfur, Western Sudan, and 268 (7.9%) were found positive for the disease. These included 72 (7.3%) out of 993 males and 196 (8.1%) out of 2420 females. Fifty (45.5%) of the 110 camel herds examined contained infected camels and the infection rate ranged from 1.4 to 89.5% per herd. SAT antibody levels in camels serologically positive for brucellosis ranged from 2/20 to 2/1280 (31 to 1969 IU/ml).

The distribution of infected camels among different age groups is shown in Table III.

■ DISCUSSION AND CONCLUSION

Camels are not known to be primary hosts for any of *Brucella* organisms, but they are susceptible to both *B. abortus* and *B. melitensis* (5). Consequently, infection of camels depends on the infected animals in contact with them. Thus, in Iran, Zowghi and Ebadi (7) isolated *B. melitensis* in several camels, while in Butana area, Eastern Sudan, where camels were reared with cattle, sheep and goats, Agab *et al.* (1) isolated may strains of *B. abortus* from lymph nodes of camels serologically positive for brucellosis. In Darfur region, which owns over 25% of cattle, sheep and goats in the country, brucellosis is widely spread in these animals (4) and introduction of camels in the areas led to high levels of incidence as shown in the study.

Although *Brucella* organisms were not isolated in this study because of inadequate facilities, the evidence showed beyond doubt the occurrence of the disease in camels in Darfur region.

Prevalence of *B. abortus* antibodies in all age groups in camels showed that brucellosis infection in the animals started early in life probably through sucking and persisted into adulthood. Similar patterns were found in cattle, and Oloffs *et al.* (6) reported that 30% of the positive animals in Uganda were younger than three years of age and within them was a 2-year-old bull, which was not introduced for service.

The high levels of abortions in some herds caused by brucellosis and the difficult repeated ones due to other etiological agents threatened camel breeding at some locations in Darfur region. Although other causes of abortion were not investigated trypanosomosis was speculated to be one of them.

Brucellosis in camels seemed to display less clinical signs and antibody levels than in cattle (4), probably because of a relative resistance of the former to brucellosis. The disease should be controlled by vaccination of camels and primary hosts.

Table III
Distribution of brucellosis-infected camels among different age groups

	6-9 months	1-2 years	2 1/2-3 years	3 1/2-4 years	Adults over 4 years
Num. examined	72	587	322	256	2176
Num. positive for brucellosis	3 (4.2%)	19 (3.2%)	22 (6.8%)	23 (9%)	201 (9.2%)

Acknowledgments

We wish to thank the Director General of Animal Resource Research Corp. for permission to publish the article and A.A. Suliman for technical assistance. Western Savannah Development Corp., Nyala, Sudan, sponsored the study. Our sincere thanks are also extended to Dr A.P. MacMillan for allowing us access to the FAO/WHO Collaborating Center for Reference and Research on Brucellosis and for supplying us with *B. abortus* lipopolysaccharide antigen and a conjugate of *B. abortus* monoclonal antibody for ELISA tests.

REFERENCES

1. AGAB H., ABBAS B., EL JACK AHMED H., MAMON I.E., 1994. First report on the isolation of *Brucella abortus* biovar 3 from camel (*Camelus dromedarius*) in Sudan. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **47**: 361-363.
2. BREW S., PERRETT L., STACK J., 1991. Protocol for the competitive ELISA. Guide to the ELISA techniques used in diagnosis of brucellosis; part 5 (2). Weybridge, UK, Central Veterinary Laboratory.
3. MORGAN W.J.B., MACKINNON GILL K.P.W., GOWER S.G.M., NORRIS P.I.W., 1978. Brucellosis diagnosis standard laboratory techniques. London, UK, Ministry of Agriculture Fisheries and Food.
4. MUSA M.T., 1995. Brucellosis in Darfur States: The magnitude of the problem and methods of diagnosis and control of the disease. PhD Thesis, University of Khartoum, Sudan, p. 83-96.
5. NICOLLETTI P., 1989. Relationship between animal and human disease. In: Young E.J., Corbel M.J. Eds, Brucellosis clinical and laboratory aspects. Boca Raton, FL, USA, CRC Press, p. 41-45.
6. OLOFFS A., BAUMANN M.P.O., AFEMA J., NAKAVUMA J., 1998. Experiences with a strategy to investigate bovine brucellosis in a rural area in Southwest Uganda. *Revue Elev. Méd. vét Pays trop.*, **51**: 101-105.
7. ZOWGHI E., EBADI A., 1988. Brucellosis in camels in Iran. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **7**: 383-386.

Reçu le 22.12.2000, accepté le 17.09.2001

Résumé

Musa M.T., Shigidi M.T.A. La brucellose chez les dromadaires en zones d'élevage intensif au Soudan. Implications dans l'avortement et l'infection précoce

Des examens bactériologiques et sérologiques ont été menés sur 3 413 dromadaires provenant de différentes régions du Soudan, où se trouvaient des élevages intensifs de bovins, de moutons et de chèvres, afin de détecter la présence de la brucellose. Parmi les dromadaires, 3 275 ont appartenu à 110 troupeaux, 35 ont été élevés individuellement ou avec du bétail et 103 avaient été abattus à l'abattoir de Nyala. L'infection a été présente dans 50 (45,5 p. 100) des 110 troupeaux, avec des taux de prévalence qui ont varié de 1,4 à 89,5 p. 100 ; elle a également été présente chez 72 (7,3 p. 100) des 993 mâles et chez 196 (8,1 p. 100) des 2 420 femelles. Soixante-quinze pour cent des dromadaires positifs ont été des adultes de plus de 4 ans d'âge et les 25 p. 100 restants ont été des jeunes de 6 mois à 4 ans. Les taux d'avortement associés à la maladie chez les troupeaux infectés ont varié de 3,1 à 72,7 p. 100 entre les régions. Les autres conditions liées à la maladie ont été la rétention du placenta, la mort fœtale et la momification, le retard de l'âge de la monte et l'infertilité. Il n'a pas été mis en évidence que la brucellose était à l'origine d'hygromas et de cas d'orchite. La maladie a paru plus atténuée chez les dromadaires que chez le bétail. Les anticorps de *Brucella abortus* ont varié de 31 à 1 969 UI/ml (2/20 à 2/1280) chez les dromadaires infectés. L'ajout de lait de bovin négatif pour la brucellose au lait de dromadaire a rendu plus précise l'épreuve d'agglutination en anneau du lait. Les dromadaires mâles utilisés pour la reproduction ont été négatifs pour la brucellose, montrant ainsi qu'ils n'ont pas joué de rôle dans la transmission de la maladie. Des recommandations pour la lutte contre la brucellose sont proposées.

Mots-clés : Dromadaire - *Brucella abortus* - Brucellose - Elevage intensif - Abattoir - Soudan.

Resumen

Musa M.T., Shigidi M.T.A. Brucelosis en camellos en áreas de cría animal intensiva en Sudan: implicaciones para el aborto y las infecciones neonatales

Se realizaron exámenes serológicos y bacteriológicos, con el fin de estudiar la brucelosis en 3413 camellos criados en zonas de Sudan, en las que se cría intensivamente ganado bovino, ovino y caprino. Entre los camellos, 3275 pertenecían a 110 hatos, 35 fueron criados individualmente o con ganado y 103 habían sido sacrificados en el matadero de Nyala. La infección se distribuyó de la manera siguiente: en 50 (45,5%) de los 110 hatos, las tasas de prevalencia de brucelosis variaron entre 1,4 y 89,5%; en 72 (7,3%) de los 993 machos; en 196 (8,1%) de las 2420 hembras; en camellos adultos de más de 4 años de edad (75% del total de animales positivos); y en camellos jóvenes de 6-9 meses a 4 años de edad (25% restante). En los hatos infectados, las tasas de aborto asociadas con la enfermedad variaron de 3,1 a 72,7% según la localización. Otras condiciones provocadas por la enfermedad fueron retención de placenta, momificación y muerte fetal, retraso en la edad de servicio y no concepción. No se observaron casos de higromas o de orquitis causados por la brucelosis. La enfermedad en camellos fue más leve que en bovinos. Los anticuerpos de *Brucella abortus* en los animales infectados variaron entre 31 y 1969 UI/ml (2/20 a 2/1280). El test de ring en leche fue mejorado mediante la adición de leche bovina negativa para la enfermedad a la leche de camello. Los camellos macho usados para servicios fueron negativos para la enfermedad, lo que implica que no jugaron un papel en su transmisión. Se dan recomendaciones para el control de la brucelosis.

Palabras clave: Dromedario - *Brucella abortus* - Brucelosis - Crianza intensiva - Matadero - Sudán.

Santé animale mondiale



« ...remarquable par son caractère clair et exhaustif... une référence irremplaçable en matière d'épidémiologie animale mondiale. » *Bulletin critique du livre français*

Santé animale mondiale présente la synthèse des informations sanitaires provenant de 180 pays. Cette publication est destinée à tous ceux qui s'intéressent au développement de l'élevage, au commerce international des animaux et de leurs produits, à l'épidémiologie et à la prophylaxie des maladies animales dont certaines sont des zoonoses.

Santé animale mondiale est composé de deux tomes regroupant l'un des rapports et l'autre des tableaux.

Le tome 1 comporte la synthèse des événements épidémiologiques majeurs survenus dans l'année chez les mammifères et oiseaux en élevages, en portant une attention toute particulière aux maladies hautement contagieuses aux conséquences économiques majeures (maladies de la liste A de l'OIE) ; un aperçu des nouvelles

maladies dans la faune sauvage ; les rapports des pays sur les faits saillants survenus au cours de l'année en ce qui concerne les missions et l'organisation des services de santé animale, l'évolution des maladies, les nouvelles méthodes de prophylaxie adoptées et les résultats obtenus.

Le tome 2 comporte des tableaux qui présentent toutes les informations relatives à l'impact dans chaque pays des 15 maladies de la liste A ainsi que des 90 maladies de la liste B (moins contagieuses que les précédentes, mais néanmoins importantes pour les économies nationales ou la santé humaine) ; ces données comprennent le nombre de foyers, de malades et de morts. Les tableaux indiquent aussi les principales mesures de lutte appliquées et le nombre d'animaux abattus ou vaccinés.

Par la richesse et la clarté des informations présentées, *Santé animale mondiale* peut être considéré comme un ouvrage de référence dans le domaine vétérinaire.

Santé animale mondiale en 2000

Tome 1 : Rapports ; Tome 2 : Tableaux

ISSN : 1011-9299

ISBN : 92-9044-529-7

21 x 29,7 cm, 700 p.

Prix : 90 euros

Réf : F098

Santé animale mondiale en 2001

Tome 1 : Rapports ; Tome 2 : Tableaux

ISSN : 1011-9299

ISBN : 92-9044-544-0

21 x 29,7 cm, 700 p.

Prix : 100 euros

Réf : F105

disponible septembre 2002

Parasitoses des veaux dans la région septentrionale du Togo

C. Ekpetsi Bouka¹ K. Batawui¹ A. Napala¹
P. Bastiaensen^{1*} N. Faye² G. Hendrickx³

Mots-clés

Bovin - *Trypanosoma* - *Babesia* - *Nematoda* - *Glossina* - Hématocrite - Insecticide - Togo.

Résumé

L'examen parasitologique de 738 bovins de types zébu, taurin et de leurs croisements (zébu x taurin) du nord du Togo, d'âge compris entre 1 et 12 mois, a permis de mettre en évidence plusieurs agents pathogènes et vecteurs appartenant à différents groupes de parasites (piroplasmes, trypanosomes, nématodes, tiques et glossines) et d'évaluer leur fréquence relative (*Babesia* : 16,9 p. 100 de prévalence ; *Trypanosoma* : 11,0 p. 100 ; strongles digestifs : 46,4 p. 100). Les actions pathogènes de ces parasites sur leurs hôtes ont été évaluées par la mesure du taux d'hématocrite (29,3 p. 100 en moyenne) qui s'est élevé en fin de saison sèche (31,1 p. 100) et dans les zones d'application d'insecticides épicutanés sur le bétail (29,6 p. 100) où les animaux étaient suivis dans le cadre du Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale (Plta). Au plan épidémiologique, le parasitisme des bovins a varié en fonction des zones éco-géographiques, des saisons, du suivi des animaux par le Plta, des races, du type d'élevage et de l'âge des animaux. Il a pu être confirmé que la trypanosomose et la strongylose étaient des fléaux importants, en revanche *Babesia* sp. s'est révélée comme un hémoparasite dont l'impact sur la santé des veaux avait été sous-estimé.

■ INTRODUCTION

On distingue généralement deux modes d'élevage au nord du Togo : l'élevage de type commercial, dominé par les animaux de types zébu et croisé, et l'élevage de type traditionnel, à dominance taurine. Ces deux types d'élevage se rencontrent dans les zones d'application d'insecticides sur le bétail, où est menée la lutte contre la trypanosomose animale et ses vecteurs par le Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale (Plta), et hors des zones d'intervention du Plta. Les troupeaux concernés par cette lutte antivectorielle font l'objet d'un contrôle semestriel de la prévalence de la trypanosomose. Les campagnes menées par le Plta visent à contrôler la trypanosomose, principale cause d'anémie chez les bovins au Togo (21). Les sites qui ont fait l'objet de

cette étude ont été choisis compte tenu de la variété des systèmes éco-géographiques (ancienne réserve de faune, terres nouvellement occupées, plaines marécageuses), de la taille des troupeaux et de la volonté de participation et de prise en charge des éleveurs aux méthodes de lutte préconisées par le Plta. L'objectif de ce travail a été de mieux comprendre l'impact que pouvaient avoir les différentes parasitoses sur l'hématocrite chez les veaux qui constituaient la population la plus vulnérable aux maladies parasitaires.

■ MATERIEL ET METHODES

Période et zones de l'étude

Les prélèvements se sont déroulés en 1997 et 1998 durant deux périodes : le début de la saison sèche (novembre et décembre 1997) et la fin de la saison sèche (mars et avril 1998) dans les régions administratives des Savanes et de la Kara où se trouvait 71 p. 100 du cheptel national. Ces deux régions ont regroupé trois zones d'élevage dans lesquelles les 30 troupeaux concernés par l'enquête ont été choisis : les zones de Dapaong et de Mango localisées dans la région des Savanes bénéficient d'une pluviométrie annuelle de 1 000–1 100 mm alors que la zone ou région de la Kara a une pluviométrie de 1 000–1 400 mm par an (20).

1. Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale, Direction nationale, BP 114, Sokodé, Togo

2. Département de biologie animale, Faculté des sciences et techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

3. Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale, Direction nationale, BP 2034, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

* Auteur pour la correspondance : Grasheideweg 31, B-2223 Schriek, Belgique
Tél./fax : + 32 (15) 23 39 86 ; Bastiaensen@hotmail.com

Animaux

Les bovins ont été sélectionnés dans les 30 troupeaux visités sur la base d'un échantillonnage aléatoire (32). Dans chaque troupeau visité, 100 p. 100 des jeunes animaux des deux sexes et d'âge compris entre 1 et 12 mois ont été examinés et échantillonnés. L'examen clinique mené sur chaque animal a consisté à prendre sa température rectale et à noter d'éventuels symptômes cliniques. Tous les prélèvements obtenus portaient le numéro de l'échantillon, la date, le lieu, le sexe et l'âge de l'animal. En tout, 738 animaux ont été échantillonnés, dont 414 en début de saison sèche et 324 en fin de saison sèche.

Techniques parasitologiques

Hématocrite et protozoologie

L'hématocrite a été déterminé après centrifugation à partir du sang prélevé à la veine auriculaire des bovins dans des tubes microcapillaires héparinés. Les trypanosomes ont été recherchés dans l'interface séparant le sérum et les globules rouges (*buffy coat*). La lecture des frottis sanguins fixés et colorés à l'HémaColor® a été effectuée avec du sang prélevé dans la veine jugulaire des animaux pour l'identification des piroplasmes et des trypanosomes (29).

Coprologie

Les fèces ont été prélevées pour la coproscopie quantitative réalisée à l'aide de la lame de McMaster, le liquide de flottaison utilisé ayant été une solution saline dense ($d = 1,20$) qui n'a pas concentré les œufs de trématodes (36), rares chez les jeunes animaux (6, 7, 12, 14). Cette technique simple, précise et d'une sensibilité de 25 œufs par gramme de fèces (opg) est applicable à un grand nombre d'animaux dans le cadre de ce type d'étude de terrain (19, 33). Contrairement aux animaux adultes, une étroite corrélation entre l'opg et l'infestation réelle de nématodes a pu être démontrée pour les jeunes animaux par McKenna (26) entre autres. Afin de

distinguer les infestations légères des infestations fortes, deux seuils arbitraires ont été adoptés. Pour les infestations de strongles gastro-intestinaux, le seuil a été de 800 opg (18, 19). Pour les excréments d'œufs de *Toxocara vitulorum*, un seuil de 100 000 a été appliqué basé sur les observations d'Enyenihi (17).

Entomologie

Les glossines ont été piégées le long des fleuves qui constituaient les lieux d'abreuvement préférentiels des animaux et dans leur environnement immédiat à l'aide des pièges monopyrmidiaux de type Vavoua. Elles ont ensuite été identifiées en utilisant les clés classiques (31). La densité apparente a été exprimée en nombre de glossines par piège par jour. Les tiques ont été arrachées manuellement sur les animaux et leur genre a été identifié selon les clés établies par Morel (27).

Analyse des résultats

Les résultats ont été analysés en prenant en compte les facteurs biologiques et environnementaux suivants : les zones géographiques, la période de l'année, l'encadrement par le Plta, les types d'élevage, le type de race, le sexe et l'âge des animaux. En un premier temps, les paramètres cliniques (hématocrite, opg, prévalence) ont été calculés en tenant compte de chaque variable biologique ou environnementale séparément (comparaisons deux à deux sur 738 données). Cette première analyse globale a permis d'identifier les variables biologiques ou environnementales qui pouvaient avoir un impact significatif sur les paramètres cliniques (tableau I). La multiplicité des comparaisons deux à deux étant parfois dangereuse en termes de biais en faveur de certains paramètres et au détriment d'autres, une deuxième analyse a été effectuée. Cette deuxième analyse à un seul facteur variable a permis d'isoler chaque variable biologique ou environnementale jugée importante à travers la première analyse globale. Cette analyse statistique n'a pas pu se faire pour tous les paramètres et pour toutes les variables étant donné le nombre par-

Tableau I

Analyse des variables biologiques et environnementales.
Analyse globale : comparaisons globales deux à deux

Facteurs	N ¹	Zone	Saison	Suivi	Type	Race	Sexe	Age	Variables
Zone									Dapaong Mango Kara
Saison	738	X							Début de saison sèche Fin de saison sèche
Suivi par le Plta ²	738	X	X						Zone d'application Hors zone d'application
Type d'élevage	738	X	X	X					Commercial Traditionnel
Race	738	X	X	X	X				Zébu Croisement Taurin
Sexe	738	X	X	X	X	X			Mâle Femelle
Age	738	X	X	X	X	X	(X)		Moins de 3 mois Entre 3 et 6 mois Plus de 6 mois

1. Nombre d'animaux examinés

2. Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale

fois insuffisant de données (tableau II). Dans le cas particulier de la zone géographique de Dapaong pour laquelle il n'existait pas de données concernant la fin de la saison sèche, cette dernière analyse a été effectuée en deux étapes : une première en écartant la zone de Dapaong de l'analyse, une deuxième en écartant les données recueillies en fin de saison sèche. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Statistix 1.0, Analytical Software, 1996.

■ RESULTATS

Pathologie

L'action des parasites sur leurs hôtes a été évaluée par la mesure de l'hématocrite qui est généralement reconnue comme un indice représentatif de l'état de santé de l'animal ; dans des conditions nutritionnelles similaires (4), l'anémie est avant tout symptomatique des infections par les hémoparasites (10) et des infestations par les parasites gastro-intestinaux (22), principalement *Haemonchus* sp. et *Bunostomum* sp. Cette analyse a été effectuée pour toutes les espèces confondues de trypanosomes et de babésies. Les theilériés n'ont pas été considérées compte tenu de leur caractère généralement reconnu comme bénin au Togo. Quant aux parasites gastro-intestinaux, les strongles et les ascaris ont été pris en compte et analysés séparément.

Signes cliniques

De nombreuses observations relatives à un mauvais état de santé ont été enregistrées mais leur rapport spécifique avec une parasitose quelconque n'a pas été établi à l'exception de la température des animaux trypanopositifs qui a été significativement plus élevée ($p < 0,05$) que celle des animaux trypanonégatifs.

Hématocrite

Un seuil arbitraire de 25 p. 100 a été appliqué pour la définition de l'état d'anémie des bovins examinés. Un animal dont l'hématocrite a été inférieur à 25 a ainsi été déclaré anémié. La moyenne des héma-

tocrites mesurés a été de 29,3 p. 100. Sur 738 animaux, 203 animaux (27,5 p. 100 des animaux échantillonnés) ont présenté une anémie.

En prenant en compte toutes les données disponibles (738), la variation de l'hématocrite selon la saison, le suivi par le Plta et l'âge a semblé être significative (tableau III). Une deuxième analyse (tableau IV) a permis de confirmer cette relation significative (5 p. 100) pour certains cas. Ainsi, l'hématocrite a été significativement plus élevé :

- en fin de saison sèche (troupeaux encadrés par le Plta) ;
- dans les troupeaux encadrés par le Plta (animaux de 0 à 3 mois en début de saison sèche et animaux de 3 à 6 mois en fin de saison sèche) ;
- chez les veaux et les velles entre 0 et 3 mois (troupeaux encadrés par le Plta).

■ Trypanosomose

L'hématocrite moyen des animaux indemnes de la trypanosomose a été significativement plus élevé ($p < 0,001$) que celui des animaux infectés avec une baisse importante de l'hématocrite de ces derniers (24,6) qui a été en dessous du seuil adopté. Cependant, cette moyenne n'a pas atteint le seuil pour les animaux trypanosensibles (zébu et croisé) parasités (25,3) alors qu'elle est descendue à 23,3 chez les taurins trypanotolérants (figure 1).

■ Babésiose

L'hématocrite moyen des animaux dont les frottis ont été négatifs pour *Babesia* sp. a été significativement ($p < 0,001$) plus élevé que celui des animaux dont les frottis ont été positifs. Néanmoins, l'hématocrite moyen de ces animaux parasités n'est pas descendu jusqu'au seuil de 25 p. 100. La comparaison des hématocrites moyens des infections singulières par les babésies ou les trypanosomes ainsi que des infections mixtes est présentée à la figure 2. La différence entre l'hématocrite moyen des animaux apparemment infectés seulement par *Babesia* sp. ou *Trypanosoma* sp. n'a pas été significative.

Tableau II

Analyse des variables biologiques et environnementales. Analyse à un seul facteur variable

Facteurs	Hématocrite	Trypanosomose	Babésiose	Strongylose	Variables
Zone		X		X	Dapaong Mango Kara
Saison	X	X		X	Début de saison sèche Fin de saison sèche
Suivi par le Plta ¹	X	X	X	X	Zone d'application Hors zone d'application
Type d'élevage		X	X		Commercial Traditionnel
Race		X	X		Zébu Croisement Taurin
Sexe					Mâle Femelle
Age	X				Moins de 3 mois Entre 3 et 6 mois Plus de 6 mois

1. Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale

Tableau III

Hématocrite moyen (%) selon les différentes variables. Analyse globale

Facteurs	Variables	N ¹	%	Ecart-type
Saison	Début de saison sèche	409	27,8	7,0
	Fin de saison sèche	313	31,1	7,4
Suivi par le Plta ²	Zone d'application	588	29,6	7,4
	Hors zone d'application	135	27,7	7,2
Age	Moins de 3 mois	240	31,5	7,8
	Entre 3 et 6 mois	241	29,0	7,2
	Plus de 6 mois	239	27,3	6,4

1. Nombre total d'animaux examinés

2. Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale

Tableau IV

Hématocrite moyen (%) selon les différentes variables. Analyse à un seul facteur variable (encadré)

Facteurs			N ¹	%	p ²
Saison sèche	Suivi	Age (mois)			
Début	Plta ³	0 - 3	133	31,0	
Début	Plta	3 - 6	72	26,4	< 0,0001
Début	Plta	> 6	130	26,0	
Fin	Plta	0 - 3	71	33,9	
Fin	Plta	3 - 6	113	31,3	0,003
Fin	Plta	> 6	66	29,7	
Début	Plta	> 6	130	26,0	
Fin	Plta	> 6	66	29,7	
Début	Plta	0 - 3	133	31,0	0,0077
Fin	Plta	0 - 3	71	33,9	
Début	Plta	3 - 6	72	26,4	< 0,0001
Fin	Plta	3 - 6	113	31,3	
Début	Hors zone	0 - 3	24	27,2	0,018
Début	Plta	0 - 3	133	31,0	
Fin	Hors zone	3 - 6	37	28,4	0,024
Fin	Plta	3 - 6	113	31,3	

1. Nombre total d'animaux examinés

2. Anova

3. Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale

■ Parasitoses gastro-intestinales

Pour ce qui concerne les strongles gastro-intestinaux (Strongylidae), la majorité des animaux ont excrété moins de 700 opg. Les excréments d'œufs de *T. vitulorum* n'ont pas dépassé le seuil pathologique adopté. L'hématocrite moyen des animaux parasités a été de 29,3 pour *T. vitulorum* et de 27,8 pour les strongles gastro-intestinaux. Une comparaison de l'hématocrite moyen des animaux qui ont eu un opg supérieur à 800 avec ceux qui ont eu un opg inférieur à 800 a permis de démontrer l'impact des strongles, essentiellement *Oesophagostomum* et *Haemonchus* sp. (1, 2) sur l'hématocrite ($p < 0,0001$). Les animaux ayant eu une forte infestation ont présenté un hématocrite de 24,6 contre 29,7 p. 100 chez les animaux où l'infestation a été légère ou inexistante. L'étude de l'impact sur l'hématocrite moyen des infections singulières par les

strongles digestifs (opg supérieur à 800) et les trypanosomes ainsi que des infections mixtes (figure 3) a montré que l'hématocrite a été le plus faible lors des infections multiples (20,7 p. 100). La différence entre l'hématocrite moyen des animaux infectés seulement par les strongles digestifs (25,3 p. 100) ou par *Trypanosoma* sp. (25,2 p. 100) n'a pas été significative.

Epidémiologie

Durant les deux enquêtes, les parasites suivants (avec leurs prévalences) ont été recensés : *Trypanosoma congolense* (5,6 p. 100), *T. vivax* (5,7 p. 100) et *T. brucei* (0,3 p. 100), ainsi que trois cas d'infections mixtes à *T. vivax* et *T. congolense* (0,4 p. 100). *T. brucei* a été trouvé une fois seul et une fois associé à *T. congolense*.

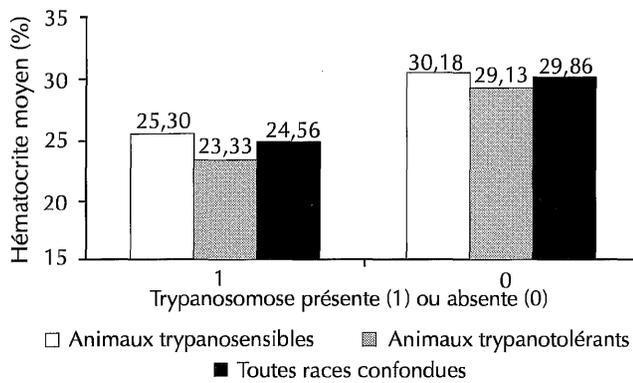


Figure 1 : relation entre l'hématocrite moyen et la présence ou l'absence de la trypanosomose en fonction des différentes classes (animaux trypanotolérants, trypanosensibles). Toutes races confondues : $n = 720$; $p < 0,001$. Bovins trypanosensibles (bovins zébus et croisements) : $n = 492$; $p < 0,001$. Bovins trypanotolérants (taurins) : $n = 230$; $p < 0,001$.

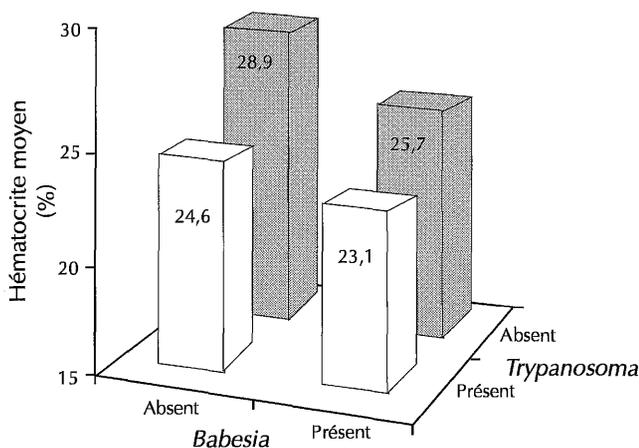


Figure 2 : relation entre l'hématocrite moyen et la présence ou l'absence de la trypanosomose et/ou de la babésiose. Babésiose simple : $n = 56$; $p = 0,041$. Trypanosomose simple : $n = 40$; $p = 0,041$. Négatif : $n = 303$. Babésiose et trypanosomose (double) : $n = 14$.

Deux genres de piroplasmes ont été recensés : *Babesia* sp. (16,9 p. 100) et *Theileria* sp. (7,5 p. 100). La prévalence des parasites gastro-intestinaux observés a été de 46,9 p. 100 pour les strongles digestifs, 19,8 p. 100 pour *Strongyloides* sp., 7,5 p. 100 pour *T. vitulorum* et 20,7 p. 100 pour les coccidies (*Eimeria* sp.).

Trypanosomose

La prévalence globale moyenne de la trypanosomose a été de 11 p. 100 durant les deux enquêtes et a varié significativement selon les trois zones éco-géographiques étudiées (tableau V). Les troupeaux traditionnels des zones d'application d'insecticides sur bétail ont eu une prévalence trypanosomienne de 12,50 p. 100 contre 29,69 p. 100 chez des troupeaux traditionnels hors des zones d'application. Dans les conditions spécifiques énumérées ci-dessous, la prévalence de la trypanosomose a été la plus élevée ($p < 0,05$) dans les cas suivants (tableau VI) :

- au début de la saison sèche (animaux de race Somba dans les troupeaux commerciaux et encadrés par le Plta de la zone de la Kara) ;

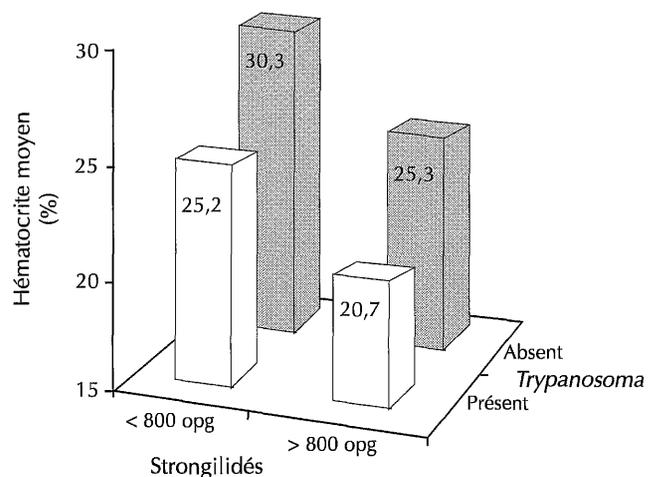


Figure 3 : relation entre l'hématocrite moyen, la présence ou l'absence de la trypanosomose et les infestations par les strongles digestifs (en deux classes). Trypanosomose négative et strongylose > 800 opg : $n = 47$; $p = 0,91$. Trypanosomose positive et strongylose < 800 opg : $n = 63$; $p = 0,91$. Trypanosomose négative et strongylose < 800 opg : $n = 542$. Trypanosomose positive et strongylose > 800 opg : $n = 9$.

- hors des zones d'application d'insecticides sur bétail (animaux de race Somba dans les troupeaux traditionnels de la zone de la Kara en début de saison sèche) ;
- dans les troupeaux traditionnels (animaux de croisements zébu x Somba dans les troupeaux encadrés par le Plta de la zone de Mango en fin de saison sèche) ;
- dans les troupeaux de la zone de Mango (animaux de race Somba dans les troupeaux commerciaux encadrés par le Plta en fin de saison sèche).

Babésiose

Alors que la prévalence (mesurable) de la babésiose a été plus élevée hors des zones d'application d'insecticides sur le bétail et dans les élevages de type traditionnel dans lesquels les méthodes de lutte contre la trypanosomose n'étaient pas appliquées par les éleveurs, ces relations n'ont pas pu être confirmées statistiquement par la deuxième analyse, principalement à cause du manque de données. Il en a été de même pour les zébus qui ont semblé être plus contaminés que les taurins alors que les animaux croisés ont eu une prévalence intermédiaire (tableau VII). Un regroupement en animaux trypanosensibles (type zébu : prévalence moyenne de 19,66 p. 100) et trypanotolérants (croisés et taurins Somba : prévalence moyenne de 13,26 p. 100) n'a pas permis de confirmer statistiquement cette différence dans l'infection à *Babesia* sp.

Parasitoses gastro-intestinales

Les parasites digestifs ont été classés en quatre catégories différentes dans le tableau VIII. Les degrés d'infestation moyenne ont été calculés par rapport au nombre total d'animaux examinés. Les examens coproscopiques ont révélé la présence d'œufs de parasites gastro-intestinaux dans les fèces de 59,0 p. 100 de bovins au début de la saison sèche et 32,1 p. 100 en fin de saison sèche. Parmi les parasites digestifs, les strongles ont eu la plus grande prévalence. Les opg de ces derniers ont semblé être influencés par la zone, la saison et l'encadrement technique du Plta (tableau IX). Dans les conditions spécifiques énumérées ci-dessous, les opg des strongles ont été les plus élevés ($p < 0,05$) dans les cas suivants :

- les troupeaux non-encadrés par le Plta en début de saison sèche dans les trois zones enquêtées ;

Tableau V

Prévalence apparente (%) de la trypanosomose (toutes espèces confondues) selon les différentes variables. Analyse globale

Facteurs	Variabes	N ¹	n ²	%
Zone	Dapaong	121	5	4,1
	Mango	303	44	14,5
	Kara	302	31	10,3
Saison	Début de saison sèche	414	54	13,0
	Fin de saison sèche	313	26	8,3
Suivi par le Plta ³	Zone d'application	590	60	10,2
	Hors zone d'application	137	20	14,6
Type d'élevage	Commercial	551	47	8,5
	Traditionnel	176	33	18,8
Race	Zébu	190	27	14,2
	Croisements	314	23	7,3
	Taurin (Somba)	245	30	12,2
Total		727	80	11,0

1. Nombre d'animaux examinés

2. Nombre d'animaux positifs

3. Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale

Tableau VI

Prévalence apparente (%) de la trypanosomose (toutes espèces confondues) selon les différentes variables. Analyse à un seul facteur variable (encadré)

Facteurs					N ¹	%	p ²
Zone	Suivi	Type	Race	Saison sèche			
Kara	Plta ³	Commercial	Somba	Début	55	14,5	0,012
Kara	Plta	Commercial	Somba	Fin	39	0,0	
Mango	Plta	Commercial	Croisé	Fin	56	10,7	0,0457
Kara	Plta	Commercial	Croisé	Fin	35	0,0	
Kara	Plta	Traditionnel	Somba	Début	36	8,3	0,0018
Kara	Hors zone	Traditionnel	Somba	Début	27	40,7	
Kara	Plta	Traditionnel	Somba	Fin	35	0,0	0,0013
Kara	Hors zone	Traditionnel	Somba	Fin	32	25,0	
Mango	Plta	Commercial	Croisé	Fin	56	10,7	0,0105
Mango	Plta	Traditionnel	Croisé	Fin	23	34,8	

1. Nombre d'animaux examinés

2. Chi² apparié

3. Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale

- dans la région de Mango en début de saison sèche, aussi bien dans les troupeaux encadrés que non-encadrés par le Plta ;
 - au début de la saison sèche dans les deux zones où les enquêtes ont été effectuées pendant deux saisons (Kara et Mango), aussi bien dans les troupeaux encadrés que non-encadrés par le Plta (tableau X).

Les opg de *T. vitulorum* ont varié en fonction de la zone, de la saison, du type d'élevage, de la race et de l'âge des animaux.

Ectoparasitoses

En ce qui concerne les tiques, *Boophilus* sp. a été le plus représenté (73,1 p. 100), suivi d'*Amblyomma* sp. (15,3 p. 100) et de *Hyalomma* sp. (11,6 p. 100). Pour les glossines, *Glossina tachinoides* a été la plus capturée (98 p. 100), suivie de *G. palpalis* (2 p. 100), avec des densités apparentes de 0,06 à Dapaong, 0,8 à Mango et 0,1 à Kara.

Tableau VII

Prévalence apparente (%) de la babésiose selon les différentes variables

Facteurs	Variables	N ¹	n ²	%
Suivi par le Plta ³	Zone d'application	340	55	16,2
	Hors zone d'application	74	15	20,3
Type d'élevage	Commercial	340	54	15,9
	Traditionnel	74	16	21,6
Race	Zébu	122	26	21,3
	Croisements	167	28	16,8
	Taurin (Somba)	123	16	13,0
Total		414	70	16,9

1. Nombre d'animaux examinés

2. Nombre d'animaux positifs

3. Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale

Tableau VIII

Prévalence (%) et taux d'infestation (opg) des parasites gastro-intestinaux

Type de parasites gastro-intestinaux	Début de saison sèche (N = 361)				Fin de saison sèche (N = 315)			
	Prévalence (%)	Opg			Prévalence (%)	Opg		
		Moy.	Min.	Max.		Moy.	Min.	Max.
Strongles	72,0	483	0	21 750	19,1	43	0	2 450
<i>Strongyloides</i> sp.	29,1	191	0	8 550	9,2	17	0	1 300
<i>Toxocara vitulorum</i>	10,5	1 480	0	150 000	4,1	140	0	11 600
Coccidies	33,3	570	0	50 000	6,0	31	0	2 800

Tableau IX

Taux d'infestation (opg) des strongles digestifs (toutes espèces confondues) selon les différentes variables. Analyse globale

Facteurs	Variables	N ¹	Opg	Ecart-type	P ²
Zone ³	Dapaong	96	329	464	0,0333
	Mango	131	716	2 022	
	Kara	134	366	539	
Saison ⁴	Début de saison sèche	265	539	1 480	< 0,0001
	Fin de saison sèche	315	43	180	
Suivi par le Plta ⁵	Zone d'application	551	231	493	0,0081
	Hors zone d'application	125	487	2 016	

1. Nombre d'animaux examinés

2. Anova

3. Hormis les données de fin de saison sèche

4. Hormis les données de la zone de Dapaong

5. Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale

Tableau X

Taux d'infestation (opg) des strongles digestifs (toutes espèces confondues) selon les différentes variables. Analyse à un seul facteur variable (encadré)

Facteurs			N ¹	Opg	P ²
Saison sèche	Suivi	Zone			
Début	Plta ³	Dapaong	77	314	
Début	Plta	Mango	113	499	0,0329
Début	Plta	Kara	108	310	
Début	Plta	Mango	113	499	0,0018
Début	Hors zone	Mango	18	2 078	
Début	Plta	Kara	108	310	0,0138
Début	Hors zone	Kara	26	598	
Début	Plta	Kara	108	310	< 0,0001
Fin	Plta	Kara	126	18	
Début	Plta	Mango	113	499	< 0,0001
Fin	Plta	Mango	127	85	
Début	Hors zone	Kara	26	598	< 0,0001
Fin	Hors zone	Kara	32	5	
Début	Hors zone	Mango	18	2 078	0,0285
Fin	Hors zone	Mango	30	13	

1. Nombre d'animaux examinés

2. Anova

3. Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale

DISCUSSION

L'un des principaux symptômes dont souffrent les animaux domestiques lors d'une infection trypanosomienne est l'anémie qui se développe de façon plus ou moins aiguë selon l'espèce de trypanosome, la résistance génétique ou acquise de l'animal et son état nutritionnel. Au Togo (20) comme, par exemple, en République centrafricaine (23), les troupeaux originaires des lieux où sévit une trypanosomose sévère ont des hématocrites moyens plus bas que ceux venant des zones à faible prévalence. Au Togo, les hématocrites les plus élevés ont été relevés en avril (fin de la saison sèche) et les plus bas en octobre (saison pluvieuse). Inversement, la prévalence de la trypanosomose tend à augmenter progressivement de mai à octobre pendant la saison pluvieuse et à diminuer jusqu'au niveau le plus bas en février en pleine saison sèche, démontrant ainsi un lien évident entre les variations saisonnières de ces deux paramètres (20). Cette variation suivant les saisons s'explique par le fait que, pendant la saison pluvieuse, les glossines ont une activité maximale et une large distribution avec une plus longue durée de vie qui diminuent en saison sèche, d'où une réduction du contact hôte-vecteur et une diminution du risque d'infection du bétail par les trypanosomes (11).

Les hémoparasitoses, en particulier la trypanosomose, ont des effets négatifs sur l'hématocrite des animaux. Cette étude a pu indirectement confirmer l'importance de la trypanosomose dans la baisse de l'hématocrite et surtout l'effet synergique d'une infection par les trypanosomes et les strongles digestifs, particulièrement chez les taurins (16). Il semble qu'un phénomène similaire se soit produit lors des infections mixtes de trypanosomes et de babésies. D'une manière générale, l'hématocrite des taurins infectés a été nettement plus bas que celui des zébus. La prévalence de la trypanosomose et de la babésiose ne correspond pas avec cette observa-

tion clinique. S'agit-il pour autant d'un indice d'impact pathologique augmenté chez ce type d'animaux trypanotolérants ? La capacité des taurins à contrôler la parasitémie et l'anémie lors d'une infection trypanosomienne pouvant aller jusqu'à l'élimination des parasites (autolibération parasitaire) a été démontrée par plusieurs auteurs (5, 15, 28), mais le degré d'anémie développée dépend aussi de l'état nutritionnel, de l'état physiologique et de l'âge de l'animal (3, 4, 22). Ceux-ci constituent des facteurs codéterminants dans l'anémie trypanosomienne. Effectivement dans cette étude, lorsque l'âge de l'animal a augmenté, son hématocrite a diminué. L'état nutritionnel des veaux de 0 à 3 mois non sevrés a été meilleur que celui des animaux de 6 mois.

Les méthodes de lutte préventives par l'application d'insecticides sur le bétail visent les vecteurs (glossines et tiques), alors que l'approche curative par injection de trypanocides visent directement les parasites (trypanosomes et babésies). Des insecticides topiques comme l' α -cyperméthrine ou la deltaméthrine ont une rémanence plus courte pour les tiques que pour les glossines (8). Si l'action simultanée des insecticides sur les tiques est considérée comme un atout important, aussi bien du point de vue des vétérinaires praticiens que des éleveurs, il y a lieu de signaler que l'application fréquente de ces produits peut à terme créer un double problème : une perturbation de l'équilibre enzootique, qui empêche de nombreuses maladies transmises par les tiques de faire trop de dégâts (le cas notamment de la cowdriose, de la babésiose et de l'anaplasmose), et un problème de résistance aux insecticides/acaricides de la part des tiques (35). Selon Uilenberg (Uilenberg G., 27/01/99, Forum Paat-L, Fao, Rome, Italie : www.fao.org/paat), les risques sont actuellement encore limités. Les intervalles de traitements *pour-on* dans le cadre d'une lutte contre les glossines sont beaucoup plus grands que ceux contre les tiques et ne risquent donc pas de provoquer une instabilité sani-

taire, ni une résistance de la part des tiques. Le premier problème peut d'ailleurs être facilement contourné en écartant les animaux de moins de six mois du traitement (9). Cela n'empêche pas que l'usage fréquent d'insecticides inadaptés contre les glossines peut en théorie créer un certain risque de résistance. Ceci est confirmé par plusieurs essais de terrain au Burkina Faso. Si, d'une manière générale, l'usage des pyréthrinoïdes, dont principalement la deltaméthrine 1 p. 100, pendant plusieurs années ne semble pas avoir d'incidence sur la susceptibilité de *Boophilus*, il n'en est pas de même pour l'usage de la fluméthrine dans le cadre de la lutte contre les glossines. La fluméthrine est probablement la seule molécule ayant une efficacité presque totale contre les tiques (8), d'où le danger de voir apparaître une résistance chez certaines populations de tiques suite à un usage peu judicieux de ce produit (Bauer B., 26/01/99, Forum Paat-L, Fao, Rome, Italie : www.fao.org/paat).

Si la résistance des animaux de type zébu aux infestations par les tiques du genre *Boophilus* est similaire à celle des taurins africains (24), les résultats au Togo montrent que les zébus sont significativement plus contaminés par *Babesia* que les taurins alors que les animaux croisés ont une prévalence intermédiaire. D'autre part, il s'agit de préciser que dans des cas d'infections combinées avec *Babesia* et *Trypanosoma*, cette dernière peut, par un mécanisme d'immunodépression, faciliter le développement et la multiplication des babésies déjà présentes chez l'animal et peut-être même dans la population (stabilité enzootique). En effet, un résultat négatif dans l'analyse hématologique de la babésiose n'exclut pas l'existence du parasite. Tout cela semble expliquer pourquoi les zébus ont été plus souvent positifs à l'examen microscopique que les taurins. Pour ce qui concerne la trypanosomose, le fait que les zébus ont été significativement plus infectés que les taurins est lié non seulement à leur plus grande sensibilité aux infections, mais aussi, dans le cadre de cette étude, à leur localisation éco-géographique, au suivi par le Plta et à la nature des troupeaux. La prévalence de la trypanosomose a été très élevée à Mango où l'élevage commercial était dominé par le zébu trypanosensible. Cette zone avoisinait une réserve de faune nouvellement occupée par le bétail en saison sèche et traversée par la plaine marécageuse du fleuve Oti propice à l'habitat des glossines pour lesquelles les plus fortes densités apparentes ont été relevées. En revanche, les effets combinés de l'application d'insecticides, de la localisation géographique (zone à faible prévalence) et de la résistance génétique des animaux croisés par rapport aux zébus ont justifié la faible prévalence trypanosomienne qui a été observée pour les bovins dans les troupeaux traditionnels des zones d'application.

Parmi toutes les espèces de glossines présentes au Togo, seule *G. tachinoides* montre des corrélations entre la densité apparente et la prévalence de la trypanosomose (20). Elle a été l'espèce la plus capturée dans les zones de la présente étude. Sa densité n'a pas pu être mise en rapport avec la prévalence de la trypanosomose dans les différentes zones éco-géographiques. Parmi les tiques, la dominance de *Boophilus* sp. a justifié la forte prévalence de *Babesia* sp. chez les bovins du Nord Togo. *Boophilus* sp. est le principal vecteur de *Babesia* sp., alors qu'*Amblyomma* sp. et *Hyalomma* sp. sont reconnues dans la transmission de *Theileria* sp. (15, 21, 27) et sont moins représentées dans la partie septentrionale du pays.

L'infestation par les strongles gastro-intestinaux a réduit les valeurs de l'hématocrite de façon significative ($p < 0,001$). Celui-ci a varié selon l'encadrement du Plta, la région et la saison. Une variation similaire du degré d'infestation des bovins par les parasites gastro-intestinaux en fonction de la saison a été observée dans d'autres pays dans des conditions similaires (6, 18). *Fasciola* sp. n'a pas fait l'objet de cette étude mais a pu, théoriquement, jouer un rôle important dans l'anémie observée. Très peu de données

existent sur la prévalence et la distribution géographique de ce parasite ou de son vecteur au Togo, bien que sa présence en Afrique de l'Ouest soit reconnue. Une étude transversale menée sur 585 petits ruminants dans la zone périurbaine de Sokodé (deuxième ville du Togo, à 80 km au sud de Kara) en 1996 et 1997 n'a révélé que deux cas de *Fasciola* sp. sur 177 échantillons ovins et un seul cas de *Dicrocoelium* sp. sur 67 échantillons caprins (7).

La présence de *T. vitulorum* dans les zones de Dapaong et de Mango n'avait pas été rapportée à ce jour. Jusqu'en 1989, le parasite n'y avait pas été diagnostiqué (25, 34). L'influence du mode d'élevage, de l'exploitation du pâturage et de la zone géographique sur les opg de *T. vitulorum* a déjà été mise en évidence dans le Nord Cameroun (13), le Ghana (1) et le Zimbabwe (30). L'élevage de type semi-transhumant observé à Mango serait une bonne méthode de lutte évasive contre cette parasitose et pourrait expliquer la baisse des opg dans cette région. Néanmoins, cette dernière hypothèse reste à être vérifiée, d'autant plus que les veaux ne s'infectent pas directement sur le pâturage et que les opg obtenus ont été généralement faibles. Au Togo, comme ailleurs, la toxocarose s'est révélée comme une maladie affectant essentiellement les jeunes animaux âgés de moins de trois mois (1, 6, 12, 13, 25). Le nombre de veaux infestés progresse régulièrement depuis la naissance jusqu'à l'âge de trois mois où une résistance spécifique s'installe avec une diminution des parasites adultes par élimination naturelle.

■ CONCLUSION

Le développement de l'élevage est lié à une meilleure connaissance de la pathologie et de l'épidémiologie qui constituent un handicap à la productivité des ruminants domestiques. La trypanosomose, la babésiose et les strongyloses digestives sont les principales maladies qui affectent la santé des jeunes bovins au Togo. La localisation éco-géographique, la saison, le type d'élevage, ainsi que la race et l'âge des animaux sont des facteurs qui doivent être pris en compte dans les méthodes de lutte contre les parasitoses préconisées et/ou appliquées dans ce pays pour cette catégorie d'animaux de production. Ceci nécessite une approche intégrée du problème de la santé animale de base.

Remerciements

Ce travail a été réalisé au sein du Projet régional de lutte contre la trypanosomose animale Gcp/Raf/347-Bel, financé par le Royaume de Belgique et mis en œuvre par l'Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (Fao). Il a fait l'objet d'un mémoire de DEA en Biologie animale (90 pages) soutenu le 30 juillet 1998 par Mlle Chantal Ekpetisi Bouka à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal). Les auteurs remercient les docteurs B. Dao, Ir. Kim-Anh Tempelman (Plta) et P. Dorny (Institut Prince Léopold de médecine tropicale, Anvers) pour leur appui.

BIBLIOGRAPHIE

1. AGYEI A.D., 1991. Epidemiological observations on helminth infections of calves in Southern Ghana. *Trop. Anim. Health Prod.*, **23**: 134-140.
2. AGYEI A.D., 1997. Seasonal changes in the level of infective strongylate nematode larvae on pasture in the coastal savanna regions of Ghana. *Vet. Parasitol.*, **70**: 175-182.
3. AGYEMANG K., DWINGER R.H., LITTLE D.A., LEPERRE P., GRIEVE A.S., 1992. Interaction between physiological status in N'Dama cows and trypanosome infections and its effect on health and productivity in The Gambia. *Acta trop.*, **50**: 91-99.

4. AGYEMANG K., DWINGER R.H., TOURAY B.N., JEANNIN P., FOFANA D., GRIEVE A.S., 1990. Effects of degree of anaemia and live weight in N'Dama cattle infected with trypanosomes. *Livest. Prod. Sci.*, **26**: 39-51.
5. ANDRIANARIVO A.G., MUIYA P., OPOLLO M., LOGAN-HENFRE L.L., 1995. *Trypanosoma congolense*: comparative effects of a primary infection on bone marrow progenitor cells from N'Dama and Boran cattle. *Exp. Parasitol.*, **80**: 407-418.
6. ANKERS P., FOFANA S., BIAYE A., 1997. Les dominantes du parasitisme helminthique chez les bovins, ovins et caprins en Guinée maritime, République de Guinée. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **50** : 111-116.
7. BASTIAENSEN P., BATAWUI K., BOUKAYA A., DORNY P., HENDRICKX G., KADJASSI B.-T., NAPALA A., 1998. Etude transversale des contraintes d'ordre parasitaire au développement de l'élevage des petits ruminants en zone périurbaine au Togo. Etude de cas : zone périurbaine de Sokodé (région centrale). Rapport technique, projet Gcp/Raf/347-Bel. Sokodé, Togo en collaboration avec la Coraf/Anvers, Belgique Institut de médecine tropicale.
8. BAUER B., KABORE I., LIEBISCH A., MEYER F., BAUER P., 1992. Simultaneous control of ticks and tsetse flies in Satiri, Burkina Faso, by the use of flumethrin pour on for cattle. *Trop. Med. Parasitol.*, **43**: 41-46.
9. BAUER B., SNOW W.F., 1997. Sustainable integrated disease management (IDM) for the control of African animal trypanosomiasis: experiences in West Africa. In: International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control, Maputo, Mozambique, 29 September - 4 October 1997 (prepared for the Programme Against African Trypanosomiasis).
10. BOYT W.P., 1986. Guide pratique pour le diagnostic, le traitement et la prévention de la trypanosomiase animale africaine. Rome, Italie, Fao, 281 p.
11. BUXTON P.A., 1955. The natural history of tsetse flies. London, UK, Lewis, 739 p. (Memoirs of London School of Hygiene and Tropical Medicine, No. 10)
12. CHARTIER C., 1989. Epidémiologie de l'infestation helminthique chez les bovins en Ituri (Haut Zaïre). Thèse Doct., faculté de Sciences de Montpellier, France, 235 p.
13. CHOLLET J.Y., MARTRENCAR A., BOUCHEL D., NJOYA A., 1994. Epidémiologie des parasitoses digestives des jeunes bovins dans le Nord-Cameroun. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **47** : 365-374.
14. DESQUESNES M., 1987. *Boophilus microplus*, biologie et mode de lutte, applications à la Nouvelle-Calédonie. Thèse Doct. vét., faculté de Médecine de Créteil/Ecole nationale vétérinaire de Maisons-Alfort, France, 284 p.
15. DOKO A., VERHULST A., PANDEY V.S., VAN DER STUYFT P., 1997. Trypanosomose expérimentale à *Trypanosoma brucei brucei* chez les taurins Holstein et les zébu Bororo blancs. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **50** : 23-28.
16. DWINGER R.H., AGYEMANG K., KAUFMANN J., GRIEVE A.S., BAH M.L., 1994. Effects of trypanosome and helminth infections on health and production parameters of village N'Dama cattle in The Gambia. *Vet. Parasitol.*, **54**: 353-365.
17. ENYENIHI U.K., 1969. Pathogenicity of *Neoscaris vitulorum* infections in calves. *Bull. Epizoot. Dis. Afr.*, **17**: 171-178.
18. GRABER M., PERROTIN C., 1983. Helminthes et helminthoses des ruminants domestiques d'Afrique tropicale. Maisons-Alfort, France, Le point vétérinaire, 378 p.
19. HANSEN J., PERRY B., 1995. Epidémiologie, diagnostic et prophylaxie des helminthiases des ruminants domestiques. Rome, Italie, Fao, p. 82-83.
20. HENDRICKX G., NAPALA A., 1999. Le contrôle de la trypanosomose « à la carte » : une approche intégrée basée sur un Système d'information géographique. Mémoire classe Sciences naturelles et médicales, Académie royale des Sciences d'Outre-Mer, Bruxelles, Belgique, 88 p. (Série 8, vol. 24, n° 4)
21. JONGEJAN F., UILENBERG G., 1994. Ticks and control methods. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **13**: 1201-1226.
22. KAUFMANN J., DWINGER R.H., HALLEBEEK A., VAN DIJK B., PFISTER K., 1992. The interaction of *Trypanosoma congolense* and *Haemonchus contortus* infection in trypanotolerant N'Dama cattle. *Vet. Parasitol.*, **43**: 157-170.
23. LE GALL F., BLANC F., GOUTEUX J.P., MAINGUET M., CUISANCE D., LEMESRE J.L., NITCHEMAN S., CAVALEYRA M., D'AMICO F., POUNEKROZOU E., N'DOKOUE F., 1995. La lutte par piégeage contre *Glossina fuscipes fuscipes* pour la protection de l'élevage en République centrafricaine. IV. Impact entomologique, parasitologique et zootechnique. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48** : 161-169.
24. MATTIOLI R.C., BAH M., KORA S., CASSAMA M., CLIFFORD D.J., 1995. Susceptibility to different tick genera in Gambian N'Dama and Gobra zebu cattle exposed to naturally occurring tick infestations. *Trop. Anim. Health Prod.*, **27**: 95-105.
25. MAWUENA K.I., 1975. L'ascaridiose bovine au Togo. Thèse Doct. vét., Eismv, Dakar, Sénégal, 119 p.
26. MCKENNA P.B., 1981. The diagnostic value and interpretation of faecal egg counts in sheep. *N. Z. vet. J.*, **29**: 129-132.
27. MOREL P.C., 1976. Morphologie, biologie et rôle pathogène des tiques. Maisons-Alfort, France, Gerdat-lemvt, p. 6-13.
28. MURRAY M., DEXTER T.M., 1988. Anaemia in bovine african trypanosomiasis. A review. *Acta trop.*, **45**: 389-432.
29. MURRAY M., MURRAY P.K., MCITYRE W.I., 1977. An improved parasitological technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **71**: 325-326.
30. PANDEY V.S., HILL F.W.G., HENSMAN D.G., BARAGWANATH L.C., 1990. *Toxocara vitulorum* in beef calves kept on effluent-irrigated pastures in Zimbabwe. *Vet. Parasitol.*, **35**: 349-355.
31. POLLOCK J.N., 1982. Manuel de lutte contre la mouche tsé-tsé. Rome, Italie, Fao, 291 p.
32. PUTT S.N.H., SHAW A.P.M., WOODS A.J., TYLER L., JAMES A.D., 1987. Veterinary epidemiology and economics in Africa; a manual for use in the design and appraisal of livestock health policy. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, 130 p. (ILCA Manual No. 3)
33. RAYNAUD J.P., 1970. Etude de l'efficacité d'une technique de coproscopie quantitative pour le diagnostic de routine et de contrôle des infestations parasitaires des bovins, ovins, équins, et porcins. *Ann. Parasitol. Hum. comp.*, **45** : 321-342.
34. SANT'ANNA A., 1989. Epidémiologie des maladies animales au Togo (Rapport). Lomé, Togo, Propat, 115 p.
35. Training manual for tsetse control personnel, Vol. 4, 1992. Use of attractive devices for tsetse survey and control. Rome, Italy, FAO, 196 p.
36. TRONCY P.M., 1977. Eléments de coproscopie parasitaire en Afrique noire. Harlow, Essex, UK, Merck Sharp & Dohme, 102 p.

Reçu le 20.08.1999, accepté le 02.08.2001

Summary

Ekpetsi Bouka C., Batawui K., Napala A., Bastiaensen P., Faye N., Hendrickx G. Parasitic Infections of Calves in Northern Togo

Parasitological examination of 738 cattle head in Northern Togo, aged from 1 to 12 months, and of zebu, taurine or zebu x taurine types, revealed several pathogenic agents and vectors belonging to various parasite groups (piroplasms, trypanosomes, nematodes, ticks and tsetse flies). Relative prevalences were 16.9% for *Babesia*, 11.0% for *Trypanosoma* and 46.4% for gastrointestinal strongyles. The packed cell volume was measured to evaluate the parasite pathogenic impact on hosts (29.3% on average). It increased towards the end of the dry season (31.1%) and in areas where the animals were treated with pour-on (29.6%), i.e. where they were monitored by the Regional Animal Trypanosomosis Control Project (PLTA). Epidemiologically, cattle parasite infections varied according to the ecogeographical location, the season, whether the animals were monitored by PLTA, the breed, the farming system and the animal age. This study confirmed that trypanosomosis and strongylosis were major health constraints. On the other hand, it showed that the impact *Babesia* sp. had on calf health had been underestimated.

Key words: Cattle - *Trypanosoma* - *Babesia* - *Nematoda* - *Glossina* - Hematocrit - Insecticide - Togo.

Resumen

Ekpetsi Bouka C., Batawui K., Napala A., Bastiaensen P., Faye N., Hendrickx G. Parasitosis de los terneros en la región septentrional de Togo

El examen parasitológico de 738 bovinos de tipo cebú, taurino y de los cruces respectivos (cebú x taurino) en el norte de Togo, con edades comprendidas entre 1 y 12 meses, permitió mostrar varios agentes patógenos y vectores pertenecientes a diferentes grupos de parásitos (piroplasmas, tripanosomas, nemátodos, garrapatas y glosinas), así como de evaluar la frecuencia relativa (*Babesia* 16,9% de prevalencia, *Trypanosoma* 11,0%, estróngilos digestivos 46,4%). Se evalúan las acciones patógenas de estos parásitos sobre los huéspedes mediante la medida del hematocrito (29,3% en promedio), el cual aumentó hacia el fin de la estación seca (31,1%) y en las zonas de aplicación de insecticidas epi cutáneos sobre el ganado (29,6%), en donde fueron seguidos dentro del marco del Proyecto regional de lucha contra la tripanosomosis animal (Plta). Desde el punto de vista epidemiológico, el parasitismo de los bovinos varió en función de las zonas eco geográficas, de las estaciones, del seguimiento de los animales por parte del Plta, de las razas, del tipo de cría y de la edad de los animales. Se confirma que la tripanosomosis y la estrogilosis son problemas importantes, en revanche, *Babesia* sp. aparece como un hemoparásito cuyo impacto sobre la salud de los terneros había sido sub estimado.

Palabras clave: Ganado bovino - *Trypanosoma* - *Babesia* - *Nematoda* - *Glossina* - Hematocrito - Insecticida - Togo.



Depuis quelques années, les systèmes de traçabilité appliqués pour identifier les animaux, suivre leurs déplacements et tracer les produits d'origine animale ont beaucoup évolué. Il est devenu indispensable d'harmoniser des systèmes approuvés et susceptibles d'améliorer la cohérence entre pays partenaires commerciaux, afin d'apporter de meilleures garanties et de faciliter les échanges internationaux d'animaux et de produits d'origine animale.

Les événements survenus récemment en Europe, tels que les crises liées à l'encéphalopathie spongiforme bovine ou à la fièvre aphteuse, ont gravement perturbé les échanges et souligné la nécessité d'améliorer les méthodes de traçabilité pour les animaux vivants et les produits d'origine animale, surtout dans le cadre des échanges internationaux. Au sein de l'Union européenne, ces améliorations sont maintenant prévues par la loi. Cependant, peu d'études ont été consacrées aux méthodes et aux technologies appliquées dans le monde à chaque stade de la chaîne de production alimentaire, ni à leur diversité.

Ce numéro de la *Revue scientifique et technique* de l'OIE a pour objet de remédier à cette lacune et de concourir à déve-

lopper des procédures harmonisées en matière de traçabilité des animaux et des produits d'origine animale. Les auteurs examinent les exigences de traçabilité pour la santé animale, la santé publique, le commerce international et la certification. L'ouvrage fournit un rappel historique, ainsi qu'une description des méthodologies et des nouvelles technologies utilisées pour faciliter la traçabilité, notamment les progrès récents dans les domaines de l'électronique, de la biologie et de la génétique. Les systèmes de traçabilité utilisés actuellement pour chacune des principales espèces animales domestiques sont décrits en détail, de même que les méthodes de suivi et de traçage des produits d'origine animale. Enfin, l'ouvrage présente plusieurs études de cas et décrit l'exemple d'un système informatisé avancé de traçage et de traçabilité appliqué à la filière bovine.

Ce numéro de la revue de l'OIE deviendra certainement un ouvrage de référence pour toutes les personnes responsables de l'identification et de la traçabilité des animaux et des produits d'origine animale, notamment pour mieux sécuriser la santé animale et la santé publique.

Sommaire

(* Articles rédigés en anglais, avec un résumé en français)

B. Vallat

Préface

J.D. McKean

L'importance de la traçabilité pour la santé publique et la protection des consommateurs *

V. Caporale, A. Giovannini, C. Di Francesco, P. Calistri

Importance épidémiologique de la traçabilité des animaux et des produits d'origine animale *

D.W. Wilson, P.T. Beers

Traçabilité dans le commerce international des animaux et produits d'origine animale et respect des accords de l'Organisation mondiale du commerce *

W.T. Disney, J.W. Green, K.W. Forsythe, J.F. Wiemers, S. Weber

Analyse coût-bénéfice de l'identification animale appliquée à la prévention et à la prophylaxie des maladies *

J. McGrann, H. Wiseman

Traçabilité transfrontière des animaux au sein de l'Union européenne *

J. Blancou

Histoire de la traçabilité des animaux et des produits d'origine animale

O. Ribó, C. Korn, U. Meloni, M. Cropper, P. De Winne, M. Cuypers

IDEA : un projet à grande échelle pour l'identification électronique des animaux de ferme *

S. Ammendrup, A.-E. Füssel

Obligations légales en matière d'identification et de traçabilité des animaux de ferme au sein de l'Union européenne *

E. Landais

Le marquage du bétail dans les systèmes pastoraux traditionnels

R.J. Fallon

Développement et utilisation de bols alimentaires électroniques comme moyen d'identification des bovins *

E.P. Cunningham, C.M. Meghen

Systèmes d'identification biologique : les marqueurs génétiques *

F.J.H. Sluyter

Traçabilité des équidés : une population en mouvement *

K. Stanford, J. Stitt, J.A. Kellar, T.A. McAllister

Traçabilité des bovins et des petits ruminants au Canada *

F. Madec, R. Geers, P. Vesseur, N. Kjeldsen, T. Blaha

Traçabilité dans la filière porcine *

M. Fallon

Traçabilité des volailles et des produits avicoles *

D. Chaisemartin

Traçabilité des carnivores domestiques en France

T. Håstein, B.J. Hill, F. Berthe, D.V. Lightner

Traçabilité des animaux aquatiques *

R.G. Pettitt

Traçabilité dans les filières de production animale et la grande distribution *

D.J. Vitiello, A.M. Thaler

Identification des animaux : les liens avec la sécurité alimentaire *

Y. Ozawa, B.L. Ong, S.H. An

Systèmes de traçabilité ascendante utilisés lors des épizooties récentes en Asie *

A.R.W. Elbers, H. Moser, H.M. Ekker, P.A.A. Crauwels, J.A.

Stegeman, J.A. Smak, F.H. Plumers

Systèmes de traçage utilisés lors de l'épizootie de peste porcine classique aux Pays-Bas, 1997-1998 *

W. Vosloo, A.D.S. Bastos, A. Michel, G.R. Thomson

Le traçage des déplacements de buffles en Afrique australe *

L.O. Barcos

Évolution récente de l'identification des animaux et de la traçabilité des produits d'origine animale dans le cadre du commerce international *

R. Houston

Un système de base de données informatisé pour les besoins de la traçabilité bovine *

ISSN 0253-1933
ISBN 92-9044-524-6
312 p. - Trilingue - 21 x 29,7 cm
250-350 p. par numéro
ISSN 0253-1933

2001 - Abonnement annuel : 80 € - Prix unitaire : 40 €
2002 - Abonnement annuel : 90 € - Prix unitaire : 45 €

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

Strongyle Infections in Horses from North Vietnam

W.G. Holland^{1,2} T. Geurden² T.T. Do¹
P. Dorny^{2,3*} J. Vercruyse²

Key words

Equidae - Draught horse - Working animal - *Cyathostoma* - *Strongylus* - Vietnam.

Summary

This study based on fecal egg counts and fecal cultures showed that strongyle infections were a major health constraint in adult horses in North Vietnam. In packhorses from mountainous areas, the mean fecal egg count was 2053 eggs per gram (EPG), while in carriage-horses of the Red River delta it was 732. *Cyathostoma* spp. were found to be the most abundant in all fecal cultures, whereas *Strongylus* spp. prevalence was less than 7%. It appeared that 63% of all the animals were eligible for treatment since they had egg counts higher than 500 EPG. Further research on the epidemiology of strongyle infections in horses in North Vietnam is needed before recommendations can be made on a treatment program.

INTRODUCTION

Horses are neglected in animal science in Vietnam. Although their number is not as high as that of other livestock species, it exceeds 150,000 head. Moreover, individual horses have values at least twice those of cattle or water buffaloes. They are used as pack animals in the mountainous areas and as carriage animals in the paddy fields of the plains.

Various potentially pathogenic gastrointestinal (GI) parasites have been described in Vietnam: *Parascaris equorum*, *Strongylus edentatus*, *S. equinus*, *Strongyloides westeri*, and a range of *Cyathostoma* spp. (3, 4). However, comprehensive epidemiological

data on the prevalence and intensity of infections of these parasites in horses in Vietnam are absent. It can be expected that transmission and infection rates of GI parasites are high in Vietnam since (i) grazing is intensive because of the grazing land shortage, (ii) the wet mild climate is conducive to year-round development and survival of preparasitic stages on pasture, and (iii) the use of anthelmintics in horses is very limited.

The study was based on fecal egg counts and fecal cultures performed in two geographical areas, the Red River delta and a mountainous area of North Vietnam. Results on the prevalence and intensity of strongyle infections in adult horses are presented.

MATERIALS AND METHODS

In August 2000, at the end of the hot wet season, two districts in Bac Can province, a mountainous area north of Hanoi, and two districts in Bac Giang province, located at the periphery of the Red River delta, were visited. In both areas the main agricultural activities were cultivation of rice and maize and, to a lesser extent, livestock production. In Bac Can, horses were used to carry goods such as fuel, feed and agriculture products to and from villages with no road access. There was no breeding program and all

1. National Institute of Veterinary Research, Truong Chinh Street 86, Dong Da, Hanoi, Vietnam

2. Ghent University, Faculty of Veterinary Medicine, Laboratory of Parasitology, Salisburylaan 133, B-9820 Merelbeke, Belgium

3. Department of Veterinary Medicine, Prince Leopold Institute of Tropical Medicine, Nationalestraat 155, B-2000 Antwerp, Belgium

Tel.: + 32 (0)3 247 63 94; Fax: + 32 (0)3 247 62 68; E-mail: pdorny@itg.be

* Corresponding author

animals, mainly stallions, were purchased at 3-4 years of age from neighboring districts. In Bac Giang, animals of either sex were used as carriage-horses, while on rare occasions horses were also used as draught animals for rice cultivation. In both provinces horses were kept according to the traditional grazing system with limited grazing (2-4 h) on communal land in and around the village, and they were partially fed cut-and-carry grass, rice straw, maize stubs, etc. In addition, horses in the mountainous area also had the opportunity to browse on non-cultivated shrubs. The mean annual temperature in the delta area is 21.5°C with on average 16.4°C in January and 28.9°C in July. No accurate data on the Bac Can province were available, but average temperatures were 2-3°C lower than those in the lowland. Rainfall in the delta is on average 1500-1600 mm per year with the highest rainfall in June-September (300 mm per month) and the lowest in December-March (less than 40 mm per month). In Bac Can province total precipitation is slightly higher (1800-1900 mm per year). Grass growth in both areas is year round.

During the visits rectal fecal samples of 247 horses were collected and information on the use of anthelmintics was obtained from the owners. The horses were randomly selected in the small villages that were visited with the help of the district veterinary officer. In Bac Giang 154 horses of both sexes, 2 to 20 years old (median: 8 years old) were sampled. In Bac Can 93 horses were sampled; all were males, except for two, and were 2 to 30 years old (median: 8 years old). Most owners had one or two horses.

Individual nematode egg counts were carried out by a modified McMaster technique with a saturated NaCl solution (7). Each egg counted was equivalent to 50 eggs per gram (EPG) feces. Fecal samples were pooled according to EPG levels: < 500 (low), 500-2000 (moderate), 2000-3500 (high), > 3500 (very high); 200 third stage larvae were identified from each culture (6).

■ RESULTS

In both Bac Giang and Bac Can provinces anthelmintic treatments were never given to the horses.

Results of fecal egg counts were subdivided by province. In Bac Can, strongyle eggs were found in all 93 samples, with a mean of 2053 EPG, a maximum of 11,300 EPG and a median of 1,450 EPG. EPGs were higher than 1000 and 500 in 62 and 79% of the samples, respectively. In Bac Giang 137 (89%) of the 154 fecal samples collected contained strongyle eggs, with a mean of 732 EPG, a maximum of 2950 EPG and a median of 650 EPG. EPGs were higher than 1000 and 500 in 29 and 54% of the samples, respectively. From the fecal cultures, various types of larvae were identified: *Cyathostoma* spp., *Triodontophorus* spp., *Strongylus equinus*, *S. vulgaris*, *S. edentatus*, and *Trichostrongylus axei*. No major differences were found between provinces and/or fecal egg count groups. *Cyathostoma* spp. were the most abundant in all cultures (85%), while prevalence of *Strongylus* spp. was less than 7% (that of *S. vulgaris* was the highest).

■ DISCUSSION

Although equine strongylosis is well documented in cooler climates, little information is available from tropical countries (1), even though it can be expected that, at least for cyathostomes, most species present in the tropics are similar to those in temperate regions (2). Since all samples were collected during the same period no conclusions could be drawn on seasonal variations.

Over 94% of the animals passed strongyle eggs; this was similar to reports from other regions (5). Although caution should be applied when estimating actual worm burdens from EPG levels, it is commonly agreed that an individual horse with an egg count over 500 EPG is eligible for treatment, which would concern more than 63% of all animals in this study (8). The high fecal egg counts could be explained by the climatic conditions of North Vietnam that are conducive to development, survival and transmission of preparasitic stages on pasture during most of the year, and by the absence of anthelmintic treatments.

Data showed differences in infection levels between the two provinces. This was surprising as there was considerably more grazing activity in Bac Giang than in the mountainous province of Bac Can, where a notable amount of the diet came from the extensively grazed forest. Packhorses in the mountainous province of Bac Can might have become infected when they grazed for short periods at the common resting places along the mountain tracks. These pastures might have become heavily contaminated with infective larvae.

This study showed that moderate to high strongyle infections were common in horses in the surveyed North Vietnam provinces. No anthelmintic treatments were administered to horses, but a local practice, where feces used as fertilizer were collected on the pastures by hand, was likely to reduce, to a certain extent, pasture contamination. Based on this study, an anthelmintic treatment might be indicated for over 63% of the horse population. However, further epidemiological research is needed before recommendations for a treatment program can be made.

Acknowledgments

This study was carried out within the framework of the Vietnamese-Belgium project Strengthening the National Institute of Veterinary Research in Central and North Vietnam (University of Gent-Flemish Inter University Council) at the National Institute of Veterinary Research, Hanoi, Vietnam.

REFERENCES

1. COURTNEY C.H., 1999. Seasonal transmission of equine cyathostomes in warm climates. *Vet. Parasitol.*, **85**: 173-180.
2. CRAIG T.M., 1999. Considerations for the control of equine cyathostomes in arid areas. *Vet. Parasitol.*, **85**: 181-188.
3. DAO HUU THANH, LE SINH NGAN, NGUYEN VAN CHONG, 1978. Investigation on prevalence of gastrointestinal parasites in horses from Ra Van farm. *Khoa Hoc Ky Thuat Y*, **291**: 314-321.
4. LAN P.D., LANG P.S., PHUC D.V., 1996. Nematodes and nematodic disease of domestic animals in Vietnam. (Benh giun tron cua vat nuoi o Viet Nam). Hanoi, Vietnam, Agriculture Press, 212 p.
5. LYONS E.T., TOLLIVER S.C., DRUDGE J.H., 1999. Historical perspectives of cyathostomes; prevalence treatment and control programs. *Vet. Parasitol.*, **85**: 97-112.
6. MANUAL OF VETERINARY PARASITOLOGICAL LABORATORY TECHNIQUES, 1986. London, UK, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 159 p.
7. THIENPONT D., ROCHETTE F., VANPARIJS O.F.J., 1986. Diagnosing helminthiasis by coprological examination. Beerse, Belgium, Janssen Research Foundation, 187 p.
8. UHLINGER C., 1993. Uses of fecal egg count data in equine practice. *The Compendium*, **15**: 742-749.

Reçu le 08.06.2001, accepté le 21.09.2001

Résumé

Holland W.G., Geurden T., Do T.T., Dorny P., Vercruysse J.
Infestation de strongles chez le cheval au Nord Viêt Nam

Cette étude, basée sur le comptage des œufs de strongles dans les matières fécales et les coprocultures, a montré que les infestations causées par les strongles digestifs étaient une contrainte importante à la santé du cheval adulte au Nord Viêt Nam. Les chevaux de bât des zones montagneuses ont excrété en moyenne 2 053 œufs par gramme de matières fécales (opg), alors que l'opg moyen des chevaux de trait du delta du fleuve Rouge a été de 732. Les *Cyathostoma* spp. ont été les plus abondantes dans les coprocultures, alors que les taux de *Strongylus* spp. ont été inférieurs à 7 p. 100. Parmi tous les chevaux, 63 p. 100 auraient pu bénéficier d'un traitement anthelminthique puisque leur nombre d'opg a été supérieur à 500. D'autres études sur l'épidémiologie des strongles devraient être menées avant que des recommandations puissent être faites pour la mise en place d'un programme de traitement.

Mots-clés : Equidae - Cheval de trait - Animal de travail - *Cyathostoma* - *Strongylus* - Viêt Nam.

Resumen

Holland W.G., Geurden T., Do T.T., Dorny P., Vercruysse J.
Infecciones por estróngilos en caballos de Vietnam del Norte

Los resultados del presente estudio, basado en conteos fecales de huevos y cultivos fecales, mostraron que las infecciones por estróngilos fueron un obstáculo importante para la salud de los caballos adultos en Vietnam del Norte. En manadas de caballos de las áreas montañosas, el conteo fecal medio de huevos fue de 2053 huevos por gramo (EPG), mientras que en caballos de carruaje del delta del río Rojo fue de 732. *Cyathostoma* spp. fue el más abundante de todos los cultivos fecales, mientras que la prevalencia de *Strongylus* spp. fue de menos de 7%. Aparentemente, 63% de todos los animales fueron elegibles para el tratamiento, debido a que presentaron conteos de huevos superiores a 500 EPG. Es necesaria una investigación más profunda de la epidemiología de las infecciones por estróngilos en los caballos de Vietnam del Norte, antes de poder recomendar programas de tratamiento.

Palabras clave: Equidae - Caballo de tiro - Animal de trabajo - *Cyathostoma* - *Strongylus* - Vietnam.

Formations spécialisées Cirad-emvt - 2002

Aviculture tropicale du 12 février au 01 mars 2002

A l'issue de cette formation, les participants seront capables :

- de décrire les enjeux et les développements des productions avicoles en régions chaudes
- de conseiller les éleveurs de volailles et les organisations professionnelles, en régions chaudes, dans les domaines zootechniques et sanitaires, en fonction de leur niveau d'intensification
- de contribuer à la structuration et au renforcement des filières avicoles.

Frais d'inscription : 1 370 euros

Cours international de pathologie et production des ovins et caprins (Cippoc) du 25 février au 15 mars 2002

A l'issue de cette formation, les participants seront en mesure :

- de comprendre le fonctionnement de systèmes locaux de production ovine et caprine
- d'en déterminer les conditions de développement et de proposer des mesures propres à le favoriser
- d'en détecter les faiblesses et d'identifier les principaux facteurs de blocage économique et technique.

Frais d'inscription : 2 515 euros

Aquaculture tropicale du 05 au 15 mars 2002

Tout en se familiarisant avec les spécificités des animaux aquatiques, les participants, à l'issue de cette formation, seront capables :

- d'évaluer l'opportunité de développer l'aquaculture dans une zone donnée
- d'identifier les systèmes d'élevage les plus appropriés à la zone et de concevoir les itinéraires techniques adaptés correspondant ;
- de contribuer à la structuration et au renforcement de la filière piscicole
- d'assurer l'interface entre les organismes de recherche et les organismes de développement dans le domaine de l'aquaculture.

Frais d'inscription : 915 euros

Faune sauvage et développement du 19 au 29 mars 2002

Pour prendre en compte la dimension faune sauvage dans la planification et la mise en œuvre des activités de développement rural, à l'issue du stage les participants seront capables :

- d'identifier les outils et les méthodes de gestion et de conservation de la faune sauvage qui sont utilisables dans le contexte local
- de décrire les principaux systèmes de valorisation de la faune sauvage
- d'analyser les interactions entre faune et activités humaines.

Frais d'inscription : 1 070 euros

Qualité et hygiène des denrées alimentaires d'origine animale en régions chaudes du 19 mars au 12 avril 2002

A l'issue de cette formation, les participants seront en mesure :

- de contribuer à la mise en place d'un contexte législatif et réglementaire compatible avec les normes internationales, en particulier celles de l'Union européenne
- de proposer des mesures visant à renforcer la fiabilité des services officiels de contrôle
- de conseiller les entreprises du secteur agroalimentaire dans le domaine de l'assurance de la sécurité des aliments ainsi que de l'analyse et de la gestion du risque.

Frais d'inscription : 1 830 euros

Méthodologie de l'épidémiologie du 29 octobre au 29 novembre 2002

A la fin de cette formation, pour concevoir, réaliser, organiser et créer un réseau d'épidémiologie, les participants seront capables :

- de concevoir et d'organiser un réseau d'épidémiologie
- de concevoir et de mettre en place des actions d'épidémiologie
- de concevoir, d'organiser et d'animer les formations dans le cadre de la mise en place et du fonctionnement du réseau
- de mettre en place et de conduire les actions de communication interne et externe dans le cadre de la mise en place et du fonctionnement du réseau
- d'évaluer le fonctionnement du réseau.

Frais d'inscription : 1 830 euros

Gestion et traitement de données appliqués à l'épidémiologie du 02 au 20 décembre 2002

A l'issue de cette formation, les participants seront en mesure :

- de maîtriser les fonctions de base des logiciels ACCESS (création d'une base de données) et Map-Info (création de cartes)
- de créer des outils pour la gestion des données d'un réseau d'épidémiologie
- de mettre en relation une base de données avec Map-Info et de représenter la distribution d'une maladie animale
- de réaliser des analyses thématiques simples pour représenter des données et produire des documents cartographiques d'aide à la décision.

Frais d'inscription : 2 135 euros

Un devis personnalisé peut être établi sur simple demande. Le Cirad n'est pas en mesure d'accorder des bourses. Il convient donc de faire une demande auprès d'instances nationales ou internationales (ambassade, Ong, Projet...). Le nombre de places étant limité il est recommandé de s'inscrire au moins trois mois avant le début des cours. Les candidatures comprenant un CV détaillé, une lettre de motivation et des indications sur l'organisme de gestion de la bourse, doivent être adressées au secrétariat du cours (coordonnées ci-dessous)

Cirad-emvt, TA 30 / B, 34398 Montpellier Cedex 5, France

Tél. : +33 (0)4 67 59 39 16 ; fax : +33 (0)4 67 59 37 97 ; e-mail : brigitte.languedocq@cirad.fr

Comparative Study on the Efficacy of Diclazuril and Amprolium in Naturally Infected Broilers in Uganda

G. Mukiibi-Muka^{1*} M.O. Otim¹ G. Musisi¹ J. Illango¹
T. Galiwango¹ W. Olaho-Mukani¹

Key words

Poultry - Broiler chicken - *Eimeria* - Amprolium - Anticoccidial - Uganda.

Summary

The efficacy of two synthetic anticoccidial drugs (amprolium and diclazuril) was studied in naturally infected broiler chickens in Uganda. The drugs were administered orally in drinking water. Oocyst counts indicated the level of infection. Both drugs were effective in controlling coccidia, although diclazuril was superior in reducing oocyst excretion. Diclazuril administered by oral route as opposed to in the feeds, the usual way, was effective. There were no weight gain differences between the treated and the control groups of the broilers up to the age of slaughter.

■ INTRODUCTION

Coccidiosis is a protozoan disease caused by parasites of the genus *Eimeria*. It is a major disease in commercial poultry production in Uganda as well as in other countries. Seven species with different degrees of pathogenicity are recognized in chickens: *E. acervulina*, *E. brunetti*, *E. maxima*, *E. mitis*, *E. necatrix*, *E. praecox* and *E. tenella* (4). While *E. tenella* causes cecal coccidiosis, the rest are known to cause intestinal coccidiosis.

In developed countries, coccidial infections are mainly controlled by prophylactic in-feed medication. In the case of Uganda, coccidiosis is mainly controlled by medication through drinking water. The classes of drugs used in the control of coccidiosis include synthetic compounds (amprolium, diclazuril, nicarbazin) and ionophores (monensin, salinomycin, maduramicin). Ugandan farmers commonly use synthetic compounds of amprolium with the conventional water-drinking methods. Despite the widely used anticoccidial drugs throughout the rearing period of broiler chickens, the literature on the efficacy of such drugs is scarce in Uganda. An in-feed-based Chinese anticoccidial, Qiu Jia[®] (diclazuril), was recently introduced in the country (pers.

commun.). The objective of this experiment was to compare the efficacy of two types of commonly used water-based amprolium drugs with Qiu Jia[®].

■ MATERIALS AND METHODS

Fifty day-old Hubbard chicks were obtained from a local hatchery. They were all reared on a floor with a deep litter of coffee husk, which had been covered with litter taken from floor-pens where *Eimeria* species had been previously diagnosed. The chicks were given broiler mash and water *ad libitum* throughout the experiment.

Fecal samples were weekly and randomly collected from ten chicks to assess the levels of coccidial infection. When the number of oocysts per gram (OPG) reached a mean of 1500 at approximately two weeks of age, the birds were randomly divided into four groups of 12 birds each and wing-tagged before treatment. The birds were not treated before this period (two weeks) in order to allow them to pick up sufficient oocysts to develop clinical coccidiosis.

Treatment regime

Group I chickens were treated with Coccid[®], an amprolium-based compound, according to the manufacturer's recommendation of 5 g into 5 l of drinking water for five days. Group II chickens were treated with Coccicontrol[®], also an amprolium-based compound,

1. Poultry Improvement Program, Livestock Health Research Institute (LIRI), PO Box 96, Tororo, Uganda

* Corresponding author

Tel: 0256 077 220 006; E-mail: mukiibig@africaonline.co.ug

at the recommended dose of 10 g in 8 l of drinking water for five days. Group III chickens were given Qiu Jia[®] at the recommended dose of 25 g in 5 l of drinking water for five days. Group IV chickens were not given any anticoccidial throughout the experiment and were kept as controls.

Sampling and measurements

Early in the morning soon after feeding, samples of freshly dropped feces were collected from each bird and kept in a labeled container. Each bird was also weighed. The fecal samples were taken to the laboratory, where they were processed within one to two hours. Three grams of feces were homogenized into 45 ml of a saturated salt solution (BDH, Chemicals Ltd, England). The simple McMaster technique was used to identify and count the oocysts (1). *E. tenella* was identified as the most dominant species. A few *E. necatrix* were also found. Samples were collected for seven weeks posttreatment.

Statistical analysis

Mean weight gains and OPGs of the three treated control groups were analyzed by one-way ANOVA with SPSS software. Mean OPGs were then separated and compared with the Newman-Keuls test (comparison of unplanned means) using the same software.

RESULTS

Results of the investigations are shown in Figures 1 and 2. Figure 1 shows that all three drugs effectively controlled coccidia in the environment since OPGs in all treated groups remained almost constant.

There was a significant reduction ($p < 0.05$) by ANOVA in the mean OPGs of the three treated groups compared with the control group. This reduction in OPGs was maintained throughout the length of the experiment, at the end of which (seven weeks) broiler chickens were usually sold. However, comparison of overall mean OPGs of the treated groups with the Newman-Keuls test showed there was a significant difference ($p < 0.05$) in the efficacy (in terms of reduction of OPGs) of Coccid[®] compared with Qiu Jia[®] and of Coccicontrol[®] also compared with Qiu Jia[®].

Figure 2 shows the mean weight gain of chickens in the treated and control groups. A comparison of weight gain between the treated groups using ANOVA showed that there was no significant difference ($p > 0.05$) among the treated groups and between the treated groups and the control group.

CONCLUSION

The amprolium compounds and Qiu Jia[®] were effective in reducing the coccidial oocyst excretion in broiler chickens under natural challenge. Qiu Jia[®] was superior to amprolium compounds thereby supporting previous reports (2, 5). It could also be used as a drinking water-based anticoccidial.

The lack of a significant difference in the mean weights of the treated and control groups was possibly due to the light infection (OPG = 2000) in the broilers compared to a clinical infection in nature (OPG \geq 20,000). It results from better management of the dry matter of litter manure in experimental houses (3). This subclinical level of infection did not thus have a bearing on the weight gain. Other treatment trials should be undertaken on farms where clinical coccidiosis is reported.

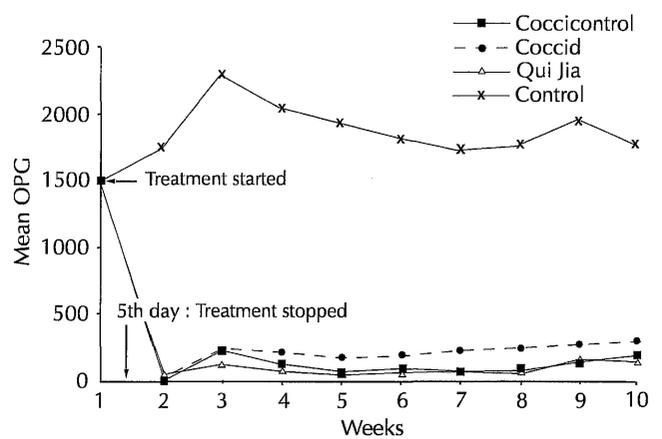


Figure 1: Oocysts per gram of feces (OPG) using three different anticoccidials during the pretreatment, treatment and posttreatment periods.

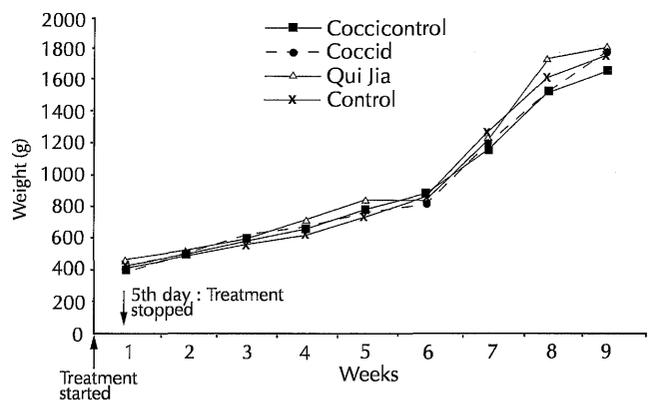


Figure 2: Weights of chickens in the three treated and the control groups.

Acknowledgments

We thank NARO for funding the study. We also extend our appreciation to Messrs G. Kuboi, J. Mubooli and P. Jamugishanga for their technical inputs. This paper is published with the permission of the Director of Livestock Health Research Institute (LIRI), Tororo, Uganda.

REFERENCES

- ANDERS P., JORGEN W.H., 1998. Epidemiology, diagnosis and control of poultry parasites. Rome, Italy, FAO, p. 95-102. (Animal Health Manual No. 4)
- PETERS J.E., DERIJCKE J., VERLINDEN M., WYFFELS R., 1994. Sensitivity of avian *Eimeria* spp. to seven chemicals and five ionophore anticoccidials in five Belgian integrated broilers operations. *Avian Dis.*, **38**: 483-493.
- ROESICKE E., GEUEL E., 1992. Zur Überlebensfähigkeit von Salmonellen, Kokzidienoozysten und Spulwurmeiern im Legehennenkot Unterschiedlicher Haltungssysteme. *Dtsch. Tierärztl. Wssch.*, **99**: 492-494.
- SHIRLEY M.W., 1986. New methods for the identification of species strains of *Eimeria*. In: McDougald L.R., Joyner L.P., Long P.L. Eds, Research in avian coccidiosis. Athens, GA, USA, University of Georgia, p. 13-35.
- ZHAO QI-PING, WUXUE-ZONG, CHEN ZHAO-GUO, HUANG BING, CHEN YAN-JUN, SHITIAN-WEI, YE MING-ZONG, 1999. Laboratory tests of combined administration of maduramicin and diclazuril to prevent chickens from *E. tenella*. *Chin. J. vet. Parasitol.*, **7**: 12-15.

Reçu le 22.01.2001, accepté le 05.10.2001

Résumé

Mukiibi-Muka G., Otim M.O., Musisi G., Illango J., Galiwango T., Olaho-Mukani W. Etude comparative de l'efficacité de l'amprolium et du diclazuril chez des poulets de chair naturellement infectés en Ouganda

L'efficacité de deux médicaments anticoccidiens synthétiques (l'amprolium et le diclazuril) a été étudiée chez des poulets de chair naturellement infectés en Ouganda. Les médicaments ont été administrés par voie orale, mélangés dans de l'eau. L'évaluation du niveau d'infection a été effectuée par la numération des oocystes de coccidies. Les deux médicaments ont été efficaces dans le contrôle de l'excrétion des coccidies, mais l'efficacité du diclazuril a été plus grande. L'administration du diclazuril par voie orale au lieu de l'administration habituelle dans la nourriture a été efficace. Aucune différence de poids n'a été observée entre les groupes traités et le groupe témoin jusqu'à l'âge d'abattage.

Mots-clés : Volaille - Poulet de chair - *Eimeria* - Amprolium - Anticoccidien - Ouganda.

Resumen

Mukiibi-Muka G., Otim M.O., Musisi G., Illango J., Galiwango T., Olaho-Mukani W. Estudio comparativo sobre la eficacia del diclazuril y del amprolium en pollos de engorde infectados en forma natural en Uganda

Se estudio la eficacia de dos drogas sintéticas anti coccidia (amprolium y diclazuril) en pollos de engorde infectados en forma natural en Uganda. Las drogas se administraron en forma oral en el agua de los bebederos. Los conteos de oocistos fueron utilizados para indicar el nivel de infección. Ambas drogas fueron efectivas para el control de la coccidia, aunque el diclazuril fue superior en lo referente a la reducción en la excreción de oocistos. Diclazuril, administrado por vía oral en vez de en el alimento, forma usual, fue efectivo. No hubo diferencias en las ganancias de peso entre los grupos de pollos de engorde tratados y los control hasta la edad del sacrificio.

Palabras clave: Ave de corral - Pollo de engorde - *Eimeria* - Amprolio - Coccidiostatico - Uganda.

**Pour annonces,
communications, publicités diverses**

For advertising, notices, various information

concernant
related to

Colloques, Congrès
Enseignement, Formation
Production de médicaments, Vaccins
Gestion, Administration de l'élevage
Production d'aliments pour animaux, etc.

*Symposia, Conferences, Teaching, Training
Medicine and Vaccine Production
Livestock Management
Feed Production, etc.*

dans
in

**Revue d'élevage et de médecine vétérinaire
des pays tropicaux**

s'adresser au :
please contact:

Cirad-emvt
TA30/D
34398 Montpellier Cedex 5
France

téléphone +33 (0)4 67 59 38 17
télécopie +33 (0)4 67 59 37 97 (fax)

Etude comparative de l'infestation des bovins Namchi (*Bos taurus*) et Goudali de Ngaoundéré (*Bos indicus*) par la tique adulte *Amblyomma variegatum*

M.D. Achukwi¹ V.N. Tanya¹ O. Messine¹
L.M. Njongmeta¹

Mots-clés

Bovin - Namchi - Goudali - *Amblyomma variegatum* - Infestation - Résistance aux organismes nuisibles - Cameroun.

Résumé

L'attraction relative exercée par les bovins taurin Namchi et zébu Goudali de Ngaoundéré sur la tique adulte *Amblyomma variegatum* a été évaluée à travers l'exposition de ces animaux à l'infestation naturelle au pâturage. Le comptage des tiques adultes a été effectué une fois par semaine pendant six semaines. La méthode de l'analyse de variances (Anova) avec données répétées et les modèles linéaires généralisés (Glim) ont montré que l'infestation individuelle a été variable. Les Namchi ont moins attiré les tiques adultes que les Goudali ($P < 0,05$). Le taux d'infestation a varié aussi avec le temps et le site de fixation des tiques sur l'animal ($P < 0,05$), la zone ventro-génitale ayant porté la plus grande charge tandis que les oreilles, le dos et la croupe ont été les moins infestés. Ces résultats suggèrent une résistance naturelle des Namchi à la tique *A. variegatum*. Cette aptitude innée des bovins Namchi à attirer le minimum de tiques pourrait être exploitée dans la mise en place d'une stratégie de contrôle durable et non-nocive à l'environnement.

■ INTRODUCTION

Les tiques et les maladies dont elles sont les vecteurs demeurent un important facteur limitant la production animale au Cameroun. Près de 63 p. 100 des mortalités bovines enregistrées à la Station de recherches de Wakwa ont été attribuées aux tiques et aux maladies transmises par ces dernières (5). Malgré les progrès réalisés dans le domaine des sciences vétérinaires qui ont conduit à la mise en place de diverses formules d'acaricides pour un contrôle effectif des tiques et en dépit de leur utilisation par certains éleveurs transhumants, la plupart de ces produits sont hors de portée du petit éleveur, les raisons principales étant leur coût élevé et la réticence de ces éleveurs à la dépense. Des méthodes erratiques de contrôle restent la règle dans la plupart des exploitations locales. Le détiage étant essentiellement manuel, seule une petite proportion d'éleveurs utilisent occasionnellement des acaricides dans des pulvérisateurs à dos, tandis que quelques ranches qui possèdent des bains détiageurs ne les font fonctionner que pendant la saison des pluies. Ceci implique que les tiques et les maladies dont elles sont vecteurs resteront pour longtemps encore une menace pour le développement de l'élevage. De plus, l'usage répété d'un même acaricide

par les éleveurs dans une zone donnée conduit à terme à de sérieux problèmes ; la résistance des tiques à certains de ces acaricides a déjà été signalée (8). Les conséquences désastreuses de cette situation sont évidentes pour l'industrie animale dans les zones infestées de tiques, comme cela est le cas pour le plateau de l'Adamaoua camerounais.

L'impact des tiques sur les bovins zébus et la dynamique de l'infestation par les tiques sur le plateau de l'Adamaoua ont été documentés (12). Des études sur le zébu Goudali à Wakwa ont montré des différences intra-raciales en ce qui concerne la charge des tiques, les vaches en lactation et les jeunes veaux étant plus infestés que les vaches tarées et les jeunes veaux (11). A Wakwa, Tawah (13) a montré qu'il existe des différences interraciales lors du comptage des tiques chez les zébus de races Wakwa et Goudali, suggérant ainsi que la sélection sur la base de la résistance aux tiques peut être envisagée. Des animaux sélectionnés pour leur plus grande résistance à la tique *Boophilus microplus* ont, de façon constante, présenté une charge moindre par rapport à leurs contemporains (14). Les résultats obtenus par Stachurski et Musonge (11) sur la tique *A. variegatum* ne confirment pas en totalité ce constat, peut-être en raison de la possible différence dans le mécanisme de résistance des bovins à ces tiques. En tout cas, la sélection suivie d'animaux peu susceptibles aux effets dévastateurs de l'infestation par les tiques n'est pas nocive pour l'environnement, n'entraîne

1. Laboratoire associé francophone (Laf) n° 309, Centre régional de l'Institut de recherche agricole pour le développement, Wakwa, BP 65, Ngaoundéré, Cameroun

aucun coût additionnel et peut représenter une solution viable pour le secteur élevage du Cameroun. Certaines études au Ghana et en Gambie ont montré que le Ndama (*Bos taurus*) est naturellement plus résistant à la tique *A. variegatum* que le zébu Gobra (*Bos indicus*) (4) et les bovins exotiques (7). D'autre part, dans la plupart des cas, les tiques et les vecteurs de la trypanosomose se trouvent sur les mêmes pâturages. Une race qui serait à la fois peu sensible aux maladies transmises par les tiques et à la trypanosomose représenterait une option de choix et un sérieux atout dans la mise en place de stratégies de contrôle de ces maladies. Ainsi, la variation dans l'intensité de l'infestation de deux races bovines indigènes du Cameroun, le taurin Namchi de Poli qui est trypanotolérant (1) et le zébu Goudali de Ngaoundéré (trypanosensible), a été étudiée à Wakwa afin d'évaluer le degré de sensibilité naturelle de ces deux races.

■ MATERIEL ET METHODES

Animaux et pâturages

Quatorze vaches adultes non suitées (7 Namchi et 7 Goudali), âgées de 2 ans et demi à 4 ans et demi et pesant entre 160-185 kg (Namchi) et 280-350 kg (Goudali), ont été prises au hasard dans les différents troupeaux du Centre régional de l'Institut de recherche agricole pour le développement (Irada) de Wakwa. Ces animaux, élevés dans la même exploitation, ont été conduits sur le même pâturage de savane naturelle pendant neuf semaines dont trois semaines d'adaptation. Tous les animaux ont été manuellement débarrassés de leurs tiques au jour 0. Toutes les blessures ont été subséquemment traitées dès leur apparition. Du sel de cuisine a été offert selon le modèle de conduite traditionnel.

Evaluation de la charge de tiques

L'étude a été menée pendant la saison des pluies, du 23 juin au 3 août 1998. Sur les six semaines de l'étude, cinq se sont situées pendant le pic d'infestation par *A. variegatum* tel qu'il a été déterminé précédemment (12). Aucun acaricide n'a été utilisé pendant les trois semaines qui ont précédé l'expérimentation ni pendant la durée (42 jours) de celle-ci. Chaque semaine à partir du jour 0, tous les adultes mâles et femelles d'*A. variegatum* ont été comptés sur tout le corps de chaque animal subdivisé spatialement en sept zones (tête et encolure, oreilles, dos et croupe, région abdominale, région ventro-génitale, queue, pieds et pattes), puis enlevés

manuellement. Les tiques des autres espèces ont aussi été enlevées, mais, n'ayant pas fait l'objet de cette étude et en raison de leur petit nombre, elles n'ont pas été comptabilisées.

Analyse des données

Le progiciel statistique Statistical analysis systems (Sas) a été utilisé dans l'analyse des données. Le degré d'infestation de chaque animal et de chaque race par les adultes d'*A. variegatum* a été évalué de deux façons. D'une part, le nombre de tiques comptées sur chaque animal a été divisé par la moyenne du compte dans le troupeau ; le niveau d'attraction (indice d'infestation) a permis de comparer les deux races par rapport au site de fixation des tiques. D'autre part, le nombre moyen de tiques a été transformé en logarithme ; la valeur [Log (1 + décompte)] a servi dans la méthode de l'analyse de variances (Anova) avec mesures répétées, afin d'évaluer l'évolution de l'infestation en fonction du temps d'exposition.

■ RESULTATS

Durant la période de l'étude, 949 tiques adultes *A. variegatum* (604 mâles et 345 femelles) ont été récupérées sur les 14 animaux (tableau I). L'indice d'infestation ou la variation de l'infestation individuelle par les adultes d'*A. variegatum* est présenté au tableau II. L'infestation des différents animaux par les adultes d'*A. variegatum* a montré une grande variation intra-raciale ($P < 0,001$). La variation individuelle, quoique assez importante chez les deux races, n'a pas toujours concerné les mêmes animaux. Toutefois, la charge de tiques sur les animaux a été significativement différente chez les deux races (tableaux I et III) : le nombre d'adultes d'*A. variegatum* a été inférieur chez les Namchi comparé aux Goudali ($P < 0,001$).

La charge de tiques a été influencée par le temps ($P < 0,05$). La tendance de l'infestation dans le temps, telle qu'elle a été déterminée après la transformation [Log (1 + décompte des tiques)] est présentée à la figure 1.

L'analyse des données transformées [Log (1 + décompte des tiques)] du tableau IV montre que la zone ventro-génitale a été la plus infestée chez les deux races tandis que les oreilles et la zone dessus-dos-croupe l'ont été le moins. Les autres zones ont présenté une infestation moyenne. La charge de tiques en fonction du site de fixation des tiques sur l'animal a été confirmée par l'analyse de variance (tableau III ; $P < 0,001$).

Tableau I

Population totale d'*Amblyomma variegatum* sur des bovins Goudali et Namchi pendant une étude longitudinale de six semaines à Wakwa

Jour	Population d' <i>Amblyomma variegatum</i>				Total	
	Mâle N	Mâle G	Femelle N	Femelle G	N	G
7	59	119	27	69	86	188
14	39	63	8	51	47	114
21	51	65	22	33	73	98
28	31	50	20	46	51	96
35	36	52	14	27	50	79
42	4	35	3	25	7	60
Total	220	384	94	251	314	635
Total N + G	604		345		949	

N = Namchi ; G = Goudali

Tableau II

Indice d'infestation de vaches Namchi et Goudali exposées à l'infestation naturelle des tiques *Amblyomma variegatum* pendant six semaines

Race	N° de l'animal	Indice d'infestation ¹					
		Jour 7	Jour 14	Jour 21	Jour 28	Jour 35	Jour 42
Namchi	015	0,613	0,261	0,327	0,568	0,326	0,000
	020	1,073	2,000	1,637	2,081	0,868	0,000
	018	0,664	0,696	0,736	0,284	2,171	0,000
	009	0,409	0,174	0,409	0,568	0,543	0,209
	008	0,613	0,348	0,327	0,662	0,543	0,209
	004	0,664	0,348	1,883	0,662	0,434	0,000
	035	0,358	0,261	0,655	0,000	0,543	1,045
Goudali	027	0,255	0,696	1,883	0,568	0,760	2,298
	149	0,920	0,783	0,655	0,851	0,109	0,418
	005	2,708	2,609	1,801	1,608	1,194	1,880
	039	1,073	0,783	0,819	0,568	1,845	3,343
	047	2,912	1,826	2,292	4,540	3,039	1,462
	103	0,818	1,130	0,000	1,041	0,977	1,254
	018	0,920	2,087	0,573	0,000	0,651	1,880

1. Infestation de l'animal/infestation moyenne du troupeau

Tableau III

Analyse de variance (Anova) de l'attraction relative exercée par les bovins Namchi et Goudali sur les tiques *Amblyomma variegatum*

Source	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Valeur de F	Prob. > F
Race	1	1,549	1,549	24,04	0,0001
Animal	12	2,555	0,213	3,30	0,0001
Site	6	28,968	4,828	74,89	0,0001
Erreur	490	31,591	0,064	-	-

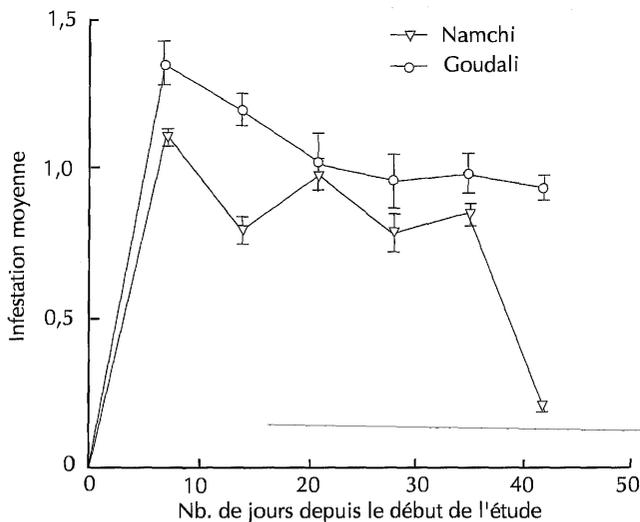


Figure 1 : attraction relative exercée par les bovins Namchi et Goudali sur *Amblyomma variegatum*. Infestation moyenne = $[\text{Log}(\text{décompte des tiques} + 1)] / \text{nombre d'animaux de la race}$.

DISCUSSION

La charge des tiques sur le pâturage a varié énormément. Déterminer l'infestation relative des animaux paissant sur des pâturages différents s'est donc avéré difficile. Ces animaux n'en étaient pas à leur première infestation par les tiques. Pour pallier à de possibles différences, tous les animaux ont été conduits sur le même pâturage pendant toute la durée des observations.

La charge a varié avec le temps, ce qui indique que la dynamique de la charge peut être un facteur important à prendre en considération. Des études antérieures sur la dynamique des populations d'*A. variegatum* adultes sur le zébu Goudali sur le plateau de l'Adamaoua (12) ont montré une augmentation en début de saison des pluies, suivie d'une diminution progressive vers la fin des pluies, notamment parce que les bovins, qui sont de bons pièges pour les tiques, finissent par capturer toutes celles qui sont présentes sur les pâturages. La sixième semaine de cette étude (qui correspond à la première semaine du mois d'août) montre un faible niveau d'infestation, comme l'avaient déjà montré Stachurski et coll. (12). Dans une étude de plus longue durée dans la zone nord-guinéenne du Sénégal (3) avec les taurins Ndama, une variation de charge dans

Tableau IV

Décompte des tiques par site de fixation sur des bovins Goudali et Namchi pendant une étude longitudinale de six semaines

Race	Jour	Site de fixation des tiques ¹						
		A	B	C	D	E	F	G
Namchi	7	0/0 ²	0/0	0/0	1/1	50/60	5/2	3/8
	14	2/0	1/0	1/0	2/0	27/6	4/2	2/0
	21	5/1	7/0	1/0	0/0	39/20	5/1	1/0
	28	8/4	0/0	0/0	0/0	20/50	1/0	2/1
	35	10/4	2/2	0/0	3/1	19/7	2/0	0/0
	42	0/0	1/0	0/0	0/0	3/3	0/0	0/0
	Total	25/9	4/2	2/0	6/2	158/67	17/5	8/9
Goudali	7	6/1	0/0	1/2	10/4	80/41	11/5	11/16
	14	7/4	0/0	5/4	4/12	39/27	1/1	7/7
	21	10/10	0/0	1/0	8/3	41/18	0/0	5/2
	28	19/13	0/0	0/0	3/2	26/26	2/5	0/0
	35	3/2	0/0	0/0	12/5	33/18	0/0	4/2
	42	5/3	0/0	1/0	2/2	19/15	6/4	2/1
	Total	50/33	0/0	8/2	39/28	238/145	20/15	29/28

1. A = tête et encolure ; B = oreilles ; C = dessus-dos-croupe ; D = abdomen ; E = zone ventro-génitale ; F = queue ; G = pattes

2. Rapport du nombre de tiques mâles par les tiques femelles

le temps a aussi été observée. La brusque chute d'infestation des Namchi au cours de la dernière partie de l'étude est peut-être associée à une très faible population des tiques sur le pâturage pendant cette période, comme indiqué précédemment (12).

L'indice d'infestation utilisé dans cette étude qui a permis de classer l'attraction exercée par chaque animal sur les tiques par rapport au troupeau a été identique à celui rapporté par Stachurski (10). La variabilité observée entre les animaux chez les deux races suggère que l'aptitude à attirer moins de tiques serait aussi de nature génétique. Tawah (13) et Stachurski et coll. (12) ont d'ailleurs déjà suggéré, pour la même zone que celle de la présente étude, de sélectionner les zébus Goudali qui attirent moins *A. variegatum* adulte.

Les indices d'infestation très différents observés entre les Namchi et les Goudali peuvent indiquer que les premiers sont mieux adaptés naturellement à la tique *A. variegatum* que les derniers. Les taurins indigènes Namchi sont naturellement mieux adaptés à la tique *A. variegatum* que les taurins exotiques Holstein qui, dans la même zone, présentent une charge de tiques encore plus élevée que les zébus Goudali (6). Cette plus grande charge chez les taurins Holstein aboutit généralement à des taux de morbidité et de mortalité élevés, comme cela été relevé à Wakwa (5). L'aptitude à attirer peu de tiques dans des pâturages fortement infestés paraît être une caractéristique des taurins indigènes de l'Afrique de l'Ouest. Des études longitudinales dans les plaines d'Accra au Ghana ont montré que les taurins Ndama possèdent un plus haut niveau de résistance que les zébus Sanga du Ghana (7). En Gambie, il a aussi été montré que le Ndama présente une plus grande résistance aux tiques et aux maladies transmises par celles-ci que le zébu Gobra importé (4). Néanmoins, au Sénégal, il a souvent été noté des cas de piroplasmose fatale chez les veaux Ndama de moins de six mois (3). Les tiques semblent moduler la réponse immunitaire de l'hôte (7), mais cette étude n'a pas permis d'établir

si l'aptitude innée des Namchi et autres taurins d'Afrique à attirer peu de tiques était liée au développement d'une résistance immunitaire. D'autres études mériteraient d'être entreprises dans ce sens. La trypanotolérance des bovins Namchi ayant été montrée (1), la présente étude a renforcé la notion que les races taurines locales ont de grandes potentialités qui ne demandent qu'à être étudiées et exploitées au profit de l'élevage local.

La quantité de tiques dénombrées a varié significativement entre les sept sites étudiés, la région ventro-génitale ayant porté la plus grande charge, alors que les régions 4 (abdomen et pattes) et 5 (anogénitale) ont été les plus infectées dans les travaux de Gueye et coll. (2, 3). Le site de fixation préférentiel des tiques adultes sur l'animal semble donc être un facteur important dans l'infestation mais les raisons de cette préférence n'ont pas été explicitées. Newson et coll. (9) montrent que les animaux qui paissent en tête du troupeau ramassent la majeure partie des tiques *Rhipicephalus appendiculatus*, objet de leur étude. Ces facteurs comportementaux pourraient inclure l'évitement des zones dans lesquelles le risque d'exposition est le plus élevé, en tête ou en queue du troupeau. Il pourrait donc y avoir des différences comportementales entre les Namchi et les Goudali, ce qui permettrait aux Namchi de ramasser moins de tiques. Ces aspects n'ont pas fait partie de cette étude et il serait intéressant de les déterminer.

La sensibilité moindre des Namchi à l'infestation par *A. variegatum* suggère que des études devraient être conduites sur leur sensibilité à la dermatophilose. Il a été montré que d'autres races taurines africaines sont peu susceptibles aux tiques et à la dermatophilose (7). La sélection des animaux montrant une moindre sensibilité à l'infestation par les tiques pourrait donc apparaître comme une bonne option, dans le cadre de la mise en place d'une stratégie de contrôle durable des maladies transmises par les tiques et de la trypanosomose, qui ne serait pas nocive à l'environnement.

Remerciements

Les auteurs remercient MM. Hamidou, Bobbo, Moussa et Adamou, pour leur assistance technique, feu M. Kulu David qui, dans les derniers jours de sa vie, a supervisé activement la clôture du parc où ont été gardés les animaux de l'essai. Ce travail a été soutenu en partie par l'Agence universitaire de la francophonie (Auf) dans le cadre d'un contrat d'association avec le Laboratoire associé francophone (Laf) n° 309 du Fonds francophone de la recherche.

BIBLIOGRAPHIE

1. ACHUKWI M.D., TANYA V.N., HILL E.W., BRADLEY D.G., MEGHEN C., SAUVEROCHE B., BANSER J.T., NDOKI J.N., 1997. Susceptibility of the Namchi and Kapsiki cattle of Cameroon to trypanosome infection. *Trop. Anim. Health Prod.*, **29**: 219-226.
2. GUEYE A., MBENGUE M., DIOUF A., 1989. Tiques et hématoparasitoses du bétail au Sénégal. IV. La zone sud-soudanienne. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **42** : 517-528.
3. GUEYE A., MBENGUE M., DIOUF A., SONKO M.L., 1993. Tiques et hématoparasitoses du bétail au Sénégal. V. La zone nord-guinéenne. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **46** : 551-561.
4. MATTIOLI R.C., DEMPFLE L., 1995. Recent acquisitions on tick and tick borne disease resistance in N'dama (*Bos taurus*) and Gobra zebu (*Bos indicus*) cattle. *Parasitologia*, **37**: 63-67.
5. MBAH D.A., 1982. Mortalities due to rickettsia, trypanosomiasis, piroplasmosis and streptothricosis amongst six genetic groups of cattle at Wakwa. *Revue sci. tech Anim. Sci. Ser.*, **2**: 81-97.
6. MBAH D.A., 1982. Adaptation of dairy cattle to Wakwa (Adamawa) environment. I. Resistance to cattle ticks. *Revue sci. tech Anim. Sci. Ser.*, **2**: 101-106.

Summary

Achukwi M.D., Tanya V.N., Messine O., Njongmeta L.M. Comparative Study of the Infestation of Namchi (*Bos taurus*) and Ngaoundere Gudali (*Bos indicus*) Cattle by *Amblyomma variegatum* Adult Ticks

The relative attraction of *Amblyomma variegatum* adult ticks for Namchi (*Bos taurus*) and Ngaoundere Gudali (*Bos indicus*) cattle was assessed during natural infestation on pasture. The adult ticks were counted once a week for six weeks. The method of analysis of variance (ANOVA) with repeated data and the generalized linear models (GLIM) showed variations in the animal infestation. Adult ticks were less attracted to Namchi than to Gudali cattle ($P < 0.05$). The infestation rates also varied with time and the infestation site on the animal ($P < 0.05$): the umbilical-genital area was the most infested, whereas ears, back and rump were the least. Results seemed to indicate a natural resistance of Namchi cattle to *A. variegatum*. This inborn capacity of Namchi cattle to attract fewer ticks could be used to implement a sustainable and environment-friendly control strategy.

Key words: Cattle - Namchi - Gudali - *Amblyomma variegatum* - Infestation - Pest resistance - Cameroon.

7. MORROW A.N., KONEY E.B.M., HERON I.D., 1996. Control of *Amblyomma variegatum* and dermatophilosis on local and exotic breeds of cattle in Ghana. *Trop. Anim. Health Prod.*, **28**: 44s-49s.

8. MUSONGE E.N., TANYA V.N., 1987. Testing for tick resistance to various acaricides at Wakwa, Cameroon. *Revue sci. tech. Anim. Sci. Ser.*, **3**: 129-134.

9. NEWSON R.M., MELLA P.N.P., FRANKLIN T.E., 1973. Observations on the numbers of the tick *Rhipicephalus appendiculatus* on the ears of zebu cattle in relation to hierarchical status in the herd. *Trop. Anim. Health Prod.*, **5**: 281-283.

10. STACHURSKI F., 1993. Variability of cattle infestation by *Amblyomma variegatum* and its possible utilisation for tick control. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **46**: 341-348.

11. STACHURSKI F., MUSONGE E.N., 1996. Réseau de recherches sur la cowdriose et ses vecteurs. Rapport final d'activités 1992-1995. Partenaire CRZV Cameroun. Montpellier, France, Cirad-emvt, 28 p.

12. STACHURSKI F., MUSONGE E.N., ACHUKWI M.D., SALIKI J.T., 1993. Impact of natural infestation of *Amblyomma variegatum* on the liveweight gain of male Gudali cattle in Adamawa (Cameroon). *Vet. Parasitol.*, **49**: 299-311.

13. TAWAH C.L., 1992. Comparative study of tick burdens in Gudali and Wakwa cattle under natural infestation in the subhumid highlands of Wakwa, Cameroon. Preliminary observations. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **45**: 310-313.

14. UTECH K.B.W., WHARTON R.W., KERR J.D., 1978. Resistance to *Boophilus microplus* (Canestrini) in different breeds of cattle. *Aust. J. Agric. Res.*, **29**: 885-895.

Reçu le 16.08.1999, accepté le 29.06.2001

Resumen

Achukwi M.D., Tanya V.N., Messine O., Njongmeta L.M. Estudio comparativo de la infestación de bovinos Namchi (*Bos taurus*) y Gudali de Ngaoundere (*Bos indicus*) mediante la garrapata adulta *Amblyomma variegatum*

Se evalúa la atracción relativa ejercida por los bovinos taurinos Namchi y cebú Gudali de Ngaoundere sobre la garrapata adulta *Amblyomma variegatum*, mediante la exposición de estos animales a la infestación natural durante el pastoreo. El conteo de las garrapatas adultas se efectuó una vez por semana durante seis semanas. El análisis de los datos mediante el método de análisis de varianza con medidas repetidas (Anova) y los modelos lineales generalizados (Glim) mostró una infestación individual variable. Los Namchi atrajeron menos las garrapatas adultas que los Gudali ($p < 0,05$). La tasa de infestación también varió con el tiempo y con el sitio de fijación de las garrapatas en el animal ($p < 0,05$), presentando la zona genito ventral la mayor carga, mientras que las orejas, la espalda y la grupa fueron las menos infestadas. Estos resultados sugieren una resistencia natural de los Namchi a la garrapata *A. variegatum*. Esta aptitud propia de los bovinos Namchi para atraer un mínimo de garrapatas podría ser explotada en la elaboración de una estrategia de control duradera y no nociva al ambiente.

Palabras clave: Ganado bovino - Namchi - Gudali - *Amblyomma variegatum* - Infestación - Pest resistencia - Camerún.

Note de lecture

Agroecología y Biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia

Georges Rippstein
Germán Escobar
Francisco Motta
Editeurs

□ En Amérique du Sud, les savanes tropicales occupent 250 millions d'hectares et ont été durant les 40 dernières années le théâtre d'une importante expansion agricole et pastorale. Les *Llanos orientales* de Colombie, avec 17 millions d'hectares, représentent encore à l'heure actuelle une énorme réserve de terres et de ressources naturelles. Du fait que ces savanes appartiennent au bassin de l'Orénoque, troisième fleuve du monde par son débit, leur développement agricole et pastoral aura des répercussions environnementales considérables.

Cet ouvrage représente une première étude des ressources naturelles de cette région et de leur exploitation durable. Il rassemble une partie des résultats du programme sur les pâturages tropicaux du Ciat (Centro Internacional de Agricultura Tropical). C'est le fruit du travail d'une équipe constituée de spécialistes et d'étudiants chercheurs dans des disciplines variées comme l'écologie, la botanique, la télédétection, l'entomologie et l'alimentation animale. Il fournit les bases scientifiques et techniques d'une exploitation durable des savanes des *Llanos* par l'élevage extensif et en évalue les conséquences environnementales majeures.

Georges Rippstein, agronome et écologue du Cirad-emvt, spécialiste de pâturages tropicaux, a contribué à dix des douze chapitres qui composent l'ou-

vrage et Germán Escobar, biologiste entomologiste du Ciat spécialisé en agroécologie et développement, à sept d'entre eux. Francisco Motta, l'éditeur technique du Ciat, a conçu un ouvrage clair doté d'une présentation agréable.

Les *Llanos orientales*, encore peu peuplés, correspondent à des sols ferrallitiques acides et peu fertiles très lessivés, soumis selon la saison à de fortes températures ainsi qu'à des excès d'humidité. Par tradition, ces savanes herbues ou peu arbustives sont utilisées de façon très extensive par des éleveurs privés (*ranching*). Actuellement, une agriculture commerciale se développe, ce qui, en matière d'élevage, est favorable à l'extension de pâturages améliorés et à l'introduction d'espèces fourragères sélectionnées.

Une grande partie du travail a été effectuée sur la station du Ciat/Ica (Instituto Colombiano de Agricultura) située à Carimagua dans la province de Meta, représentative des *altillanuras*, l'une des trois formes physiologiques des *Llanos*. Les communautés végétales de la station ont été étudiées et décrites en détail : les familles des Poaceae, des Leguminosae et des Cyperaceae sont les plus représentées, vingt communautés distinctes ont été décrites, avec des indices de diversité assez élevés. La comparaison avec une autre région des *Llanos*, la *serranía* (zone de collines), permet d'avancer quelques considérations sur la conservation de la biodiversité végétale.

Le feu est un des facteurs qui déterminent la composition des communautés végétales de ces savanes. Des expérimentations avec feux contrôlés sur des périodes entre feux de six mois à 15 ans ont révélé qu'une strate arbustive apparaît au bout de quatre ans et une strate arborée après huit ans, accompagnée d'une baisse de la diversité spécifique. Les feux fréquents favorisent les espèces à cycle court.

L'usage de la télédétection spatiale a été testé à des fins de cartographie des communautés végétales. Cette technique ne se substitue pas aux informations obtenues sur le terrain, mais elle permet surtout de les extrapoler, de suivre les relations entre les écosystèmes et les formes d'usage et donne une bonne idée de la biomasse de la végétation.

La macrofaune du sol reflète sa structure, ses propriétés hydriques et la dynamique de la matière organique. L'abondance et la diversité des macro-invertébrés du sol sont des facteurs importants de la durabilité de la production primaire et des agro-systèmes. L'élevage extensif traditionnel a un impact négatif sur les communautés de macro-invertébrés, mais les cultures annuelles réduisent celles-ci de façon considérable, tandis que l'établissement

de prairies permanentes cultivées ou de cultures arborées favorise grandement leur développement.

Des expérimentations de conduite des pâturages ont duré cinq ans. Les variables ont été la fréquence des feux, l'époque du feu, la durée de repos sans pâturage après le feu et la charge animale. Les brûlages effectués tous les 16 mois permettent de maintenir la diversité biologique de la savane. Le modèle d'exploitation proposé permet de doubler de façon durable la charge animale habituellement utilisée en élevage extensif sur savane naturelle. La recherche d'une optimisation des gains de poids des animaux joue à la fois sur la fréquence des feux en saison des pluies et en saison sèche, et sur l'emploi complémentaire de prairies améliorées et de réserves fourragères.

L'étude de la production de biomasse révèle que la fertilité des sols ne permet pas d'espérer de notables possibilités d'amélioration, même avec une fertilisation. Par contre, l'introduction d'espèces fourragères exotiques permet d'obtenir une plus grande production de biomasse, qui plus est avec une meilleure qualité fourragère. La production de racines par les plantes pérennes introduites est aussi beaucoup plus importante que celle de la végétation naturelle, ce qui a pour conséquence d'améliorer la fertilité des sols, de recycler les nutriments accumulés dans les couches profondes du sol et de fixer de grandes quantités de carbone atmosphérique (jusqu'à 30 t/ha).

Les annexes présentent la liste floristique très détaillée des espèces présentes dans les zones de l'étude, avec une partie réservée aux Poaceae : un tableau illustré des caractères de reconnaissance des graminées constitue une aide à leur identification.

Bernard TOUTAIN
Cirad-emvt

G. Rippstein, G. Escobar, F. Motta, eds, 2001. Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos orientales de Colombia, 302 p. [en espagnol]

Librairie du Cirad, TA 283/04, 34398 Montpellier Cedex 5, France - 16 € Ttc

Ciat, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia Fax (57-2) 4 45 00 73 - 15 US\$ + port

ISBN : 958 694 033 0

Effets de la durée de conservation et du séchage sur la teneur en azote des fourrages pauvres traités à l'urée

H. Nantoumé¹ A. Kouriba¹ B. Ouologuem²

Mots-clés

Fourrage - Teneur en azote - Urée - Aptitude à la conservation - Séchage - Qualité - Mali.

Résumé

Dans le cadre d'une expérimentation de 90 jours conçue pour étudier les effets de la durée de conservation et du séchage sur la teneur en azote de fourrages pauvres (paille de brousse, chaumes de sorgho, chaumes de maïs et chaumes de mil) traités à 4,5 p. 100 d'urée, des bœufs ont été utilisés comme silos de laboratoire. La teneur en azote des fourrages traités est restée significativement plus élevée ($P < 0,05$) que celle des fourrages non traités, quelle qu'ait été la durée de conservation. Le séchage a diminué la teneur en azote ($P < 0,05$) des fourrages traités. Une fois le traitement effectif (15 jours), la teneur en azote des fourrages traités n'a pas varié ($p > 0,05$) au cours de l'essai. L'étude a montré qu'il était plus avantageux d'offrir les fourrages traités non séchés pour minimiser les pertes d'azote au cours du séchage.

■ INTRODUCTION

Pendant la longue saison sèche, la majeure partie des aliments du bétail de la région de Kayes est constituée par la paille de brousse et les résidus de culture. L'utilisation digestive de ces aliments est réduite à cause de leur teneur élevée en composés ligno-cellulosiques et de leur faible teneur en azote. Plusieurs traitements (physiques, chimiques et biologiques) ont été utilisés pour améliorer la valeur alimentaire des fourrages pauvres.

Parmi les agents chimiques utilisés pour le traitement des fourrages pauvres, l'ammoniac a reçu une attention considérable. L'ammoniac améliore la valeur alimentaire des fourrages pauvres vraisemblablement en solubilisant l'hémicellulose et en gonflant la cellulose avec comme effet l'amélioration de la digestibilité et de l'ingestibilité de la matière sèche (4). De plus, l'azote qui est ajouté au fourrage comme résultat de traitement est utilisé par la population microbienne du rumen quand suffisamment d'énergie est disponible (7). L'urée a été proposée comme source d'ammoniac pour l'amélioration de la qualité des fourrages pauvres (1).

Des études entreprises au Mali sur l'amélioration de la valeur alimentaire des fourrages pauvres ont indiqué une augmentation de l'ingestibilité et de la digestibilité du fourrage traité (2, 3, 6). La plupart de ces études ont été faites sur la paille de riz. Les données sur les traitements à l'urée des autres fourrages pauvres sont rares. L'influence de la durée de conservation et du séchage sur la teneur en azote, peu abordée dans la littérature, a été l'objet de cette étude.

■ MATERIEL ET METHODES

Deux essais ont été conduits. Le premier a porté sur la paille de brousse et les chaumes de sorgho. La paille de brousse, en provenance des alentours de la ville de Kayes, a été essentiellement composée de *Schoenefeldia gracilis* et de *Schizachirium exile*. Les chaumes de sorgho (*Sorghum bicolor*) sont provenus des exploitations agricoles locales. Les travaux (traitement à l'urée et analyses chimiques) ont été effectués au Laboratoire de nutrition animale de Sotuba à Bamako où les moyennes des températures minimales et maximales de 40 ans ont été respectivement de 21,7 et 34,7 °C (5). Chaque échantillon de fourrage (4,5 kg) a été traité avec 0,2 kg d'urée dissoute dans 5 kg d'eau, soit à 4,5 p. 100. La méthode utilisée a été celle décrite par Hadjipanayiotou (1). Au cours du premier essai, 42 bœufs (d'une capacité de 0,5 l chacun) ont été remplis de fourrages traités (21 bœufs par fourrage), fermés

1. Centre régional de recherche agronomique de Kayes, BP 281, Kayes, Mali

2. Centre régional de recherche agronomique de Sotuba, BP 262, Bamako, Mali

étanchement et conservés au Laboratoire de nutrition animale de Sotuba. Ces fourrages ont fait l'objet d'analyses chimiques après 1, 15, 30, 45, 60, 75 et 90 jours de conservation. Des échantillons prélevés dans trois bocal de chaque fourrage pris au hasard ont été analysés après un jour de conservation, puis tous les 15 jours. Les analyses chimiques ont porté sur la teneur en matière sèche (MS) et en azote total. L'azote a été déterminé sur les échantillons frais et séchés pendant trois jours à l'abri du soleil.

L'analyse de variance a été utilisée avec un dispositif factoriel de 2 (types de fourrages) * 2 (états ; humide et séché) * 7 (durée de conservation). Pour des effets significatifs observés, la séparation des moyennes a été faite par la méthode de la plus petite différence significative (Ppds). Le modèle utilisé a été le suivant :

$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$, où Y = variable, teneur en azote, μ = moyenne, α = effet du type de fourrage, β = effet de l'état du fourrage, γ = effet de la durée de conservation et ε = effet de l'erreur.

Le second essai a porté sur les chaumes de maïs (*Zea mays*) et les chaumes de mil (*Pennisetum thyphoides*) qui provenaient des exploitations agricoles locales. Le matériel et les méthodes utilisés ont été les mêmes que pour le premier essai.

■ RESULTATS ET DISCUSSION

Premier essai

Les effets du type de fourrage et du séchage sur la teneur en azote de la paille de brousse et des chaumes de sorgho traités à 4,5 p. 100 d'urée sont présentés au tableau I. Le type de fourrage a eu un effet significatif ($P < 0,05$) sur la fixation de l'azote. Avec le traitement à 4,5 p. 100 d'urée, les teneurs en azote de la paille de brousse et des chaumes de sorgho sont passées respectivement de 0,55 à 1,49 et de 0,33 à 1,40 p. 100.

Le séchage a diminué la teneur en azote de 1,84 à 1,05 g pour 100 g d'aliment (soit une réduction de 43 p. 100). Ceci s'explique par la perte d'ammoniac au cours du séchage. Le séchage de la paille de riz traitée à 4,5 p. 100 d'urée diminue la teneur en azote de 40 p. 100 (5). L'interaction aliment * état a été significative ($P < 0,01$). Le séchage a eu un effet négatif plus marqué ($P < 0,01$) sur les chaumes de sorgho (1,88 à 0,92 p. 100) que sur la paille de brousse (1,80 à 1,18 p. 100).

L'effet de la durée de conservation sur la teneur en azote des fourrages pauvres traités à 4,5 p. 100 d'urée est présenté au tableau II. La durée de conservation a eu un effet négatif ($P < 0,05$) sur la teneur en azote de la paille de brousse et des chaumes de sorgho traités à 4,5 p. 100 d'urée. La comparaison des moyennes effectuée par la méthode de Ppds a donné les résultats suivants :

- la teneur en azote à un jour de conservation a été supérieure ($P < 0,05$) à celle des autres durées de conservation ;
- la teneur en azote est restée constante ($P > 0,05$) du 15^e au 90^e jour de conservation.

La teneur élevée en azote à un jour de conservation s'est expliquée par l'absence d'activité uréolitique, d'où la présence de l'azote sous sa forme initiale, celle de l'urée. Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par Hadjipanayiotou (1). A partir du 15^e jour, la teneur en azote total a diminué et s'est stabilisée. Ce phénomène s'explique par l'hydrolyse progressive de l'urée en ammoniac sous l'effet de l'activité des enzymes végétales et bactériennes puis des pertes d'azote ammoniacal qui se produisent à l'ouverture du silo. Hadjipanayiotou rapporte un taux de fixation de 44 p. 100 dont 31 p. 100 sous forme d'azote ammoniacal (1).

L'effet de l'interaction aliment * durée de conservation a été significatif ($P < 0,05$). La teneur en azote de la paille de brousse est restée la plupart du temps plus élevée que celle des chaumes de sorgho. Les effets du type d'aliment, du séchage et de la durée de conservation sont présentés à la figure 1 : tout au long de l'essai,

Tableau I

Effets du type de fourrage et du séchage sur la teneur en azote de la paille de brousse et des chaumes de sorgho traités à 4,5 p. 100 d'urée

	Paille de brousse	Chaumes de sorgho	Moyenne
Humides	1,80 ± 0,36	1,88 ± 0,27	1,84 ± 0,30 ^a
Séchés	1,18 ± 0,37	0,92 ± 0,34	1,05 ± 0,34 ^b
Moyenne	1,49 ± 0,48 ^a	1,40 ± 0,58 ^b	

a, b : les chiffres de la même colonne ou de la même ligne suivis de lettres différentes sont différents au seuil de 5 p. 100

Tableau II

Effets de la durée de conservation sur la teneur en azote de la paille de brousse et des chaumes de sorgho traités à 4,5 p. 100 d'urée

	1 jour	15 jours	30 jours	45 jours	60 jours	75 jours	90 jours
Paille de brousse	2,17	1,54	1,41	1,29	1,46	1,28	1,28
Chaumes de sorgho	1,91	1,42	1,44	1,53	1,25	1,13	1,12
Moyenne	2,04 ^a	1,48 ^b	1,43 ^b	1,41 ^b	1,35 ^b	1,21 ^b	1,20 ^b

a, b : les chiffres de la dernière ligne suivis de lettres différentes sont différents au seuil de 5 p. 100

la teneur en azote de la paille de brousse traitée humide et des chaumes de sorgho traités humides est restée plus élevée que celle de la paille de brousse traitée séchée et des chaumes de sorgho traités séchés. La diminution de la teneur en azote a été plus prononcée pour les fourrages secs que pour les fourrages humides.

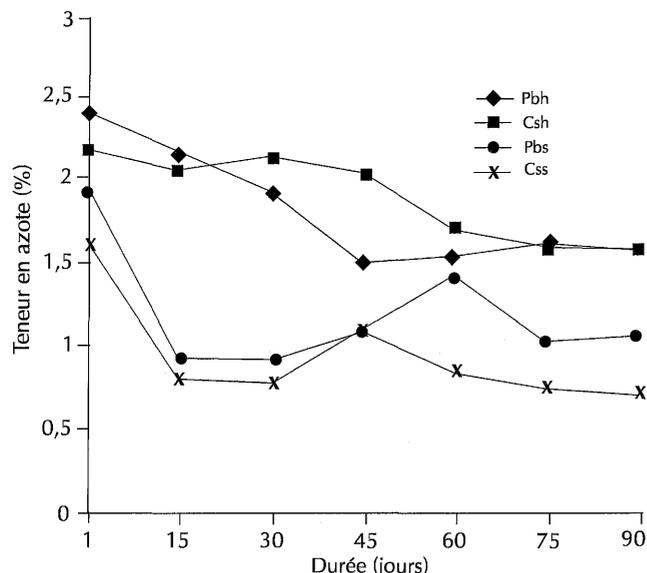


Figure 1 : effets du type de fourrage et de la durée de conservation sur la teneur en azote de la paille de brousse et des chaumes de sorgho traités à 4,5 p. 100 d'urée. Pbh = paille de brousse humide, Csh = chaumes de sorgho humides, Pbs = paille de brousse séchée, Css = chaumes de sorgho séchés.

Deuxième essai

L'effet du type de fourrage et du séchage sur la teneur en azote des chaumes de maïs et des chaumes de mil traités à 4,5 p. 100 d'urée est présenté au tableau III. Les teneurs initiales en azote ont été respectivement de 0,47 et 0,46 p. 100 pour les chaumes de mil et les chaumes de maïs. Le type de fourrage n'a pas eu d'effet significatif ($P > 0,05$) sur la fixation d'azote. La teneur en azote a été respectivement de 1,28 et 1,30 g pour 100 g de fourrage pour les chaumes de maïs et de mil traités à 4,5 p. 100 d'urée. Ces teneurs ont été légèrement inférieures à celles obtenues au cours du premier essai.

Le séchage a réduit la concentration d'azote de 27 p. 100 (1,48 à 1,08 g N/100 g de fourrage). La diminution a été respectivement de 23 et 30 p. 100 pour les chaumes de mil et de maïs.

L'effet de la durée de conservation sur la teneur en azote des fourrages traités est présenté au tableau IV. La durée de conservation a eu un effet significatif ($P < 0,05$) sur la fixation d'azote des chaumes de maïs et de mil. Comme lors du premier essai, la teneur en azote à un jour de conservation a été supérieure à celle des autres durées de conservation et, à partir du 15^e jour, la teneur en azote total est restée constante ($P > 0,05$) jusqu'au 90^e jour de conservation.

Les effets du séchage, du type de fourrage et de la durée de conservation des chaumes de maïs et de mil sont présentés à la figure 2. La diminution de la teneur en azote a été plus prononcée pendant les quinze premiers jours pour les deux types de fourrages. La perte d'azote par séchage a eu lieu pendant toute la durée de l'essai comme le montrent les courbes des chaumes de maïs et de mil séchés comparées aux courbes des chaumes de maïs et de mil humides.

Tableau III

Effets du type de fourrage et du séchage sur la teneur en azote des chaumes de maïs et des chaumes de mil traités à 4,5 p. 100 d'urée

	Chaumes de maïs	Chaumes de mil	Moyenne
Humides	1,49 ± 0,43	1,47 ± 0,33	1,48 ± 0,38 ^a
Séchés	1,04 ± 0,30	1,13 ± 0,44	1,08 ± 0,37 ^b
Moyenne	1,28 ± 0,41 ^a	1,30 ± 0,38 ^a	

a, b : les chiffres de la même colonne ou de la même ligne suivis de lettres différentes sont différents au seuil de 5 p. 100

Tableau IV

Effets de la durée de conservation sur la teneur en azote des chaumes de maïs et des chaumes de mil traités à 4,5 p. 100 d'urée

	1 jour	15 jours	30 jours	45 jours	60 jours	75 jours	90 jours
Chaumes de maïs	2,02	0,99	1,11	1,03	1,17	1,18	1,32
Chaumes de mil	2,16	1,16	1,17	1,13	1,18	1,10	1,19
Moyenne	2,09 ^a	1,07 ^b	1,14 ^b	1,08 ^b	1,18 ^b	1,14 ^b	1,25 ^b

a, b : les chiffres de la dernière ligne suivis de lettres différentes sont différents au seuil de 5 p. 100

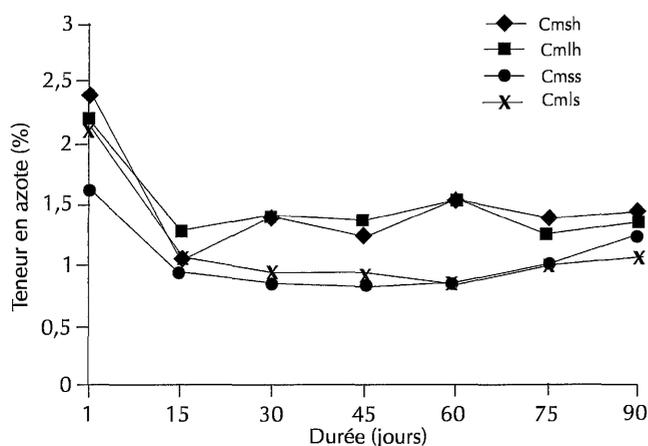


Figure 2 : effets du type de fourrage et de la durée de conservation sur la teneur en azote des chaumes de maïs et de mil traités à 4,5 p. 100 d'urée. Cmsh = chaumes de maïs humides, Cmlh = chaumes de mil humides, Cmss = chaumes de maïs séchés, Cmls = chaumes de mil séchés.

BIBLIOGRAPHIE

- HADJIPANAYIOTOU M., 1982. The effect of ammoniation using urea on the intake and nutritive value of chopped barley straw. *Grass Forage Sci.*, **37**: 89-93.
- KASSAMBARA I., Cisse B.M., 1986. Amélioration de la valeur alimentaire des fourrages pauvres : cas de la paille de riz traitée à l'urée. Bamako, Mali, Inrzhf, 8 p. (Com. tech. Prod. Anim.)
- KASSAMBARA I., THERA T., LY R., BARTHOLEMEW P., 1988. Amélioration de la valeur alimentaire des fourrages pauvres : cas de la paille de riz traitée à l'urée ou complétée par l'alimentation bétail huicoma. Bamako, Mali, Inrzhf, 12 p. (Com. tech. Prod. Anim.)
- SAENGER P.F., LAMENAGER R.P., HENDRIX K.S., 1982. Anhydrous ammonia treatment of corn stover and its effects on digestibility, intake and performance of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, **54**: 419-428.

Summary

Nantoumé H., Kouriba A., Ouologuem B. Effects of Length of Keeping and Drying on the Nitrogen Content of Low Quality and Urea-Treated Forages

The effects of length of keeping and drying on the nitrogen content of low quality forages were studied. The forages (scrubland straws; sorghum, maize and millet stubbles) were treated with 4.5% urea and kept for 90 days in laboratory jars acting as silos. The nitrogen content of treated forages remained significantly higher ($P < 0.05$) than that of non-treated forages, regardless of the keeping length. Drying decreased the nitrogen content ($P < 0.05$) of treated forages. This content remained similar ($P > 0.05$) from day 15 (end of treatment) to day 90 (end of experiment). The study showed that it was better to use treated forages before drying to reduce nitrogen loss during drying.

Key words: Forage - Nitrogen content - Urea - Keeping quality - Drying - Mali.

CONCLUSION

Le traitement des fourrages pauvres avec 4,5 p. 100 d'urée a amélioré la teneur en azote de 114 à 178 p. 100. Le séchage a réduit la teneur en azote ($P < 0,05$) des fourrages traités de 27 à 43 p. 100. La teneur en azote a été plus élevée ($P < 0,05$) à un jour de conservation. A partir du 15^e jour et jusqu'au 90^e jour, les variations de la teneur en azote des fourrages traités ont été insignifiantes ($P > 0,05$).

Dans les conditions climatiques de l'étude, quinze jours ont suffi pour le traitement des fourrages pauvres et la teneur en azote des fourrages traités est restée élevée pour une durée de conservation de 15 à 90 jours. Le séchage a diminué la teneur en azote des fourrages pauvres traités, d'où une préférence d'utilisation des fourrages à l'état humide pour minimiser les pertes d'azote.

- SIVAKUMAR M.V.K., KONATE M., VIRMANI S.M., 1984. Agroclimatology of West Africa: Mali. Patancheru, India, ICRISAT, 294 p. (Information Bulletin No. 19)
- TRAORE S.M., KASSAMBARA I., 1989. L'amélioration de la valeur alimentaire des fourrages pauvres : la paille traitée à l'urée et séchée ou la paille traitée complétée par le bloc melur. Bamako, Mali, Inrzhf, 13 p. (Com. tech. Prod. Anim.)
- WAGEPETERSEN J., VESTERGAARD T.K., 1977. Effect on digestibility and nitrogen content of barley straw of different ammonia treatments. *Anim. Feed Sci. Tech.*, **2**: 131-142.

Accepté le 01.08.2001

Resumen

Nantoumé H., Kouriba A., Ouologuem B. Efectos de la duración de la conservación y del secado sobre el contenido de nitrógeno en pastos pobre tratados con urea

En el marco de un experimento de 90 días, concebido para el estudio de los efectos de la duración de la conservación y del secado sobre el contenido de nitrógeno en forrajes pobres (paja de tamojal, rastrojo de sorgo, rastrojo de maíz y rastrojo de trigo) tratados a 4,5% con urea, se utilizaron bodegas como silos de laboratorio. El contenido de nitrógeno en los forrajes tratados permaneció significativamente más elevado ($p < 0,05$) que el de los no tratados, cualquiera que fuese la duración de la conservación. El secado disminuyó el contenido de nitrógeno ($p < 0,05$) de los forrajes tratados. Una vez que el tratamiento fue efectivo (15 días), el contenido de nitrógeno de los forrajes tratados no varió ($p > 0,05$) durante el estudio. El estudio demuestra que es más ventajoso ofrecer forrajes tratados no secos, con el fin de minimizar las pérdidas de nitrógeno durante el secado.

Palabras clave: Forraje - Contenido de nitrógeno - Urea - Aptitud para la conservación - Secado - Calidad - Malí.

Production de lait de vache dans le delta du fleuve Sénégal : une réelle activité de diversification en systèmes irrigués ?

Ch. Corniaux ^{1*} J. Le Mercier ² A.T. Dia ³

Mots-clés

Lait de vache - Diversification - Rentabilité - Rizière - Culture irriguée - Sénégal - Mauritanie.

Résumé

En dépit d'un contexte profondément modifié par la mise en place à grande échelle des cultures irriguées, la production laitière s'est développée sur la rive droite (Mauritanie) et s'est maintenue sur la rive gauche (Sénégal) du delta du fleuve Sénégal. Des travaux menés de juillet 1997 à juin 1999 ont permis de mieux évaluer le degré d'interaction entre l'élevage et l'agriculture. Des résultats sont présentés sur l'utilisation des ressources fourragères et sur certains paramètres technico-économiques. La production laitière est apparue comme une véritable activité rentable de diversification à l'échelle de l'exploitation pour les agropasteurs, relativement nombreux sur la rive gauche. Sur la rive droite, elle a semblé davantage correspondre à une spécialisation. L'avenir de cette activité semble prometteur dans cette zone vouée à devenir un bassin de production laitière pour l'approvisionnement des capitales, Nouakchott et Dakar. Le rôle central du maillon de la collecte a été souligné.

■ INTRODUCTION

Le delta du fleuve Sénégal était autrefois une région dévolue quasi exclusivement à l'élevage extensif (2). Ce dernier, pratiqué par les Peuls et les Maures, exploitait en saison sèche les abondants parcours de décrue libérés par le retrait des eaux du Sénégal. En saison des pluies, étaient utilisés les pâturages dunaires du *diéri* pourvus à cette période d'un tapis graminéen de qualité.

Depuis une trentaine d'années, ce contexte a été complètement bouleversé. L'aménagement du delta en vue de la culture irriguée a abouti à une diminution sensible des pâturages de décrue, réduits, d'une part, par l'endiguement important du fleuve et, d'autre part, par la conversion à l'agriculture des surfaces disponibles (casiers rizicoles et maraîchage) (9). En outre, les couloirs traditionnels de transhumance et l'accès aux points d'abreuvement ont été notablement modifiés, voire supprimés dans le *waalo*. Par ailleurs, la sécheresse chronique qui touche la région depuis les années 70 a sensiblement réduit la valeur fourragère des parcours d'hivernage sur le *diéri* (3).

Ces mutations du contexte agroclimatique ont contraint les systèmes d'élevage extensifs à modifier leurs cycles de transhumance, notamment par une utilisation accrue des sous-produits agricoles, et à évoluer vers des modèles plus sédentaires et intensifs (14, 15). Dans ce contexte favorable à l'essor de l'agriculture, l'élevage s'est maintenu dans le delta du fleuve Sénégal au sein des systèmes irrigués, contrairement à certaines prédictions pessimistes (7). La production laitière s'est même particulièrement développée sur la rive droite depuis le début des années 90, notamment sous l'impulsion de la Laitière de Mauritanie (LM), structure privée de collecte et de transformation du lait frais (1, 6). Sur la rive gauche, la filière est restée informelle et basée sur la vente de lait caillé (5).

Peut-on considérer pour autant que la production de lait de vache correspond réellement à une activité de diversification par rapport à la riziculture dans le delta du fleuve Sénégal ? En d'autres termes, comment la production laitière s'intègre-t-elle aux systèmes de production en irrigué et y a-t-elle sa place à l'avenir ? Ces questions restent fondamentales à un moment où les autorités régionales et nationales reconsidèrent leur position face à l'activité de l'élevage, parent pauvre au regard des investissements considérables dans la culture irriguée depuis trente ans, et à la nécessité de trouver des solutions alternatives à la monoculture du riz.

C'est à ces questions que sont apportés des éléments de réponse, sur la base des travaux de l'équipe Elevage du Pôle systèmes irrigués (Psi) menés de juillet 1997 à juin 1999 sur les rives droite et gauche du delta du fleuve Sénégal.

1. Psi-Sénégal/Cirad-emvt, BP 240, Saint-Louis, Sénégal

2. Psi-Sénégal, BP 240, Saint-Louis, Sénégal

3. Cnerv, BP 167, Nouakchott, Mauritanie

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +221 961 17 51 ; fax : +221 961 34 62 ; e-mail : christian.corniaux@cirad.fr

■ MATERIEL ET METHODES

Zone de l'étude

Les rives droite et gauche du delta du fleuve Sénégal ont constitué la zone de l'étude (figure 1). Le delta comprend deux grands ensembles, le *waalo* correspondant aux zones inondables près du fleuve, propices au développement de la riziculture, et le *diéri* correspondant aux zones dunaires non inondables, favorable aux parcours d'hivernage.

Echantillonnage et enquêtes de terrain

Au Sénégal, un travail initial a été réalisé fin 1997 sur un échantillon de 150 exploitations afin de caractériser les principaux systèmes d'élevage dans le delta à partir de critères structurels (cheptel, surfaces irriguées cultivées en riz ou en maraîchage) (5). Trente d'entre elles, représentatives de leur diversité (trois par type identifié) et réparties sur l'ensemble du delta (figure 1), ont alors été extraites de cette base. Elles ont été enquêtées mensuellement à partir de juin 1998 par le biais de paramètres technico-économiques comme la démographie, la localisation des troupeaux, le type de pâturage utilisé, la production de lait, les chiffres d'affaires du lait et les dépenses en sous-produits agricoles.

En Mauritanie, un premier travail d'analyse des structures d'exploitation a été effectué en décembre 1998 auprès d'un échantillon de 50 producteurs laitiers, fournisseurs à l'usine de collecte de Rosso (figure 1). Afin d'avoir une vision dynamique de la production et de la commercialisation du lait de vache, l'étude précédente a été prolongée par un suivi individuel de ces éleveurs au cours de la saison sèche (janvier à juin 1999). L'objectif a été notamment de préciser la stratégie des éleveurs, durant une période critique pour l'alimentation des animaux, en matière d'orientation de leur production et de vente éventuelle de leur lait (6). Trois passages ont ainsi été réalisés aux mois de février, d'avril et de juin 1999. Le questionnaire a été basé sur le nombre de vaches traites, leur localisation, les quantités de lait produites, la destination du lait et la complémentation alimentaire (quantité, prix).

Traitement des données

Deux typologies, l'une sur la rive droite, la seconde sur la rive gauche, ont été établies par l'analyse en composantes principales. Les variables actives étaient des variables structurelles (nombre de bovins, surfaces exploitées en riz et en maraîchage), techniques (production de lait et de viande) et économiques (chiffres d'affaires pour le lait, dépenses en sous-produits agricoles).

L'étude du système d'alimentation a été focalisée sur les parcours des vaches laitières (type, localisation, période) et l'usage éventuel de sous-produits agricoles dans leur alimentation (type, période, quantité) de juin 1998 à juin 1999.

Afin de pouvoir comparer les situations économiques des producteurs laitiers des deux rives, les auteurs se sont basés sur les critères communs à leur disposition, le chiffre d'affaires pour le lait et les dépenses en sous-produits agricoles effectués au cours de la saison sèche 1999 (décembre 1998 à juin 1999). Le chiffre d'affaires pour le lait n'a pas pris en compte l'autoconsommation, ni le don, ni la part bue par les veaux. En revanche, le lait vendu sur les circuits informels de la rive droite a été ajouté à celui vendu sur le circuit de collecte de la LM.

■ RESULTATS

Typologie

Sur la rive gauche, de nombreux producteurs laitiers pratiquaient la riziculture et pouvaient être qualifiés d'agro-éleveurs (tableau I). Il s'agissait d'ailleurs essentiellement d'éleveurs Peuls qui s'étaient mis, à des degrés divers, à la riziculture (9, 15). Certains éleveurs originaires du *diéri* (S1) avaient peu accès aux casiers rizicoles. La production laitière ou la production de viande étaient alors leur principale source de revenus (5). Au contraire, chez les agriculteurs Wolofs (S2), la diversification par la production laitière est restée embryonnaire, le nombre et le pourcentage de vaches traites dans le troupeau ayant été très faibles. Elle a semblé plutôt se faire par le maraîchage mais aussi par la production de viande (embouche ovine).

Tableau I

Principales caractéristiques des producteurs de lait dans le delta (juillet 1998 à juin 1999)

	Nb. d'éleveurs	Vaches traites dans le troupeau (%)	Nb. de vaches en production	Surface irriguée exploitée (ha)	Surface en maraîchage (ha)
			Moyenne (ET*)	Moyenne (ET)	Moyenne (ET)
Groupes sur la rive gauche (Sénégal)					
S1 : éleveurs Peuls du <i>diéri</i>	7	13,3	9,2 (4,8)	0,1 (0,4)	0 (0)
S2 : agriculteurs-éleveurs Wolofs	5	8,1	2,7 (1,0)	2,0 (3,0)	2,3 (3,0)
S3 : agro-éleveurs Peuls de Ross-Béthio	7	20,9	11,8 (4,4)	2,4 (0,9)	0 (0)
S4 : riziculteurs-éleveurs Peuls du <i>waalo</i>	5	15,4	18,8 (4,2)	7,8 (3,4)	0 (0)
S5 : autres **	6	—	—	4,2 (6,0)	0,6 (1,2)
Groupes sur la rive droite (Mauritanie)					
M1 : éleveurs intensifiés du <i>waalo</i>	19	19,5	12,9 (10,5)	0,6 (1,7)	0 (0)
M2 : gros éleveurs Maures des dunes	4	15,0	29,0 (15,4)	0 (0)	0 (0)
M3 : éleveurs Peuls	20	14,2	24,7 (17,1)	0,2 (0,3)	0,1 (0,3)
M4 : riziculteurs-éleveurs Maures du <i>waalo</i>	5	33,8	19,6 (4,2)	22,0 (4,5)	4,5 (8,7)
M5 : très gros éleveurs Maures des dunes	2	15,7	210,0 (14,1)	0 (0)	0 (0)

* Ecart-type

** Eleveurs ne produisant (4 Wolofs) ou ne vendant pas de lait (2 Maures)

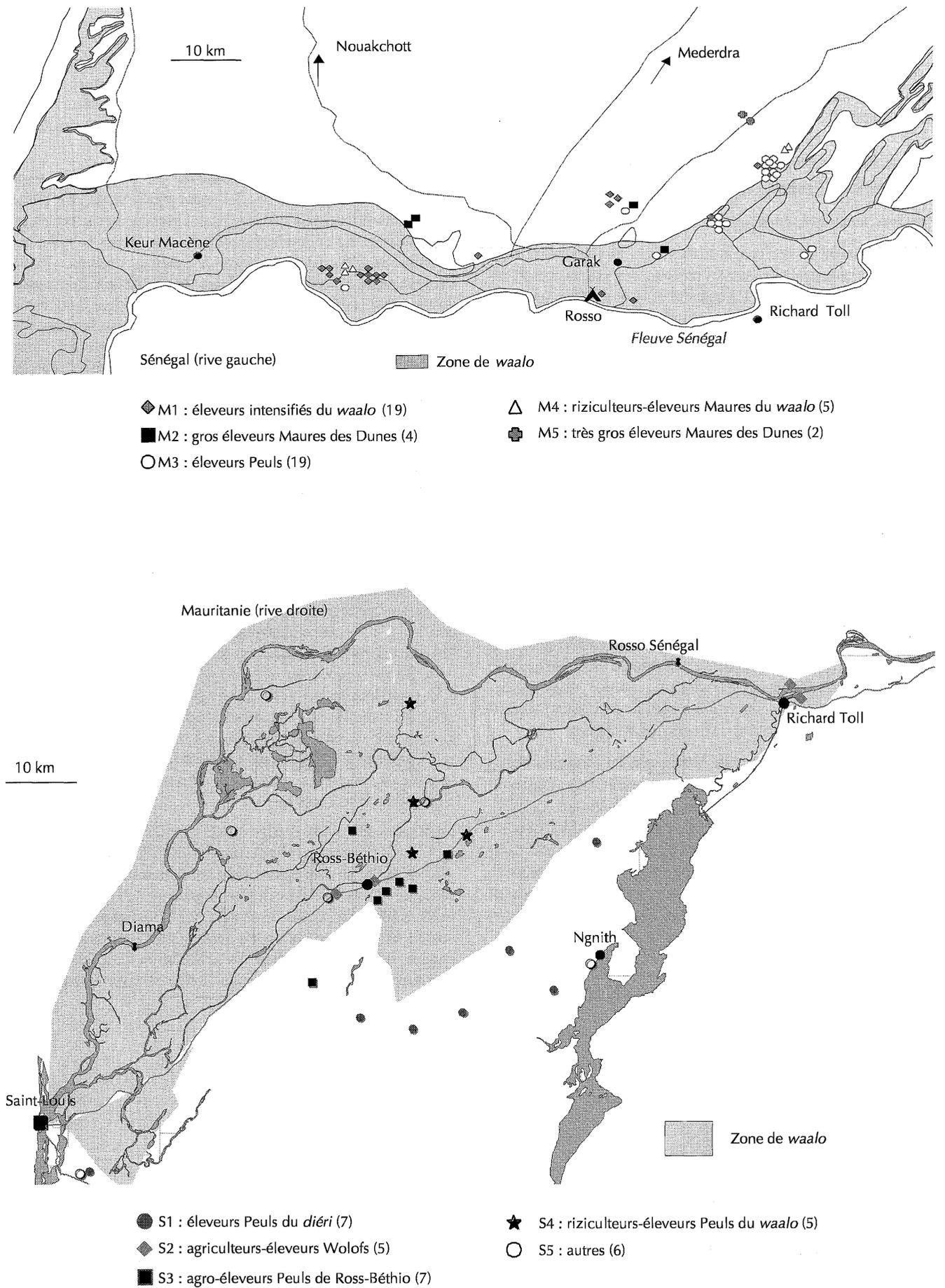


Figure 1 : groupes de producteurs laitiers sur les rives droite et gauche du fleuve Sénégal.

En Mauritanie, la production laitière correspondait plus souvent à une spécialisation. Cela a été le cas de la plupart des éleveurs fournisseurs de lait à la LM, base de l'échantillon de cette étude sur la rive droite (tableau I), à l'exception notable des agro-éleveurs Maures du *waalo* (M4). Comme au Sénégal, le maraîchage était peu pratiqué par ces acteurs.

Diagnostic du système d'alimentation : utilisation de l'espace et des ressources fourragères

Parcours naturels et postculturaux

Indépendamment de la rive considérée, tous les éleveurs du delta ont envoyé leurs animaux vers les parcours dunaires en saison des pluies et en posthivernage. La quantité et la qualité des fourrages fournis par ces pâturages naturels ont permis la production de lait. Mais à partir du mois de janvier, cette ressource s'est épuisée. Les stratégies des éleveurs ont différé à partir de ce moment-là.

Sur la rive droite, les auteurs ont disposé de peu de mesures permettant de préciser l'utilisation des ressources fourragères du delta par les bovins en saison sèche. Les vaches laitières en production sont cependant restées en majorité à proximité des campements et ont été complémentées à l'auge. Les parcours postculturaux ont par ailleurs été de plus en plus souvent loués par les agriculteurs aux éleveurs. Les gros troupeaux sont partis généralement en transhumance, en dehors du delta.

En revanche, sur la rive gauche, peu d'éleveurs sont partis en transhumance en dehors du delta, même après une année particulièrement sèche (6). Les éleveurs ont trouvé dans le *waalo* les ressources alimentaires nécessaires au moins à la survie de leurs troupeaux. A l'exception des parcours de décrue du parc du Djoudj et de l'ouest du lac de Guiers, ces ressources ont été issues directement (parcours postculturaux et pré-irrigation des casiers) ou indirectement (abords des canaux) de l'agriculture irriguée.

Cependant, tous les éleveurs de la rive gauche n'ont pas eu les mêmes possibilités d'accès aux parcours postculturaux. Cet accès, généralement gratuit, a été facilité pour les agro-éleveurs (S3, S4). Ils ont laissé pâturer leurs animaux de janvier à juillet dans les casiers ou leurs alentours après la récolte de riz ou en pré-irrigation. En revanche, cet accès a été très limité pour les éleveurs du *diéri* (S1) qui se sont tournés davantage vers les parcours de décrue afin d'éviter des conflits éventuels avec les agriculteurs (5, 14). Sur la rive gauche, la complémentarité des ressources fourragères du *diéri* et du *waalo* a ainsi paru indéniable, dans le temps comme dans l'espace.

Sous-produits agricoles

L'utilisation de sous-produits agricoles et agro-industriels était par ailleurs une pratique courante dans le delta du fleuve Sénégal. Ces sous-produits ont été variés : paille de riz, sons industriel et artisanal de riz, tourteaux d'arachide, mélasse de canne à sucre, fanes et pailles diverses, drêches de tomates (15). A l'exception du tourteau d'arachide, ils sont tous provenus de la zone.

Pour la production laitière, la stratégie des éleveurs du delta a toutefois été différente d'une rive à l'autre. Ainsi, sur la rive droite, les éleveurs (fournisseurs de la LM) ont pratiqué une complémentarité alimentaire de production durant toute la saison sèche afin de pallier la faible valeur nutritive des pâturages naturels. Ils ont ainsi maintenu la productivité de leurs vaches laitières à des degrés divers, selon les groupes considérés, et ont même pu l'augmenter en fin de saison lorsque la demande s'est accrue sur le marché de Nouakchott (6). Ils se sont appuyés, bien entendu, sur une filière structurée qui leur a permis d'assurer leur débouché commercial. En revanche, dans le cadre d'une filière informelle, cette pratique a été rare sur la rive gauche. Elle s'est éventuellement rencontrée chez quelques agro-éleveurs ou chez les agriculteurs Wolofs (vaches en stabulation). Pour la grande majorité, il s'agissait d'une complémentarité alimentaire de sauvegarde pratiquée en fin de saison sèche (figure 2).

Chiffre d'affaires du lait

Le chiffre d'affaires n'a tenu compte que du lait vendu (frais ou caillé). Le lait autoconsommé, part élevée de la production au Sénégal (supérieure à 40 p. 100 en moyenne selon Corniaux et coll. ; 5) n'a pas été comptabilisé ici. La part autoconsommée chez les éleveurs mauritaniens est en revanche très faible, inférieure à 10 p. 100 de la production (6) ; la quantité de lait produite a été en effet sensiblement supérieure à celle de la rive gauche alors que la taille des familles a été comparable. Le circuit de collecte rodé et le débouché de vente solvable de la LM ont aussi incité les éleveurs à vendre le lait plutôt qu'à le boire. Le contrôle progressif de la vente du lait par les hommes, au détriment des femmes, risque d'amplifier ce phénomène.

En Mauritanie, le prix d'achat à l'éleveur du litre de lait de vache est fixé à 110 ouguiyas (UM), soit environ 275 Fcfa toute l'année (prix de la LM au cours de cette étude). En revanche, le prix du lait vendu en dehors de ce circuit s'est négocié de 125 Fcfa/l en saison froide à 500 Fcfa/l en saison chaude. Sur la rive gauche, le prix du litre de lait caillé ou cru a varié relativement peu tout au long de l'année, de 200 à 350 Fcfa/l. La substitution s'est faite en effet progressivement entre le lait caillé fabriqué à partir du lait frais et

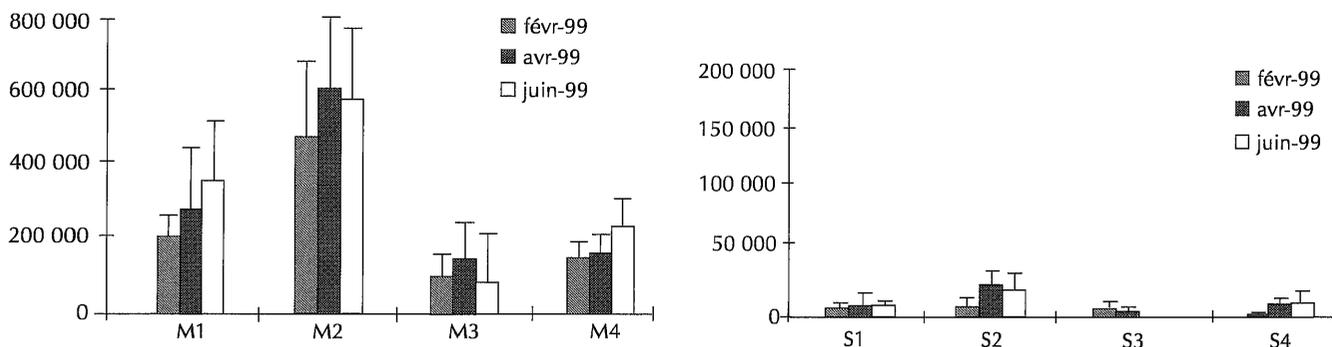


Figure 2 : dépenses mensuelles (Fcfa) en sous-produits agricoles et agro-industriels des producteurs laitiers, pendant la saison sèche de 1999, dans le delta du fleuve Sénégal, sur la rive droite en Mauritanie (M), sur la rive gauche au Sénégal (S). M5 = 2,4, 2,8, 2,7 millions de Fcfa respectivement pour février, avril et juin 1999.

celui fabriqué à partir du lait en poudre importé (soit environ 250 Fcfa le litre reconstitué).

Le chiffre d'affaires pour le lait a permis d'apprécier le flux réel lié à l'activité commerciale de ce produit. La figure 3 montre qu'il a été éminemment variable entre les deux rives, en partie du fait de l'activité commerciale régulière des éleveurs mauritaniens avec la structure privée de collecte. Au Sénégal, à partir du mois de décembre et consécutivement à l'appauvrissement des parcours d'hivernage, les meilleurs chiffres d'affaires mensuels, voire annuels (tableau II), n'ont même pas atteint les chiffres planchers mauritaniens et sont restés en moyenne par groupe inférieurs à 100 000 Fcfa par mois. De plus, ce chiffre d'affaires a diminué rapidement à partir du début de la saison sèche et est devenu très faible dès le mois d'avril. Les agropasteurs des groupes S3 et S4, qui ont dépassé les 100 000 Fcfa mensuels en octobre et en novembre, sont parvenus à maintenir un chiffre d'affaires minimum en début de saison sèche (utilisation des ressources fourragères des parcours postculturels ou maintien d'un effectif en production important).

Dépenses en sous-produits agricoles

Dans le delta, l'essentiel des sous-produits, qui représentait la principale charge consentie par les éleveurs, a été acheté en saison sèche. Sur la rive droite, ces dépenses ont exclusivement été destinées aux vaches laitières en production. Sur la rive gauche, elles ont généralement été réalisées pour la sauvegarde du bétail en fin de saison sèche. Seules quelques vaches laitières généralement élevées en case et des animaux à l'embouche ont reçu une complémentation de production. Dans ce cadre, les dépenses en sous-produits agricoles effectuées par les éleveurs sénégalais ont paru très faibles comparativement à celles des éleveurs mauritaniens (figure 2). Il existait cependant des différences sensibles entre les groupes.

Ces différences ont souvent reflété le nombre d'animaux complémenés, les plus grosses dépenses ayant été consenties pour les plus gros troupeaux. Mais certains éleveurs ont également choisi de réduire sensiblement la complémentation en saison sèche. Il s'agissait notamment des Peuls (M3) qui ne souhaitaient pas risquer leur revenu devant le coût onéreux des sous-produits agricoles. D'autres en Mauritanie ont accepté des dépenses importantes sensiblement égales, voire supérieures, à leur chiffre d'affaires à cette période de l'année, pour préserver l'état corporel de leurs vaches (investissement sur une prochaine lactation rémunératrice en hivernage).

■ DISCUSSION

Diversification : à quelle échelle ?

De la parcelle à l'exploitation

La notion de diversification est souvent interprétée dans le delta du fleuve Sénégal comme étant l'introduction d'une alternative agricole rentable à la monoculture du riz. Elle est ainsi généralement considérée par les agriculteurs et les agronomes à l'échelle de la parcelle : la culture du riz est remplacée par une autre culture plus rentable ou moins dégradante pour l'environnement. Pourtant, dans le delta du fleuve Sénégal, contrairement à d'autres zones irriguées de l'Afrique de l'Ouest ou de la vallée, l'introduction de cultures maraîchères (tomates, oignons, gombo...) ou de rente (arachide, sorgho, maïs...) se fait rarement en rotation avec du riz dans les casiers (8, 13). Aussi, la diversification concerne les activités agricoles qui doivent être considérées à l'échelle de l'exploitation.

C'est à ce niveau qu'il faut considérer la place de la production laitière, ou plus globalement de l'activité élevage, dans les systèmes

Tableau II

Chiffre d'affaires annuel (juillet 1998 à juin 1999) pour le lait des éleveurs sénégalais

	Nb. d'éleveurs	Chiffre d'affaires (KFcfa)	
		Annuel	Minimum
S1 : éleveurs Peuls du <i>diéri</i>	8	228	97
S2 : agriculteurs-éleveurs Wolofs	5	107	76
S3 : agro-éleveurs Peuls de Ross-Béthio	6	560	224
S4 : riziculteurs-éleveurs Peuls du <i>waalo</i>	5	627	369

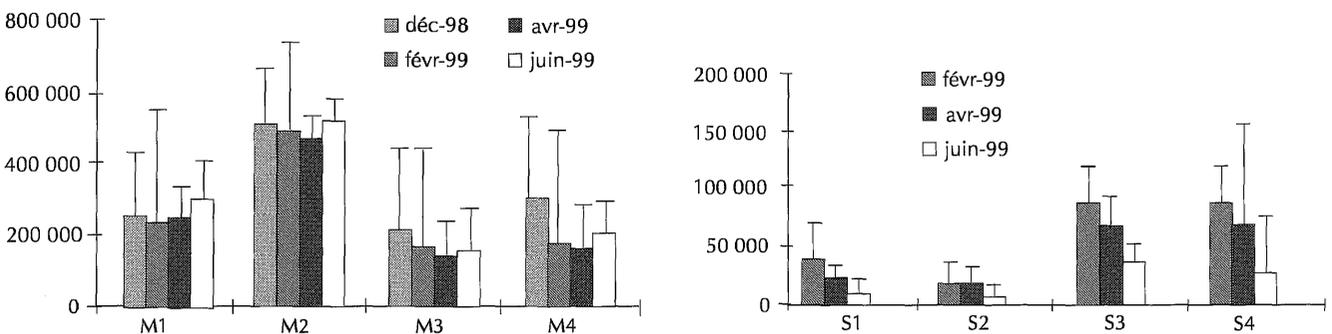


Figure 3 : chiffre d'affaires mensuel (Fcfa) pour le lait des producteurs laitiers, pendant la saison sèche de 1999, dans le delta du fleuve Sénégal, sur la rive droite en Mauritanie (M), sur la rive gauche au Sénégal (S). M5 = 5,7, 3,6, 3,7, 3,8 millions de Fcfa respectivement pour les mois de décembre 1998, février, avril et juin 1999.

Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 2001, 54 (1) : 47-54

irrigués du delta du fleuve Sénégal. En effet, à l'échelle de la parcelle, la traction animale et les cultures fourragères se sont très peu développées à ce jour. L'essor des cultures fourragères devrait toutefois être rapide sur la rive droite dans les années à venir, notamment chez les riziculteurs-éleveurs Maures du *waalo* (M4). En revanche, comme cela a été noté ci-dessus, à l'échelle de l'exploitation, de nombreux producteurs laitiers pratiquent également la riziculture. C'est en particulier le cas au Sénégal où plusieurs groupes d'agro-éleveurs peuvent être distingués. Sur la rive gauche, il y a donc une réelle diversification des activités agricoles par la production laitière à l'échelle de l'exploitation.

A l'échelle du terroir

La sédentarisation des éleveurs, liée principalement à la riziculture sur la rive gauche et à la production laitière sur la rive droite, les oblige à trouver sur place les ressources fourragères nécessaires à l'alimentation de leurs troupeaux. Ceci est possible grâce au potentiel issu des cultures irriguées. A l'échelle du delta, il faut par conséquent noter une véritable complémentarité des activités élevage et agriculture, à l'image du partage dans le temps des ressources du *diéri* et du *waalo*. C'est parce qu'il a su s'adapter aux systèmes irrigués, à défaut de s'intégrer totalement, que l'élevage, plus particulièrement la production laitière, constitue une activité de diversification à cette échelle.

Rentabilité de la production laitière comparée aux autres productions de diversification

La production laitière doit être rentable pour se pérenniser et justifier l'engagement d'investissements lourds à destination de l'activité élevage au sein des systèmes irrigués. Des différences existent toutefois entre les deux rives.

Ainsi, en Mauritanie, dans le cadre d'une filière organisée, il s'agit d'une nécessité fondamentalement économique. Les producteurs laitiers cherchent à tirer un revenu optimal de leur activité, quitte à investir dans une alimentation coûteuse en saison sèche. Au Sénégal, les producteurs s'inscrivent plutôt dans un schéma de diversification de leurs activités. Il s'agit avant tout de sécuriser leur système de production dans un environnement aléatoire. Ils évoluent ainsi vers un système agropastoral plus rassurant, face notamment aux aléas climatiques. Pour eux, il s'agit de diversifier leur revenu tout en minimisant les risques financiers, c'est-à-dire en limitant les charges (achat d'aliments).

A la lumière de leur chiffre d'affaires et dans l'hypothèse que les coûts de production restent modérés (6), ce qui reste à mesurer, il semble que les producteurs mauritaniens trouvent dans leur activité basée sur le lait une ressource importante qui justifie leur relative spécialisation. Les Peuls de Mauritanie (M3) semblent avoir des revenus similaires à ceux d'autres éleveurs, de l'ordre de 1,5 million Fcfa par an, tout en limitant leurs risques d'endettement. En effet, bien que les performances laitières de leurs vaches soient faibles en saison sèche, ces éleveurs font, d'une part, l'économie des dépenses en sous-produits agricoles et, d'autre part, vendent à meilleur prix sur le marché direct en fin de saison sèche (6).

Au Sénégal, le revenu semble être beaucoup plus modeste que sur la rive droite, même si la faiblesse du chiffre d'affaires est compensée par le bas niveau des charges (5). L'activité du lait seule ne semble pas permettre aux éleveurs de faire vivre leur famille. Ils trouvent généralement leur première source de revenu dans la vente de bétail ou, pour certains agro-éleveurs, dans la riziculture (15). Les agro-éleveurs (S3, S4) peuvent toutefois espérer un revenu annuel de 500 000 à 1 million de Fcfa (5). Sachant que ce revenu ne comptabilise ni la part autoconsommée par la famille ni la part bue par le veau, cette ressource apparaît donc comme

importante, rapportée au niveau de vie au Sénégal. A titre de comparaison, les exploitations agricoles du delta, sur la rive gauche, génèrent un revenu annuel moyen de 900 000 Fcfa (13). Par ailleurs, un hectare de riz permet de dégager en moyenne un revenu de 100 000 Fcfa à 250 000 Fcfa (autoconsommation comprise) alors que la surface irriguée moyenne exploitée par un est inférieure à quatre hectares dans le delta pour 75 p. 100 des exploitants (13). Le revenu laitier serait donc tout à fait comparable au revenu de la riziculture dans les exploitations enquêtées.

Par ailleurs, le lait participe notablement à l'apport protéique dans l'alimentation des familles des producteurs laitiers, si l'on considère la part importante prélevée pour l'autoconsommation. Lorsqu'il est vendu, il permet d'obtenir un revenu régulier et quotidien facilement mobilisable pour les dépenses domestiques, ce qui est exclu pour le riz et les principales cultures de diversification (tomate, oignon). Enfin, les risques d'endettement ou les difficultés d'accès et de remboursement du crédit, problèmes récurrents en agriculture irriguée, sont minimisés par la faiblesse des charges, à l'exception des dépenses en sous-produits agricoles consenties en saison sèche chez les producteurs mauritaniens. Dans ce cas, leur débouché et leur rémunération sont toutefois assurés via les usines de collecte de lait.

Quel avenir pour la production laitière dans le delta ? Rôle des structures de collecte

Rappel historique sur la collecte de lait dans le delta

Dans un contexte national de déficit chronique en produits laitiers, plusieurs essais de collecte de lait frais ont déjà été menés dans le delta du fleuve Sénégal. Ainsi, sur la rive gauche, une laiterie de l'Union des coopératives laitières (Ucolait) a été installée à Saint-Louis au début des années 70. Mais l'expérience n'a duré que quelques années par manque de rigueur dans la collecte (régularité, qualité hygiénique et sanitaire du lait) malgré une volonté affichée des éleveurs de fournir du lait à l'usine (4). Soumise à la concurrence simultanée de produits importés et du commerce informel local, elle n'a pas pu se pérenniser, à l'image des tentatives d'industrialisation laitière menées au Mali et au Niger à cette époque (11).

Sur la rive droite, avec la mise en place de l'usine de collecte de la LM en 1989, les éleveurs issus de toutes les couches sociales se sont orientés vers la commercialisation du lait autour de laquelle s'est organisée la gestion du troupeau. Aujourd'hui, quelques 300 fournisseurs livrent quotidiennement entre 8 000 et 11 000 litres de lait à l'usine de collecte de la LM, dont les trois quarts en lait de vache (1).

En outre, la dévaluation du franc de la Communauté financière africaine en 1994 a rendu au moins provisoirement la production locale plus compétitive face aux importations de lait en poudre. De plus, le delta offre des atouts indéniables pour son développement : sa tradition pastorale et ses potentialités fourragères. Ainsi, une seconde usine de collecte, Toplait, s'est installée à Rosso-Mauritanie en janvier 1999. Initialement implantée à l'est du pays, cette usine a en effet été confrontée à des problèmes d'approvisionnement en lait frais en saison sèche. Or, contrairement à d'autres régions limitrophes, le delta offre la possibilité de produire toute l'année grâce aux ressources issues de l'agriculture irriguée.

L'avenir de la production laitière dans le delta du fleuve Sénégal apparaît donc relativement prometteur, dans un contexte où les politiques de développement des Etats souhaitent transformer cette zone en un vaste bassin laitier. Pourtant des interrogations subsistent de part et d'autre du fleuve.

Perspectives prometteuses sur la rive gauche

Dans la partie sénégalaise du delta, il apparaît que la filière du lait reste informelle en l'absence de structures de collecte bien organisées alors même que le potentiel des ressources alimentaires pour les vaches laitières de la rive gauche est sensiblement supérieur à celui de la rive droite (6). Si le potentiel génétique y est plus faible, les programmes ambitieux d'insémination artificielle engagés depuis quatre années dans la région de Saint-Louis devraient permettre de combler ce retard.

Aussi, il reste une grande marge de progression pour le développement de la production laitière. Ce développement pourrait avant tout s'appuyer sur les agropasteurs Peuls (S3 et S4). Ces éleveurs présentent en effet de nombreux atouts : ils vendent déjà régulièrement du lait, ils se sont sédentarisés autour de leurs champs de riz, ils sont généralement proches de l'axe routier Saint-Louis - Richard Toll et ils ont facilement accès à des ressources alimentaires en saison sèche (parcours postculturels, son de riz).

C'est d'ailleurs sur ce potentiel que souhaite s'appuyer le projet Delta Lait en installant une usine de collecte à Ross-Béthio (4). Pourtant, dans ce schéma de développement, à l'instar des pasteurs mauritaniens, les éleveurs du *diéri* sont probablement à prendre en compte. Leur potentiel de production est en effet conséquent, à l'image de la taille de leurs troupeaux. Une attention particulière mérite de leur être accordée ainsi que des mesures spécifiques en termes de postes de collecte du lait et de stockage des sous-produits agricoles.

Plusieurs questions restent cependant en suspens. La première concerne la capacité des éleveurs de la rive gauche à produire et à s'organiser dans le sillage de la mise en place de structures de collecte, industrielles ou artisanales. Les expériences privées menées à Rosso en Mauritanie (1) et à Niono au Mali (15) dans des conditions similaires (systèmes irrigués, élevage originellement extensif) incitent à l'optimisme, mais il faut tenir compte des différences de mentalité. Il serait surprenant de voir délaissé un système agropastoral stabilisé et rassurant au profit d'une production spécialisée. Par ailleurs, les femmes sont traditionnellement chargées de la commercialisation du lait. Contrairement à l'expérience mauritanienne, il semble souhaitable pour l'équilibre social au sein des familles qu'elles gardent un rôle central dans la collecte et la rémunération du lait (4). Mais les Peuls, et les femmes en particulier, ont déjà montré qu'ils pouvaient rapidement s'adapter à des bouleversements conséquents dans le delta du fleuve (15).

Poursuite d'un développement rapide sur la rive droite

Malgré un potentiel fourrager inférieur à celui de la rive gauche, la filière laitière est plus développée sur la rive droite. Un meilleur potentiel génétique du troupeau, une tradition de commerçants et de consommateurs de lait cru chez les Maures expliquent partiellement cette différence. Il semble toutefois que c'est l'implantation de l'usine de collecte de la LM qui a créé l'engouement que l'on connaît, avec l'ouverture aujourd'hui de deux usines supplémentaires, l'une à Rosso, l'autre en projet à Bogué.

Le marché visé est celui du lait frais à Nouakchott, à l'image de celui de Dakar pour le projet proposé sur la rive gauche. La collecte est faite dans le delta, dans un rayon de 50 km autour de l'usine, et le lait frais réfrigéré est envoyé par camion-citerne à la capitale où il est conditionné et transformé. Aussi, contrairement à ce qui est traditionnellement décrit pour les marchés ouest-africains (10, 16), il ne s'agit pas ici d'une production périurbaine, mais plutôt d'un bassin de production situé à 200-250 km du centre de consommation pour un produit hautement périssable en milieu tropical. Il est essentiel de contrôler régulièrement la collecte, le transport et la qualité hygiénique et sanitaire du lait pour

pérenniser ce système ; la confiance semble devenir le maître mot entre les différents acteurs. C'est le pari réussi par la filière du lait dans le delta du fleuve Sénégal, sur la rive droite.

Par ailleurs, la dépréciation de l'ouguiya en Mauritanie ces deux dernières années face au franc de la Communauté financière africaine (monnaie sénégalaise) de l'ordre de 20 p. 100 a sensiblement augmenté le coût de revient du litre de lait en Mauritanie, dans la mesure où la production dépend beaucoup des sous-produits importés du Sénégal. Il faut donc chercher des solutions pour réduire les coûts de l'éleveur afin de lui permettre de dégager un meilleur revenu de son activité de production laitière et limiter les risques d'un investissement non rentable. Trois principaux axes peuvent y contribuer techniquement : le développement des cultures fourragères (à privilégier chez les agro-éleveurs du *waalo*), un rationnement raisonné (quantité et qualité, rations individualisées) des vaches laitières et le suivi sanitaire des animaux notamment dans la zone de Keur Macène (ouest de Rosso).

Compte tenu de son prix concurrentiel et des habitudes alimentaires mauritaniennes, le lait frais semble encore avoir de solides arguments pour résister aux marchés du lait en poudre importé et du lait caillé. Aujourd'hui, les éleveurs semblent privilégier la vente à l'usine de collecte ; le nombre croissant des fournisseurs en est la preuve. Ils y trouvent notamment une sécurité de vente. Mais, avec la mise en place d'une seconde usine de collecte début 1999 (Toplait), le paysage économique risque de se modifier. On peut tout d'abord noter que ce nouveau contexte concurrentiel a joué en faveur des éleveurs par l'augmentation du prix d'achat de leur lait, faute d'offre ou par excès de demande. C'est ainsi que la LM a augmenté son prix d'achat de 90 à 110 UM/l. A moyen terme, il est plus difficile de pronostiquer un avenir serein pour les éleveurs et pour la filière du lait dans son ensemble. Que deviendra la concurrence entre les deux usines privées sur un marché relativement petit et dans un secteur où les marges sont faibles ? Les éleveurs seront-ils capables d'augmenter rentablement leur production ? La mise en place d'une seconde usine de collecte n'encouragera-t-elle pas l'arrivée de nouveaux troupeaux sur un espace pastoral déjà réduit ? Quels types d'éleveurs faudra-t-il prioritairement privilégier ou aider ? Autant de questions sur lesquelles l'ensemble des acteurs de la filière devront rester vigilants afin d'en garder la maîtrise.

■ CONCLUSION

A l'échelle de l'exploitation ou de la région, cette étude montre qu'aujourd'hui la production laitière peut être considérée comme une réelle activité de diversification dans les systèmes irrigués du delta du fleuve Sénégal. En outre, même s'ils ne sont pas riziculteurs, les producteurs de lait ont maintenant des pratiques d'alimentation plus intensives et sédentaires que par le passé, qui dépendent des ressources issues de la culture irriguée.

Aussi, en intégrant l'agriculture et l'élevage dans le delta, la production laitière apparaît comme une véritable activité de diversification économiquement importante sur la rive droite et en passe de le devenir sur la rive gauche. Face à l'augmentation des effectifs et à la réduction de l'espace pastoral, des études ultérieures visant à un partage négocié des ressources entre utilisateurs devront être menées. Des études devront également être menées afin de préciser le revenu issu de la production laitière en fonction des différents types d'éleveurs identifiés. Ces revenus pourront alors être comparés à ceux du riz et des autres productions de diversification (cultures et viande).

La présente étude renvoie une image bien différente de celle, maintes fois exposée, d'un élevage contemplatif à proscrire absolument des casiers rizicoles parce que non productif et facteur de

dégradations et de conflits. Les populations concernées directement par les revenus du lait représentent d'ailleurs une part non négligeable de la population rurale du delta (entre 30 et 50 p. 100 ; 12, 13), ce qui permet de mieux mesurer encore l'importance réelle de cette activité dans cette zone. A l'instar des trois dernières décennies dévolues invariablement à l'essor de la riziculture, les décideurs locaux et nationaux auront désormais à prendre en compte cette dimension socio-économique conséquente pour décider, en toute connaissance de cause, de l'avenir de la production laitière au sein des systèmes irrigués.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABEIDERRKHMANE N., 2001. Collecte, transformation et commercialisation du lait pour l'approvisionnement de Nouakchott : l'expérience de la Laitière de Mauritanie. In : Duteurtre G. ed., Atelier de restitution d'ATP " lait ", septembre 1998. Montpellier, France, Cirad-emvt (sous presse).
2. AUDRU J., 1966. Etude des pâturages naturels et des problèmes pastoraux dans le delta du fleuve Sénégal ; tome 1 : description du milieu ; tome 2 : politique de l'élevage. Maisons-Alfort, France, Iemvt, 359 p.
3. BOUDET G., 1989. Connaissance et gestion de l'espace pastoral sahélien. In Audru et coll. eds, Terroirs pastoraux et agropastoraux en zone tropicale. Maisons-Alfort, France, Cirad-Iemvt, p. 1-59. (Etudes et synthèses n° 24)
4. CACG, 1995. Projet Delta-Lait. Etude de faisabilité du développement de la production laitière dans le delta du fleuve Sénégal. Rapport d'étude. Saint-Louis, Sénégal, Caisse française de développement, Saed, 139 p.
5. CORNIAUX C., LE MERCIER J., SALEM M., DIA A.T., YADDE A., 2000. Production de lait de vache en rives droite et gauche du delta du fleuve Sénégal : une réelle activité de diversification en systèmes irrigués ? In : Legoupil J.C. ed., Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne, Actes du séminaire Pôle systèmes irrigués, Dakar, Sénégal, 30 nov. - 03 déc. 1999. Paris, France, Psi/Wecard - Coraf, p. 140-159.
6. CORNIAUX C., SALEM M., DIA A.T., 2001. Production et commercialisation de lait de vache en systèmes irrigués : cas de la rive droite du delta du fleuve Sénégal (Mauritanie). In : Actes du séminaire Alimentation, santé et productivité des ruminants dans les systèmes d'élevage ruraux d'Afrique sahélienne et soudanienne, Dakar, Sénégal, 24-27 octobre 2000 (sous presse).
7. ENDA, 1986. Engelhard et Ben Abdallah Eds, Enjeux de l'après-barrage : vallée du Sénégal. Paris, France, La documentation française, 632 p.
8. HUAT J., DAVID-BENZ H., 2000. La tomate d'industrie au Sénégal : performances de la production et enjeux pour la filière. In : Legoupil J.C. ed., Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne, Actes du séminaire Pôle systèmes irrigués, Dakar, Sénégal, 30 nov. - 03 déc. 1999. Paris, France, Psi/Wecard - Coraf, p. 167-187.
9. JAMIN J.Y., TOURRAND J.F., 1986. Evolution de l'agriculture et de l'élevage dans une zone de grands aménagements. *Cah. Rech. Dév.*, 12 : 595-609.
10. LE MASSON A., 1996. Programme national de promotion de la production laitière au Mali - Les systèmes d'élevage à vocation laitière : contraintes, propositions. Montpellier, France, Cirad-emvt, 95 p. (Rapport)
11. LESSOR, 1993. Le lait au Sahel : marchés locaux et marché international. Rennes, France, Cereteb, p. 333-343. (Compte rendu de fin d'études)
12. ONS, 1998. Annuaire statistique de la Mauritanie. Année 1996. Nouakchott, Mauritanie, Office national de la statistique, Service de la conjoncture, 149 p.
13. SAED, 1997. Recueil des statistiques de la vallée du fleuve Sénégal. Annuaire 1995/1996 - version détaillée. Saint-Louis, Sénégal, Saed, 142 p.
14. SANTOIR C., 1993. Des pasteurs sur les périmètres. In : Boivin P., Dia I. et coll. eds, Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée en moyenne vallée du Sénégal, Actes de l'atelier Orstom/Isra, Saint-Louis, Sénégal, 19-21 octobre 1993, p. 375-405.
15. TOURRAND J.F., 1993. L'élevage dans la révolution agricole du waa'o : ruptures et continuité. Thèse d'Etat, Université de Paris XII, Créteil, France, 415 p.
16. VATIN F., 2001. Le lait et la ville : Paris-Dakar - Perspective historique et philosophie du développement. In : Duteurtre G. ed., Atelier de restitution d'ATP « lait », septembre 1998. Montpellier, France, Cirad-emvt.

Reçu le 13.06.2000, accepté le 07.11.2001

Summary

Corniaux Ch., Le Mercier J., Dia A.T. Cow Milk Production in the Delta of the Senegal River: Real Farming Diversification within an Irrigated System?

Development of irrigated farming on a large scale dramatically changed the environment of the Senegal River delta. Regardless of the changes, milk production increased on the right bank (Mauritania) and remained stable on the left bank (Senegal). Studies were carried out from July 1997 to June 1999 to better assess interactions between animal husbandry and irrigated fields. Results are presented on the use of forage resources and on some technical/economical parameters. Milk production at the farm level appeared as a truly profitable activity of diversification for the relatively large population of cattle breeders/rice farmers. On the right bank, it appeared rather as a specialized field. Its future is promising as the area is on its way to becoming a milk production basin that will supply the capital cities of Nouakchott and Dakar. The central role of milk collection is highlighted.

Key words: Cow milk - Diversification - Profitability - Rice field - Irrigated farming - Senegal - Mauritania.

Resumen

Corniaux Ch., Le Mercier J., Dia A.T. Producción de leche de vaca en el delta del río Senegal: una actividad real de diversificación en sistemas irrigados?

A pesar de un contexto profundamente modificado por la realización a gran escala de cultivos irrigados, la producción láctea se ha desarrollado sobre la margen derecha (Mauritania) y se ha mantenido sobre la margen izquierda (Senegal) del delta del río Senegal. Los trabajos, llevados a cabo entre julio de 1997 y junio de 1999, permitieron una mejor evaluación del grado de interacción entre la cría y la agricultura. Se presentan los resultados sobre la utilización de los recursos forrajeros y sobre ciertos parámetros técnico económicos. La producción de leche aparece como una verdadera actividad rentable de diversificación, a escala de explotación, para los agro pastores, relativamente numerosos sobre la margen izquierda. Sobre la margen derecha, parece corresponder más a una especialización. El futuro de esta actividad parece prometedor en esta zona destinada a convertirse en un lecho de producción láctea para el abastecimiento de las capitales Nouakchott y Dakar. Se subraya el papel central de la colecta.

Palabras clave: Leche de vaca - Diversificación - Rentabilidad - Arrozal - Agricultura de regadío - Senegal - Mauritania.

Effets de la saison de vêlage et de quelques paramètres zootechniques sur la production laitière dans les hauts plateaux de l'ouest du Cameroun

P. Kamga¹ J.N. Mbanya¹ N.R. Awah¹
Y. Mbohhou² Y. Manjeli² A. Nguemdjom¹
B. Kamga Pamela¹ R.M. Njwe¹ P.H. Bayemi¹
C. Ndi¹ H. Imélé¹ A. Kameni¹

Mots-clés

Bovin - Croisement - Production laitière - Intervalle entre parturitions - Facteur lié au site - Numéro de lactation - Cameroun.

Résumé

Des données sur 275 lactations collectées entre 1981 et 1991 ont été analysées. Le but de ce projet a été d'étudier l'effet de la saison de vêlage, de quelques paramètres zootechniques, de l'intervalle entre vêlages des races Holstein et Jersiaise et de leurs croisements avec le zébu Goudali et le zébu Peul blanc (White Fulani) sur la production laitière dans les hauts plateaux de l'ouest du Cameroun. Les résultats suivants ont été obtenus :

- la production laitière des races pures Holstein ($n = 73$) et Jersiaise ($n = 32$), sans être comparable à celle de leur pays d'origine, a été significativement supérieure à celle des autres types génétiques étudiés, la Holstein ayant été plus performante que la Jersiaise ($2\,508 \pm 105$ l en 291 ± 10 jours, contre $1\,818 \pm 137$ l en 251 ± 13 jours) ;
- en croisement de première génération avec le zébu local, la Holstein ($n = 52$) a produit significativement plus de lait que la Jersiaise ($n = 57$). La Holstein x le zébu Goudali a produit plus de lait que la Jersiaise x le zébu Peul blanc ($1\,940 \pm 109$ l en 270 ± 10 jours, contre $1\,550 \pm 106$ l en 257 ± 10 jours). La production laitière des races croisées trois quarts Jersiaises ($n = 61$) a été plus élevée ($1\,774 \pm 117$ en 250 ± 11 jours) ;
- l'année et le numéro de lactation ont influencé significativement la production laitière et la durée de lactation, alors que la saison de vêlage n'a pas eu d'effet significatif sur ces deux paramètres.

L'analyse financière et les recherches sur la composition du lait devraient se poursuivre pour des recommandations plus concrètes.

INTRODUCTION

Le recours au croisement des races indigènes zébus (*Bos indicus*) avec les races exotiques taurines (*Bos taurus*) est très souvent envisagé pour améliorer les performances des races locales généralement caractérisées par leur faible productivité. Cette méthode très délicate et difficile à mener à bien vise, par apport d'un sang nouveau, à accroître rapidement la taille et le poids, le niveau qualitatif

et la capacité moyenne de production de lait, de viande, ou à apporter des qualités nouvelles. Les spécialistes en productions animales peuvent obtenir une meilleure productivité des races locales par l'utilisation de diverses méthodes de croisement : croisement industriel avec des races très précoces (métis de première génération livrés à la boucherie), croisement de retrempe (introduction d'un reproducteur de race différente une seule fois pour ramener une qualité qui tend à disparaître), croisement d'absorption (substitution à la race locale d'une race étrangère plus productive que le troupeau initial). Une telle amélioration requiert, outre des conditions d'élevage rationnelles (habitat et santé), des conditions favorables d'alimentation et une bonne organisation d'élevage. Auparavant, l'introduction

1. Irad Bambui, PO Box 51, Bamenda, Cameroun ; tél. : +237 75 60 51

2. Université de Dschang, PO Box 110, Dschang, Cameroun

d'animaux exotiques pour accroître la productivité des races locales a souvent échoué dans les zones tropicales en raison de l'inadaptation des métis aux conditions environnementales prévalentes.

Au Cameroun, l'importation des races bovines exotiques date de l'époque coloniale et, plus récemment, les races Holstein et Jersiaise ont été importées des Etats-Unis d'Amérique en 1974 par l'Institut de recherches zootechniques pour l'évaluation de leurs performances et celles de leurs croisements avec les races locales. Des études préliminaires amorcées par Mbah et coll. (12) montrent que les vaches de race pure produisent plus de lait que leurs croisements avec le zébu local. Or, depuis 1984, l'Institut de recherches zootechniques s'efforce d'amortir l'effet de la saison sèche sur les vaches laitières grâce à une production régulière d'ensilage (7). Généralement, les vaches qui vèlent en cette période de pénurie ne trouvent pas toujours suffisamment d'herbe pour couvrir leurs besoins d'entretien et de production.

Dans ce projet ont été étudiés les effets de la saison, de l'année de vêlage et de quelques paramètres zootechniques sur la production laitière des races Holstein et Jersiaise et de leurs croisements (avec le zébu Goudali et le zébu Peul blanc) à la station de l'Institut de recherches agricoles pour le développement (Irada) de Bambui dans les hauts plateaux de l'ouest du Cameroun.

■ MATERIEL ET METHODES

Caractéristiques géoclimatiques du site

L'altitude varie entre 1 600 et 1 982 m. Le climat de cette région est camerounais d'altitude, à trois saisons : une saison sèche de novembre à février, une saison des pluies précoces de mars à juin et une saison des pluies tardives de juillet à octobre. Les précipitations mensuelles moyennes enregistrées à la station météorologique de Bambui pendant ces périodes ont été respectivement de 31,7 mm, 209,5 mm et 351,4 mm, avec une précipitation annuelle de 2 370 mm. L'humidité relative moyenne a varié entre 52 p. 100 en saison sèche et 79 p. 100 en saison des pluies. Les températures minimales ont été comprises entre 14,2 et 16,6 °C et les températures maximales ont fluctué entre 21,9 et 27,1 °C. La végétation est de type savane arbustive avec des galeries-forestières par endroits. Les maladies les plus répandues sont causées par les tiques et les parasites internes.

Pâturages

Le couvert végétal est constitué de graminées fourragères introduites (*Brachiaria ruziziensis*, *Tripsacum laxum*) et d'espèces spontanées comme *Pennisetum purpureum*, *Pennisetum clandestinum* et *Sporobolus africanus*. Les pâturages, généralement envahis par la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*), sont divisés en parcs délimités par des rideaux d'eucalyptus et d'*Erythrina poeppigiana*.

Conservation des fourrages

L'ensilage de *Tripsacum laxum* et de *Pennisetum purpureum* a été fabriqué et distribué à volonté sur la presque totalité des saisons sèches de la période de l'étude. De même, le fourrage de *Sporobolus africanus* et de *Brachiaria* spp. a été utilisé régulièrement au cours des années de l'étude.

Bâtiments d'élevage

Les bâtiments d'élevage ont compris :

- l'aire d'alimentation (étable d'affouragement où les vaches ont reçu en saison sèche du fourrage, du concentré et de l'ensilage et en saison des pluies du concentré seulement) ;

- l'atelier de préparation des aliments, salle où des ingrédients divers, comme le son de riz, le maïs, le tourteau de coton, la poudre d'os et le sel de cuisine, ont souvent été mélangés pour l'alimentation des animaux ;
- la salle de traite, équipée d'une machine à traire mécanique pour la récolte du lait ;
- la maternité où les vaches ont été transférées à l'approche de la mise bas ;
- le logement des veaux dans des boxes de 1,5 x 2 m chacun, équipés d'un râtelier, d'une mangeoire et d'un abreuvoir ;
- la salle de soins où les animaux peuvent être traités (vaccination, injection...) ou mis en quarantaine.

Animaux

Deux groupes génétiques ont composé le troupeau, les vaches Holstein et Jersiaise. Les vaches croisées 1/2 Holstein x 1/2 zébu Goudali, 1/2 Jersiaise x 1/2 zébu Peul blanc, 3/4 Jersiaise x 1/4 zébu Peul blanc étaient des métisses obtenues en station par insémination artificielle et en monte naturelle.

Alimentation des vaches

Pendant la saison des pluies (mars à novembre), les bergers ont fait paître les vaches en rotation dans les parcs de 9 à 16 h. L'alimentation en concentré a consisté à administrer 2 kg à 7 h et 2 kg à 16 h avant la traite.

En saison sèche (novembre à mars), les vaches ont été nourries sur ensilage d'herbe de Guatemala et d'herbe à éléphant. Elles ont parfois également reçu du foin de *Brachiaria ruziziensis* ou de *Sporobolus africanus*. L'eau a été donnée *ad libitum* dans les abreuvoirs en béton placés dans les parcs ou à l'étable. Les vaches en lactation ont reçu chacune 4 kg d'un concentré composé de 38 p. 100 de maïs, 30 p. 100 de son de riz, 30 p. 100 de tourteau de coton, 1 p. 100 de poudre d'os et 1 p. 100 de sel de cuisine. La composition chimique calculée du concentré a montré un taux de 74,6 p. 100 de nutriments digestibles totaux et de 16 p. 100 de protéines.

Alimentation des veaux

Dès la mise bas, les veaux ont reçu du colostrum à volonté de leur mère pendant les quatre premiers jours. Ensuite, ils ont été séparés de celle-ci et placés dans des loges individuelles où ils y ont reçu chacun 2 à 4 l de lait par jour selon leur poids à la naissance. Une semaine après la mise bas, le concentré a été introduit progressivement (jusqu'à 2 kg par jour), puis le fourrage a été servi *ad libitum* à deux semaines d'âge. L'abreuvement s'est fait à volonté.

Protection sanitaire

Les animaux ont été déparasités et vaccinés régulièrement contre la pasteurellose et le charbon bactérien. Les animaux ont été déparasités une fois par semaine en saison sèche et deux fois par semaine en saison des pluies contre les tiques. Le parasitisme gastro-intestinal et pulmonaire des bovins sont des maladies communes dans la région. Des vermifuges au Panacur (fenbendazole) ont été administrés tous les deux mois. La lutte contre les tiques qui transmettent la cowdriose, la babésiose et l'anaplasmose s'est faite à l'aide du Supona (chrophenvinphos, organophosphoré), à raison de 0,5 ml par 1 000 ml d'eau.

Collecte des données

La traite a été faite à l'aide d'une machine de marque Alfa Laval et le lait obtenu respectivement à 6 et 16 h a constitué la production du jour. La durée de lactation a été évaluée à partir de la collecte du lait après la mise bas jusqu'au tarissement. L'intervalle entre vêlages a représenté la durée enregistrée entre deux vêlages successifs. Pour chaque vache, le numéro d'identification, la date de

mise bas, l'année, le numéro de la mise bas, la quantité de lait produite par jour et par lactation ont été enregistrés. En revanche, la composition du lait des vaches individuelles n'a pas été analysée, ce qui n'a pas permis de calculer les teneurs en matières grasses, en protéines et en matières sèches.

Analyses statistiques

Les données ont été analysées à l'aide du logiciel Systat selon les modèles ci-dessous.

Pour la production laitière et la durée de lactation,

$$Y_{ijkl} = R_i + S_j + A_k + L_l + R^*S_{(ij)} + e_{ijklm}, \text{ où}$$

Y_{ijkl} = production laitière ou durée de lactation observée sur chaque vache ;

R_i = race ; $i = 1...5$;

S_j = saison de vêlage ; $j = 1...3$;

A_k = année de vêlage ; $k = 1...11$;

L_l = numéro de lactation ; $l = 1...8$;

$R^*S_{(ij)}$ = interaction entre race et saison.

Pour l'intervalle entre vêlages,

Y_{ijkl} = intervalle entre vêlages observé sur chaque vache ;

R_i = race ; $i = 1...4$;

S_j = saison de vêlage ; $j = 1...3$;

L_k = numéro de lactation ; $k = 1...8$;

$R^*S_{(ij)}$ = interaction entre race et saison.

La méthode de Duncan a été utilisée pour comparer les moyennes quand elles étaient significativement différentes.

■ RESULTATS ET DISCUSSION

Production laitière

L'analyse de variance (tableau I) a montré une différence très significative ($P < 0,01$) entre les races, les années et les numéros de lactation pour ce paramètre. En revanche, aucune différence importante ($P > 0,05$) n'a été observée entre les saisons de vêlage.

Effet de la race sur la production laitière

Pour la quantité de lait, la race Holstein a été significativement supérieure en race pure (2 508 l) et en croisement F1 (Holstein x

Goudali) (1 940 l) à tous les autres types génétiques étudiés. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par Mbah et coll. (12). La race pure Jersiaise vient ensuite avec 1 818 l. En revanche, chez les vaches croisées avec la Jersiaise, la production a augmenté proportionnellement quand le niveau d'absorption de la Jersiaise est passé de 50 à 75 p. 100. Les 1/2 Jersiaise x 1/2 zébu Peul blanc et 3/4 Jersiaise x 1/4 zébu Peul blanc ont eu une production moyenne respective de 1 550 et 1 774 l. Les productions laitières moyennes sont présentées dans le tableau II en fonction de la race, de la saison, de l'année de vêlage et du numéro de lactation.

Les résultats obtenus ici confirment le haut potentiel des races Holstein et Jersiaise et surtout leur faculté d'adaptation en milieu tropical, même si les performances obtenues sont très inférieures à celles de leur pays d'origine [9 128 l de lait en 305 jours de lactation pour la Holstein aux Etats-Unis (22)]. En France, par exemple, les races Prim'Holstein et Jersiaise ont produit au contrôle laitier en 1997 respectivement 7 342 kg en 310 jours et 4 138 kg en 300 jours de lactation (6). Plusieurs facteurs environnementaux qui influencent la capacité de production sont connus et répertoriés. Il s'agit de problèmes pathologiques, de variations climatiques, etc. C'est ainsi que les performances varient en fonction du milieu d'élevage. Les résultats de cette étude ont été inférieurs aux 4 471 l pour la Holstein et 2 989 l pour la Jersiaise obtenus par Branton et coll. (2) aux Etats-Unis. Nos résultats s'expliquent par les variations de température qui ont parfois atteint 27 °C affectant sensiblement la production et l'appétit chez les vaches (17). Pour la race Jersiaise, les résultats de cette étude ont été inférieurs à ceux de Duc et Taneja en Inde (2 026 l) (4) et à ceux d'Adeniji (3 036 l) (1). En revanche, ils ont été comparables à ceux de Meyn et Wilkins (1 278 l) (14). Pour les vaches croisées Holstein, ils ont été proches de ceux de Prada (2 261 l) (17) mais inférieurs à ceux de Branton et coll. (2 502) (2) et Friestas et coll. (2 471 l) (5). De même, pour les vaches croisées 1/2 Jersiaises, ils ont été inférieurs à ceux de Branton et coll. (2 360 l) (2) et comparables à ceux de Parmar et coll. (1 679 l) (15) mais supérieurs à ceux de Letenneur (1 332 l) en Côte d'Ivoire (9).

Effet de la saison de vêlage sur la production laitière

La saison de vêlage n'a pas eu d'effet significatif sur la production laitière. Cependant, d'une manière générale, les vaches qui ont vêlé en pleine saison des pluies ont eu tendance à produire plus de lait (1 991 l) que celles qui ont vêlé en saison sèche (1 893 l) et au début de la saison des pluies (1 865 l). Il semble que l'utilisation régulière d'ensilage et de concentrés a contribué à réduire le déficit alimentaire pendant la saison sèche (7). Kiwuwa et coll. ont trouvé des variations saisonnières semblables en Ethiopie (8).

Tableau I

Degrés de liberté (Dl), carrés moyens (Cm) de la production laitière, de la durée de lactation et de l'intervalle entre vêlages en fonction de la saison, de l'année de vêlage et du numéro de lactation

Source de variation	Production laitière		Durée de lactation		Intervalle entre vêlages	
	Dl	Cm	Dl	Cm	Dl	Cm
Races	4	375 048 *	4	84 443	3	2 425
Saison de vêlage	2	308 595	2	10 248	2	1 090
Année de vêlage	10	3 487 593 **	10	14 819 **	11	23 008
N° de lactation	7	541 690 **	7	6 354	6	46 691 **
Race x saison	8	609 528	8	6 072	6	12 402
Erreur	243	430 778	243	3 998	99	16 635

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

Tableau II

Production laitière, durée de lactation et intervalle entre vêlages
en fonction de la race, de la saison de vêlage et du numéro de lactation

Facteurs de variation	Production laitière (litres)			Durée de lactation (jours)			Intervalle entre vêlages (jours)		
	N *	Moyenne	Ds **	N	Moyenne	Ds	N	Moyenne	Ds
Races									
H	73	2 508 ^a	105	73	291	10	75	417	39
J	32	1 818 ^{bc}	137	32	251	13	17	435	67
H x G (F1)	52	1 940 ^b	109	52	270	10	-	-	-
J x zPb (F1)	57	1 550 ^d	106	57	257	10	22	412	53
3/4 J x zPb	61	1 774 ^c	117	61	250	11	14	457	56
Moyenne générale	275	1 918	115	275	264	11	128	430	54
Saison de vêlage									
Saison sèche	88	1 893	88	88	273	8	61	434	33
Pluies précoces	78	1 865	95	78	249	9	30	421	38
Pluies tardives	109	1 991	76	109	269	7	37	434	40
Année de vêlage									
1981	15	3 369	217	15	334 ^b	21			
1982	12	2 420	236	12	269 ^{ab}	23			
1983	17	2 062	208	17	297 ^b	20			
1984	33	2 119	131	33	255 ^a	13			
1985	36	1 839	122	36	220 ^a	12			
1986	23	1 634	149	23	232 ^a	14			
1987	30	1 529	130	30	248 ^a	12			
1988	21	1 500	148	21	263 ^{ab}	15			
1989	19	1 584	168	19	282 ^{ab}	16			
1990	26	1 837	141	26	267 ^{ab}	14			
1991	43	1 204	118	43	263 ^a	11			
Moyenne générale	275	1 918	160	275	264	16			
N° de la lactation									
1	42	1 854	115	42	295	11	39	542	28
2	52	1 750	104	52	261	10	30	442	31
3	46	1 922	106	46	265	10	21	339	39
4	42	2 064	113	42	269	11	17	392	40
5	36	2 049	116	36	266	11	11	355	47
6	26	1 812	143	26	244	14	7	378	57
7	14	1 997	192	14	266	18	3	531	82
8	17	1 952	189	17	246	18	-	-	-
Moyenne générale	275	1 918	134	275	264	13	128	430	46

* Nombre de lactations ; ** Déviation standard

H = Holstein ; J = Jersiais ; G = Goudali ; zPb = zébu Peul blanc

a, b, c, d : les moyennes suivies de la même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p. 100

Effet de l'année de vêlage sur la production laitière

Entre 1985 et 1990, la production laitière moyenne a été assez stable (entre 1 500 et 1 800 l), significativement inférieure à celle du début de l'essai (1981 et 1982) et supérieure à celle de la fin de l'étude. Ces différences de production semblent être liées à la structure du troupeau composée en majorité de Holstein en début de l'essai et de croisés Jersiais vers la fin de l'essai. Des fluctuations similaires liées à l'année sont signalées par Kiwuwa et coll. en Ethiopie (8). Ces auteurs imputent ces différences aux variations climatiques et à celles des effets zootechniques comme le numéro de lactation et les problèmes pathologiques.

Effet du numéro de lactation sur la production laitière

Le numéro de lactation a eu un effet important sur la production laitière. Généralement, la quantité de lait augmente avec les premiers veaux avant de diminuer avec les lactations de rang supérieur (16). Ici, la faible production des premières lactations a semblé être compensée par la prédominance des vaches Holstein dans le troupeau au début de l'essai. Kiwuwa et coll. (8) ont également trouvé une influence significative des numéros de lactation sur la production laitière. Ils ont ainsi obtenu 1 724, 1 892, 1 988 et 1 883 litres respectivement à la 1^{re}, 2^e, 3^e et 4^e lactation pour leur essai, la même race étant utilisée sur plusieurs années.

Effet de la durée de lactation sur la production laitière

L'analyse de variance a montré une différence significative ($P < 0,05$) entre les années pour ce paramètre. En revanche, aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée entre les races, les saisons de vêlage et les numéros de lactation. Les durées de lactation moyennes sont présentées dans le tableau II en fonction de la race, de la saison, de l'année de vêlage et du numéro de lactation.

■ **Effet de la race sur la durée de lactation**

Sans que la différence ait été significative, la durée de lactation des vaches Holstein en race pure (291 jours) et en croisement (270 jours) a été supérieure à celle des autres types génétiques. Si la durée de lactation de la Jersiaise pure a été de 251 jours, celle de son croisement avec le zébu a augmenté à la F1 (257 jours), mais cet avantage a été perdu avec la 3/4 Jersiaise (250 jours). La variabilité génétique trouvée ici est signalée par plusieurs auteurs (2, 4, 5, 8, 9). Les conditions d'élevage, les facteurs climatiques et zootechniques sont signalés comme responsables de cette variation.

■ **Effet de la saison de vêlage sur la durée de lactation**

Les vaches qui ont vêlé en saison sèche ont eu tendance à avoir une durée de lactation (273 jours) supérieure à celles qui ont vêlé en deuxième moitié de la saison des pluies (269 jours) et en première moitié de la saison des pluies (249 jours). Mais, ces différences n'ont pas été significatives au seuil de 5 p. 100. La disponibilité alimentaire tout au long de l'année pouvait être à l'origine de ces résultats. La durée moyenne de lactation (264 jours) a été inférieure aux 350 jours rapportés par Kiwuwa et coll. en Ethiopie (8).

■ **Effet de l'année de vêlage sur la durée de lactation**

La durée de lactation a varié significativement ($P < 0,05$) de 1981 à 1991. La variation annuelle de la composition génétique du troupeau expliquerait la fluctuation observée. La même variation a été signalée par Kiwuwa et coll. en Ethiopie (8).

■ **Effet du numéro de lactation sur la durée de lactation**

Le numéro de lactation a affecté de manière significative ($P < 0,05$) la durée de lactation. De la première à la huitième lactation, les durées moyennes de lactation ont été respectivement de 295, 261, 265, 269, 244, 266 et 246 jours. Ces résultats ont montré que la durée de lactation a varié avec le numéro de lactation. En Ethiopie, Kiwuwa et coll. (8) ont également obtenu des résultats significatifs (406, 395, 332 et 305 jours respectivement en 1^{re}, 2^e, 3^e et 4^e lactation). Ces auteurs supposent que la durée de lactation décroît lorsque le numéro de lactation augmente ; elle serait liée au vieillissement de la vache.

Intervalle entre vêlages

L'analyse de variance (tableau I) a montré une différence significative ($P < 0,05$) entre les numéros de lactation pour ce paramètre. Par ailleurs, l'analyse de variance n'a pas relevé de différences significatives ($P > 0,05$) entre les races et les saisons. L'intervalle moyen entre vêlages est présenté au tableau II en fonction des groupes génétiques, de la saison de vêlage et du numéro de lactation.

Effet de la race sur l'intervalle entre vêlages

La race n'a pas influencé significativement l'intervalle entre vêlages en général de 430 jours avec une variation de 412 à 457 jours. Il a été plus long chez la race pure Jersiaise (435 jours) que chez la Holstein (417 jours) et s'est allongé avec le niveau de sang Jersiais. Ce résultat suppose que l'intervalle entre vêlages n'est pas génétiquement influencé et serait beaucoup plus affecté par les facteurs environnementaux. Par conséquent, l'amélioration de ce

paramètre dépend de l'amélioration des conditions d'élevage. Madalena et coll. (10) et Parmar et coll. (15) ont obtenu le même résultat et ont montré que l'intervalle entre vêlages était influencé par l'âge des vaches. Meyn et Wilkins (14) et Wijeratne (20) ont confirmé ces résultats en montrant que l'intervalle de mise bas diminuait avec l'âge de la vache et, de plus, que l'intervalle s'allongeait après la mise bas d'un veau mâle et, donc, était plus court après la mise bas d'une femelle.

Effet de la saison de vêlage sur l'intervalle entre vêlages

La saison de vêlage n'a pas eu d'effets importants sur l'intervalle entre vêlages. Plus court en première moitié de la saison des pluies (421 jours), l'intervalle entre vêlages a été le même en saison sèche et en deuxième moitié de la saison des pluies (434 jours). La supplémentation alimentaire pendant la saison sèche aurait permis de surmonter les différences saisonnières susceptibles d'affecter l'effet de la saison de vêlage sur l'intervalle entre les vêlages. Veisseyre (19) et Choisis et coll. (3) ont plutôt trouvé des effets saisonniers significatifs sur l'intervalle entre vêlages. Il est probable que les conditions alimentaires des différentes saisons étaient plus ou moins défavorables.

Effet du numéro de lactation sur l'intervalle entre vêlages

L'intervalle entre vêlages de la première à la septième lactation a varié significativement de 355 à 542 jours avec une moyenne générale de 430 jours, comme cela a été rapporté par d'autres auteurs à la Jamaïque (17, 18), en Inde (15) et au Brésil (10), c'est-à-dire que l'intervalle entre vêlages augmente avec l'âge des vaches, les vaches âgées ayant tendance à avoir un intervalle plus long.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont montré que la production laitière des races pures Holstein et Jersiaise, sans être comparable à celle des pays d'où elles sont originaires, a été significativement supérieure à celle des autres types génétiques étudiés, la Holstein ayant été plus performante que la Jersiaise. Par ailleurs, en croisement avec le zébu local, la race Holstein a été significativement plus performante que la race Jersiaise en quantité de lait produite. Enfin, la production laitière des vaches croisées Jersiaises a augmenté avec le niveau de substitution par le zébu local.

Parmi les facteurs étudiés, la saison de vêlage n'a pas significativement affecté la production laitière. En revanche, l'année de vêlage et le numéro de lactation ont significativement influencé la production laitière et la durée de lactation. Cependant, l'utilisation de ces différents types génétiques dans les hauts plateaux de l'ouest du Cameroun suppose une amélioration préalable des conditions d'élevage (habitat, hygiène), des conditions favorables d'alimentation et une bonne organisation de l'élevage qui ont été possibles en station.

Il est à noter que les races pures qui permettent d'obtenir une meilleure production laitière sont souvent très exigeantes en matière d'entretien et que le coût de cet entretien annulerait les différences réalisées. En revanche, les races croisées associant la rusticité et une production moyenne pourraient être plus rentables. Mais ici se pose encore le problème de la gestion du troupeau (organisation de l'élevage), surtout si l'on envisage le passage en milieu éleveur. L'analyse financière de la production laitière ainsi que la composition du lait des différentes races et de leurs croisements dans les conditions des hauts plateaux de l'ouest du Cameroun constituent une nécessité.

Remerciements

Les auteurs sont très reconnaissants à l'Institut de recherches agricoles pour le développement (Irad) qui a financé ce programme de recherche à Bambui (Cameroun). Des remerciements sont également adressés aux bergers, aux techniciens et à tous les travailleurs du Centre de recherche de Bambui.

BIBLIOGRAPHIE

1. ADENIJI K.O., 1985. Livestock breeding in Africa. *World Rev. Anim. Prod.*, **21**: 63-73.
2. BRANTON C., MCDOWELL R.E., BROWN M.A., 1966. Zebu European crossbreeding as a basis of cattle improvement in the USA. Baton Rouge, LA, USA, Louisiana Agriculture Experimental Station, p. 39. (Southern Cooperative Series, Bull. No. 114)
3. CHOISIS J.P., CERVANTES N., LHOSTE P., 1990. Effets saisonniers sur certains paramètres de la production bovine dans les élevages mixtes de l'état de Colima au Mexique. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **43** : 97-104.
4. DUC N.V., TANEJA V.K., 1984. Comparative performance of pure breed and crossbreed grades in India. *Indian J. Anim. Sci.*, **54**: 1023-1028.
5. FRIESTAS A.F., MADALENA F.E., MARTINEZ M.L., 1980. Age at calving intervals of Holstein-Friesian and crossbreed Holstein-Friesian: Gir (translated title). *Pesq. Agropec. Bras.*, **15**: 101-105.
6. IEMVT, 1988. Résultats du contrôle laitier des espèces bovine et caprine. Maisons-Alfort, France, lemvt, 56 p.
7. KAMGA P., KAMGA B., AWAH N., 1989. Production of grass silage at Bambui: techniques, chemical and bacteriological composition. In : Actes du séminaire régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants, N'Gaoundere, Cameroun, 16-20 novembre 1987 (résumés). Maisons-Alfort, France, lemvt, p. 108-109. (Etudes et synthèses de l'lemvt n° 30)
8. KIWUWA G.H., TRAIL J.C.M., KURTU M.Y. WORKU G., ANDERSON F.M., DURKIN J., 1983. Crossbreed dairy cattle productivity in Arsi Region, Ethiopia. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, p. 1-29. (Research Report No. 11)
9. LETENNEUR L., 1978. Crossbreeding N'Dama and Jersey cattle in Ivory Coast. *World Anim. Rev.*, **27**: 36-42.
10. MADALENA F.E., FREITAS A.F., MARTINEZ M.L., 1978. Comparative evaluation of milk production in Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. In: Proc. 4th World Conf. on Animal Production, Buenos Aires, Argentina, 20-26 August 1978, vol. 2, p. 650-658.
11. MBAH D.A., 1981. Note sur l'influence des saisons sur la production laitière à Wakwa. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **1** : 145-148.
12. MBAH D.A., MBANYA J., MESSINE O., 1987. Performance of Holsteins, Jerseys and their zebu crosses in Cameroon: Preliminary results. *Sci. Tech. Rev.*, **3**: 116-126.
13. MEYER C., DENIS J.P., 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Montpellier, France, Cirad, 314 p.
14. MEYN K., WILKINS J.V., 1974. Breeding for milk in Kenya, with particular reference to Sahiwal Stud. *World Anim. Rev.*, **11**: 24-30.
15. PARMAR O.S., DEV D.S., DHAR N.L., 1980. Intense mating among Jersey and Hariana cattle. *Indian J. Dairy Sci.*, **33**: 465-467.
16. POLY J., VISSAC B., 1958. L'incidence des variations d'intervalles de vêlage sur la production de la vache laitière. *Le lait*, **38** : 598-606.
17. PRADA N., 1979. Dairy crossbreeding programme in Cuba. In: colloq. Value of Crossbreeding in Different Production Systems, Havana, Cuba, 23-29 September 1979. *In Memoria Assoc. Latinamericana Prod. Anim.*, **14**: 163-167.
18. RUBIO R., 1976. Ganado Costeno con cuernos. *Man. Asist. tec.*, **21**: 83-106.
19. VEISSEYRE R., 1975. Technologie du lait, constitution, récolte, traitement et transformation du lait, 3^e éd. Paris, France, La maison Rustique, 714 p.
20. WIJERATNE W.V.S., 1970. Crossbreeding Sinhala cattle with Jersey and Friesian in Ceylon. *Anim. Prod.*, **12**: 473-483.
21. WILKINS J.V., 1984. Criollo cattle of America. *Anim. Genet. Res. Inf.*, **1**: 1-19.
22. WORLD-WIDE SIRE, 1996. Holstein bulls records. Hanford, CA, USA, p. 2.

Reçu le 23.11.1999, accepté le 26.07.2001

Summary

Kamga P., Mbanya J.N., Awah N.R., Mbohhou Y., Manjeli Y., Nguemdjom A., Kamga Pamela B., Njwe R.M., Bayemi P.H., Ndi C1., Imélé H., Kameni A. Effect of the Calving Season and Zootechnical Parameters on Milk Yield in the Western Highlands of Cameroon

Data on 275 lactations were collected and analyzed between 1981 and 1991 in Holstein and Jersey breeds and their crosses with Gudali and White Fulani zebus in the western highlands of Cameroon. The objective of the study was to evaluate the effect of the calving season, calving intervals and other zootechnical parameters on milk yield. The following results were obtained:

- Milk yield of the Holstein (n = 73) and Jersey (n = 32), although lower than that obtained in their country of origin, was significantly higher than that of the genetic types studied, with the Holstein producing more milk than the Jersey (2508 ± 105 l in 291 ± 10 days vs 1818 ± 137 l in 251 ± 13 days, respectively);

- In first generation crosses with the local zebu, the Holstein (n = 52) produced significantly more milk than the Jersey (n = 57). The Holstein x zebu Gudali produced more milk than the Jersey x White Fulani (1940 ± 109 l in 270 ± 10 days vs 1550 ± 106 l in 257 ± 10 days, respectively). Milk yield of 3/4 Jersey crossbreds (n = 61) was higher (1774 ± 117 l in 250 ± 11 days);

- While the calving year and lactation number significantly affected milk yield, the calving season did not.

Investigations on financial profitability and milk composition should be carried out for concrete recommendations.

Key words: Cattle - Crossbreeding - Milk production - Parturition interval - Site factor - Lactation number - Cameroon.

Resumen

Kamga P., Mbanya J.N., Awah N.R., Mbohhou Y., Manjeli Y., Nguemdjom A., Kamga Pamela B., Njwe R.M., Bayemi P.H., Ndi C1., Imélé H., Kameni A. Efectos de la época de parto y de algunos parámetros zootécnicos sobre la producción láctea en las mesetas altas al oeste de Camerún

Entre 1981 y 1991, se colectaron y analizaron datos sobre 275 lactancias. El objetivo del presente trabajo fue el de estudiar el efecto de la época de parto y de algunos parámetros zootécnicos sobre la producción láctea y el intervalo entre partos de las razas Holstein y Jersey y de los cruces respectivos con cebú Gudali y cebú Fulani blanco en las mesetas altas al oeste de Camerún. Los resultados demuestran lo siguiente:

- la producción lechera de las razas puras Holstein (n = 73) y Jersey (n = 32), aunque no comparable con aquella obtenida en los países de origen, fue significativamente superior a la de otros tipos genéticos estudiados, siendo el rendimiento de la Holstein superior al de la Jersey: 2508 ± 105 l contra 1818 ± 137 l, durante 291 ± 10 o 251 ± 13 días;

- en cruces de primera generación con el cebú local, la Holstein (n = 52) produjo significativamente más leche que la Jersey (n = 57); la Holstein x cebú Gudali produjo más leche que la Jersey x cebú Fulani blanco: 1940 ± 109 l, durante 270 ± 10 días, contra 1550 ± 106 l, durante 257 ± 10 días. La producción lechera de los cruces tres cuartos Jersey fue superior (n = 61): 1774 ± 117 durante 250 ± 11 días;

- el año y el número de lactancia influenciaron significativamente la producción lechera y la duración de la lactación, mientras que la época de parto no tuvo efecto significativo sobre estos dos parámetros.

Las investigaciones sobre el análisis financiero y la composición de la leche deberían seguir para proporcionar recomendaciones más concretas.

Palabras clave: Ganado bovino - Cruzamiento - Producción lechera - Intervalo entre partos - Característica del sitio - Número de lactancia - Camerún.

Biotechnologies de la reproduction chez les mammifères et l'homme
Vocabulaire français-anglais
 A. Bourouche-Lacombe

□ Les biotechnologies de la reproduction sont en pleine évolution. Appliquées à l'homme surtout, elles font l'objet de débats passionnés.

La première étape a été l'insémination artificielle, mise au point pour les animaux d'élevage dans les années 1930, développée vers 1945 et maintenant largement appliquée surtout pour l'amélioration génétique par la voie des mâles et aussi pour la sécurité sanitaire. Elle a permis une forte augmentation des productions individuelles de lait et de viande des animaux. Elle est souvent appliquée après synchronisation ou induction des chaleurs, méthode permettant aussi de regrouper les mises bas à des périodes favorables de l'année.

La deuxième étape, commencée vers 1975, a été le transfert embryonnaire et la congélation des embryons venus compléter l'insémination artificielle. Elle a permis d'augmenter encore l'amélioration génétique, par la voie femelle cette fois, et de faciliter les échanges entre pays grâce à sa sécurité sanitaire.

La troisième étape, commencée vers 1990, a été le sexage des embryons, la

fécondation *in vitro* (Fiv) et le clonage. Le sexage permet le choix du sexe des jeunes produits. La Fiv permet de procréer des jeunes de forte valeur génétique à partir de follicules collectés *in vitro* ou *post mortem*. Le clonage, qui vise à produire des individus identiques, est le plus controversé. C'est un outil pour la création de modèles animaux et pour la diffusion du progrès génétique.

La quatrième étape est la transgénèse. Les gènes introduits permettent par exemple de faire produire par la cellule des protéines à usage pharmaceutique.

Ce dictionnaire est destiné à clarifier le vocabulaire de la biotechnologie de la reproduction chez l'homme et les animaux. Il complète les ouvrages fondamentaux parus dans ce domaine. Il précise le vocabulaire utilisé par les spécialistes dans les diverses disciplines de la biotechnologie de la reproduction que sont l'insémination artificielle, la synchronisation/induction des chaleurs, le transfert embryonnaire (dont le sexage de l'embryon, la fécondation *in vitro*, la congélation d'embryons), la transgénèse et le clonage, y compris le matériel utilisé dans ces techniques et les applications chez l'homme. Quelques notions fondamentales de physiologie de la reproduction sont aussi définies.

Ce dictionnaire est structuré en 449 entrées numérotées comprenant plus de 200 termes définis. Chaque entrée comporte le mot ou l'expression à définir et son genre, suivie soit d'un renvoi à un autre mot ou expression, soit d'une définition complète accompagnée d'une note technique détaillant le contexte technique, et se termine par la traduction en anglais du mot et du contexte.

Ainsi sont définis, à titre d'exemple, des mots comme cellule ES, cellule transcomplémentante, cellules germinales primordiales, embryon androgénote, hamster test, Lac Z, Opu, réaction acrosomique, reprogrammation, transfection. L'entrée correspondant à embryon androgénote est rédigée comme suit :

« 122. embryon androgénote n.m.

Embryon obtenu par retrait, après la fécondation, du pronoyau femelle et qui possède uniquement un génome d'origine paternelle.

Anglais :

androgenic embryo

Contexte : *Recognition of the parental origin of pronuclei in 2- and 3-pronucleate zygotes is important for a number of reasons. In combination with precise enucleation, it may provide a way for obtaining androgenetic and gynogenetic embryos which have only single parental genomes.* »

De même, l'entrée correspondant à transfection est ainsi rédigée :

« 400. Transfection n.f.

Voir : transfert de gènes

Anglais :

transfection

Contexte : *Transfection is the incorporation of foreign DNA into cultured, usually eukaryotic cells by exposing them to naked DNA.* »

De nombreuses définitions sont illustrées par des photos ou par des figures précises comme, par exemple, le principe du Pcr et le sexage d'embryons par la réaction Pcr. Deux tableaux récapitulent les techniques d'insémination artificielle et les principaux traitements d'induction et de synchronisation de l'œstrus selon l'espèce de mammifère domestique.

L'ouvrage est suivi d'une bibliographie séparant 94 références françaises et 123 références anglaises. Enfin deux index, celui des mots français et celui des mots anglais renvoient aux numéros des 449 entrées.

Ainsi réalisé, ce dictionnaire est un ouvrage de référence pour les étudiants et les chercheurs et peut être consulté avec profit par des non-spécialistes du domaine qui s'intéressent à ces sujets d'actualité. Il est conçu aussi pour faciliter le travail des traducteurs, des interprètes, des rédacteurs techniques et des documentalistes.

Christian MEYER
 Cirad-emvt

2001, Inra Editions, Coll. Dictionnaires
 Rd 10, 78026 Versailles Cedex, France
 Tél. : +33 (0)1 30 83 34 06 ;
 fax : +33 (0)1 30 83 34 49
 Inra-Editions@versailles.inra.fr
 http://www.inra.fr/Editions
 122 p. ; 16 x 24 cm ; Isbn : 2-7380-0935-2 ; 41,16 €

Utilisation de la barymétrie pour l'estimation du poids chez le zébu Azawak au Niger

K. Dodo ^{1,2} V.S. Pandey ^{2*} M.S. Illiassou ³

Mots-clés

Bovin - Zébu Azawak - Mensuration corporelle - Poids corporel - Niger.

Résumé

L'objectif de cette étude a été de déterminer des équations baryométriques applicables au zébu Azawak. Pour cela, des pesées et 12 types de mensurations ont été effectuées chez 343 zébus Azawak pendant trois mois, à la station sahélienne expérimentale de Toukounous au Niger. Les animaux étaient essentiellement jeunes (74 p. 100 avaient au plus deux ans d'âge). Parmi les 12 types de mensurations, trois (le périmètre thoracique, la hauteur au garrot et la longueur scapulo-ischiale) ont été retenues pour établir la barymétrie en raison de leur corrélation avec le poids. La corrélation du poids avec le périmètre thoracique ($r = 0,97$) ou avec la longueur scapulo-ischiale ($r = 0,96$) a été plus élevée qu'avec la hauteur au garrot ($r = 0,92$). Plusieurs types de liaisons entre le poids et les deux types de mensurations (périmètre thoracique et longueur scapulo-ischiale) ont été comparées. L'équation baryométrique retenue pour l'ensemble des animaux (mâles et femelles) a été une régression polynomiale du poids prédit (y) sur le périmètre thoracique (x) et la longueur scapulo-ischiale (z) : $y = 0,02697x^2 - 4,25x + 1,535z + 96,145$ avec un coefficient de détermination $r^2 = 0,989$ et un écart-type résiduel (S_y) de 11,23 kg. L'erreur entre le poids observé et le poids prédit, exprimée en pourcentage du poids observé, a été inférieure à 5 p. 100 chez 57,2 p. 100 des animaux et inférieure à 10 p. 100 chez 90,1 p. 100 d'entre eux. Pour les mâles, une équation également à deux variables a été proposée : $y = 0,0260x^2 - 3,856x + 1,211z + 96,114$ avec $r^2 = 0,990$ et $S_y = 10,33$ kg. Chez les femelles, une régression à partir du périmètre thoracique uniquement ($y = 0,0281x^2 - 3,294x + 125,217$) a aussi permis d'obtenir une bonne précision ($r^2 = 0,981$ et $S_y = 15,28$ kg). Cette dernière équation a été utilisée pour établir une table de conversion du périmètre thoracique en poids.

■ INTRODUCTION

Le Niger est un pays intertropical à vocation essentiellement agropastorale. Après l'agriculture, l'élevage constitue la seconde activité socio-économique de la population. Le bétail se compose principalement de bovins et de petits ruminants. Le cheptel bovin nigérien est dominé par les zébus qui comprennent le zébu Azawak (9, 13).

Le zébu Azawak est surtout réputé pour sa bonne aptitude laitière. Sa production totale varie de 800 à 1 100 kg de lait pour une durée

de lactation de 270 à 300 jours, avec un lait à 4,3 p. 100 de matière grasse. Il présente aussi une bonne docilité à la traite (1, 2). Le zébu Azawak a bénéficié depuis longtemps d'une attention zootéchnique particulière. Il a subi une sélection à la station sahélienne expérimentale de Toukounous au Niger depuis 1954. Cette amélioration génétique a visé la production d'animaux à robe fauve uniforme, aux extrémités et à la muqueuse noire, présentant de bonnes aptitudes bouchères et surtout laitières (1). La sélection du zébu Azawak au sein de cette structure étatique à Toukounous a eu pour objectif de purifier la race, de la multiplier et de la diffuser en milieu villageois.

Les interventions centrées sur l'élevage traditionnel doivent conduire à des contrôles de l'évolution pondérale des bovins, particulièrement celle des jeunes en croissance. L'emploi de balances pese-bétail nécessite un véhicule, du personnel et certains aménagements. Il s'avère peu pratique et coûteux (10). Une solution alternative consiste à utiliser la barymétrie.

1. Ministère des Ressources animales, BP 12 091, Niamey, Niger

2. Institut de médecine tropicale Prince Léopold, Nationalestraat 155, B 2000 Antwerpen, Belgique

3. Direction des Centres de multiplication et stations d'élevage, BP 827 Niamey, Niger

* Auteur pour la correspondance

Fax : +32 (0)2 251 84 36 ou +32 (0)3 216 14 31 ; e-mail : vpandey@itg.be

La barymétrie est la détermination approximative du poids vif des animaux par des mensurations (11). Cette méthode d'estimation n'a pas la rigueur d'une pesée. Elle est cependant utile car elle ne nécessite qu'un matériel léger, un minimum de personnel et une contention réduite (7, 10, 11). De plus, une précision satisfaisante peut être attendue de l'emploi de la barymétrie chez les animaux en croissance (10).

Les formules baryométriques doivent être établies en fonction de la race, du sexe et de l'âge (16). Elles ont été déterminées chez plusieurs races de zébus et de taurins rencontrés en Afrique de l'Ouest, par exemple chez les zébus Maure et Peul (5), Kapsiki (6) et N'Dama (8, 15). Cela ne semble pas être le cas pour le zébu Azawak. L'objectif de cette étude a ainsi été de déterminer des équations baryométriques applicables au zébu Azawak.

■ MATERIEL ET METHODES

Milieu de l'étude

Le travail a été réalisé à la station sahélienne expérimentale de Toukounous qui se trouve dans la vallée de l'Azawak. Cette zone est constituée d'un plateau ondulé dont l'altitude moyenne varie de 500 à 550 m. La station est située à 18 km au nord-est de Filingué et à 200 km de Niamey (14° 31' de latitude N, 3° 18' de longitude O) dans la zone climatique sahélienne aride. Elle couvre une superficie de 4 474 ha dont 75 p. 100 sont des sols dunaires à relief ondulé peu prononcé ; le reste est occupé par des dépressions argileuses plus ou moins inondées et impraticables en période pluvieuse. Le climat est de type sahélien, caractérisé par une longue saison sèche (d'octobre à mai) et une courte saison pluvieuse (de juin à septembre). La pluviométrie est très variable et faible, la moyenne annuelle de 1968 à 1993 ayant été de 301 mm (1).

Animaux

Organisation des troupeaux

La partie expérimentale de l'étude a été réalisée de décembre 1997 à mars 1998 (saison sèche fraîche et début de la saison sèche chaude). Au début de celle-ci, la station comptait un effectif de 606 bovins, tous de race Azawak sélectionnée. Ces animaux étaient répartis en sept troupeaux distincts : les mâles (veaux sevrés, taurillons et taureaux), les vaches suitées multipares (option lait et option viande), les vaches suitées primipares, les génisses et les vaches testées sur la descendance, les vaches et les génisses gestantes, les velles sevrées, les veaux et les velles à la mamelle (des multipares et des primipares).

Dans le cadre de ce travail, 343 bovins (soit 56,6 p. 100 de l'effectif total de la station), 114 mâles et 229 femelles de moins de

24 mois d'âge, ont été manipulés (tableau I). Les vaches suitées, et les vaches et les génisses en gestation ont été épargnées.

Alimentation

L'alimentation des animaux a été basée sur l'exploitation des pâturages naturels des 30 parcelles de la station. Au niveau des pâturages, la strate herbacée a été dominée par *Schnefeldia gracilis*, *Aristida mutabilis* et *Cenchrus biflorus*, tandis que les ligneux dominants ont été *Maerua crassifolia*, *Salvadora persica*, *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis* et *Acacia* sp. L'apport des ligneux fourragers a été très important dans l'alimentation des animaux, particulièrement en saison sèche. La supplémentation alimentaire a consisté en une distribution en masse de graines de coton. Elle n'a concerné que les vaches en lactation et les veaux à la mamelle à raison de 2 kg par vache par jour et 1 kg par veau par jour. Une complémentation minérale sous forme de blocs à lécher a été assurée une fois par mois. L'abreuvement s'est fait une fois par jour.

Soins vétérinaires

Les animaux de plus de six mois d'âge ont été vaccinés contre la peste bovine et la péripneumonie contagieuse des bovidés. Tous les animaux ont été vaccinés contre la pasteurellose et les charbons symptomatique et bactérien. Pendant la saison des pluies, les animaux avaient subi un déparasitage interne avec du thiabendazole (Thibenzole®). Le déparasitage externe a été hebdomadaire pendant la saison de pluies et a été effectué tous les 15 jours pendant la saison sèche, par aspersion avec de l'amitraz liquide (Taktic®).

Matériel et équipement

Un parc couloir en béton a servi pour la contention des animaux sevrés ou adultes. Une bascule pèse-bétail d'une capacité de 50 à 1 500 kg et d'une sensibilité de 1 kg a été utilisée pour la pesée des animaux sevrés ou adultes. Une bascule mobile d'une portée maximale de 300 kg a été affectée aux jeunes à la mamelle. Deux toises graduées en centimètres et des rubans métriques (de 1,50 m et 3 m) ont servi pour les mensurations. Pour la mesure du périmètre thoracique, une sorte d'œse a été confectionnée et a permis de récupérer avec plus d'aisance le mètre ruban sous l'animal. Le matériel de contention des animaux adultes a été constitué de cordes.

Méthodes

Mensurations et pesées

Douze mensurations ont été réalisées conformément aux techniques normalisées (9, 12, 13, 14). Toutes les mensurations ont été faites avec des rubans métriques sauf la hauteur au garrot qui a été réalisée à l'aide de toises. Parmi ces douze mensurations, trois ont été retenues pour établir la barymétrie :

Tableau I

Fréquence et nombre d'observations réalisées chez les mâles et les femelles zébus Azawak selon différentes classes d'âge

Classes d'âge	Mâles	Femelles	Mâles et Femelles	Fréquence	Observations par animal	Nb. d'observations
0-3 mois	19	20	39	1 fois/semaine	10	390
3-6 mois	21	32	53	1 fois/quinzaine	6	318
6-24 mois	53	109	162	1 fois/mois	2	324
≥ 24 mois	21	68	89	1 fois/trimestre	1	89
Total	114	229	343	—	—	1 121

- le périmètre thoracique (tour de poitrine immédiatement en arrière des épaules) ;
- la hauteur au garrot (distance verticale entre le sol et le sommet du garrot, immédiatement en arrière de la bosse, sur le sommet du scapulum et non pas sur les apophyses épineuses des vertèbres dorsales) ;
- la longueur scapulo-ischiale (de la pointe de l'épaule à la pointe de la fesse).

Les pesées ont eu lieu dans la matinée, avant l'abreuvement des animaux et immédiatement après les mensurations. Elles ont été relevées au moment où l'animal s'était immobilisé à l'intérieur de la bascule.

Fréquence de la collecte des données

Les mensurations et les pesées ont été réalisées de façon périodique selon l'âge des animaux qui a été déterminé à partir des numéros d'identification (boucles) et l'exploitation des registres de naissance ou des fiches individuelles. La fréquence adoptée (tableau I) a été préconisée ou appliquée par plusieurs auteurs (6, 9, 15, 16).

Au total, 1 121 observations ont été faites sur 343 animaux (114 mâles et 229 femelles) qui ont pu être régulièrement suivis (tableau I). Il s'agissait essentiellement d'animaux jeunes. Sur les 343 animaux retenus, 254 (soit 74 p. 100) avaient moins de deux ans d'âge. Parmi les animaux, 18 ont eu un poids situé au-delà de la moyenne, plus ou moins trois fois l'écart-type. Ces données ont été considérées comme des valeurs aberrantes (en anglais, *outliers*) et ont été éliminées des analyses statistiques qui ont finalement porté sur 325 animaux (110 mâles et 215 femelles).

Analyses statistiques

Les moyennes et les déviations standard du poids et de toutes les mesures ont été calculées avec le logiciel Excel 7.0. Les formules baryométriques ont été déterminées grâce aux logiciels Spss 7.5 et Ncss en utilisant la méthode de régression multiple. Le poids estimé a été considéré comme la variable dépendante. Les variables indépendantes ont été le périmètre thoracique, la hauteur au garrot et la longueur scapulo-ischiale. Les différentes équations ont été comparées sur la base de leur coefficient de détermination (r^2) et de leur écart-type résiduel (S_y).

■ RESULTATS

Corrélations entre poids et mesures linéaires

Chez tous les animaux (mâles et femelles), le poids a évolué dans le même sens et à peu près à la même allure que le périmètre thoracique, la hauteur au garrot et la longueur scapulo-ischiale (figures 1 et 2). Les corrélations entre le poids et les mesures linéaires ont toutes été significatives ($p < 0,001$). Une matrice de corrélation simple concernant les quatre variables a été établie. Les corrélations entre les quatre variables se sont situées entre 0,923 et 0,972. Les différentes mensurations ont été fortement corrélées au poids. La corrélation a été plus marquée avec le périmètre thoracique ($r = 0,972$) et la longueur scapulo-ischiale ($r = 0,963$) qu'avec la hauteur au garrot (0,923).

Choix d'une formule

Le périmètre thoracique et la longueur scapulo-ischiale ont été retenus pour la détermination de formules baryométriques en raison de leur corrélation plus élevée avec le poids. Plusieurs types de liaisons entre le poids (y), le périmètre thoracique (x) et la longueur scapulo-ischiale (z) ont été comparés. Les équations qui ont

présenté une meilleure précision ont été des régressions polynomiales établies en fonction des variables x et z. Ces formules ont eu un coefficient de détermination plus élevé et un écart-type résiduel plus bas que celles déterminées uniquement avec x (tableau II). Chez les mâles et les femelles, le poids prédit avec la régression polynomiale de y sur x et z a été très proche du poids observé. L'erreur entre le poids observé et le poids prédit, exprimée en pourcentage du poids observé (erreur relative) a été inférieure à 5 p. 100 chez 57,2 p. 100 des animaux et inférieure à 10 p. 100 chez 90,2 p. 100 d'entre eux (tableau III).

Les erreurs absolues (différences entre poids observés et poids prédits) les plus fréquentes n'ont généralement pas dépassé 3 kg de poids vif et il n'y a pas eu de tendance marquée pour une sous-estimation ou une surestimation du poids prédit (figure 3).

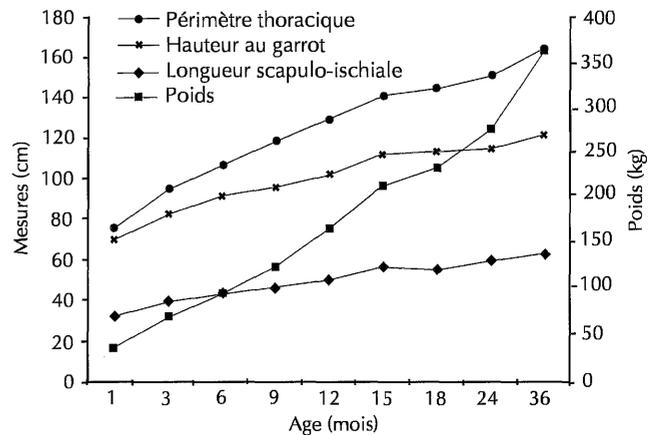


Figure 1 : évolution des mesures linéaires et du poids chez les femelles (n = 215).

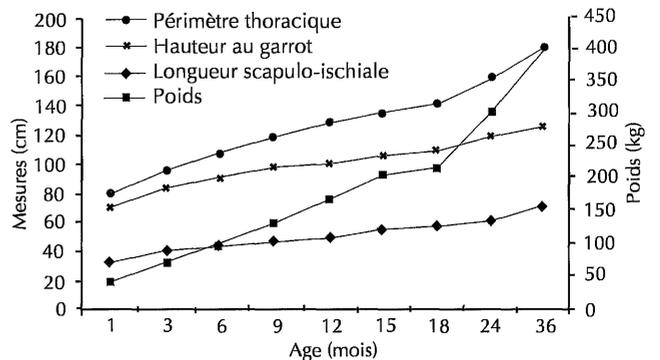


Figure 2 : évolution des mesures linéaires et du poids chez les mâles (n = 110).

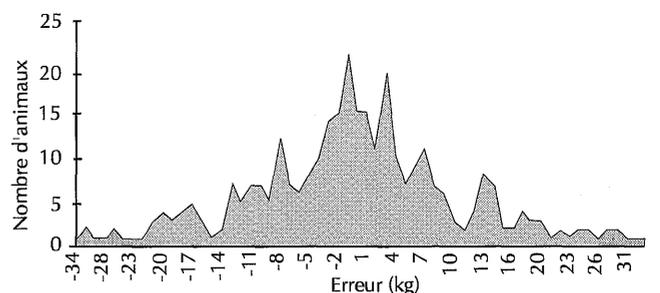


Figure 3 : fréquence des erreurs absolues entre poids prédits et poids observés (n = 325).

Chez les mâles, la régression avec les deux variables x et z a été encore plus précise ($r^2 = 0,990$ et $S_y = 10,33$ kg) (tableau II). Chez les femelles, la régression polynomiale à partir uniquement du périmètre thoracique, caractérisée par un coefficient de détermination élevé ($r^2 = 0,981$), a été retenue pour la réalisation de la courbe d'évolution du poids en fonction du périmètre thoracique (figure 4).

DISCUSSION

Le périmètre thoracique, la longueur scapulo-ischiale, la hauteur au garrot et le tour spiral sont les mensurations utilisées en barymétrie en raison de leur corrélation avec le poids. Bien que le tour spiral soit intéressant, son exécution nécessite une contention parfaite et une manipulation par deux opérateurs possédant de bonnes connaissances de la morphologie des animaux (10, 16).

Au niveau de l'ensemble des animaux, le poids vif a été fortement corrélé aux trois types de mensurations. Toutefois, cette corrélation a été moins marquée avec la hauteur au garrot, conformément aux conclusions de certains auteurs (5, 6, 8). La mensuration ayant apporté le plus de précision sur la valeur prédictive du poids vif a été la mesure du périmètre thoracique, comme cela a été rapporté à l'unanimité par différents auteurs (6, 8, 10, 15, 16).

La régression polynomiale du poids sur le périmètre thoracique et la longueur scapulo-ischiale s'est révélée être l'équation prédictive la plus précise pour l'ensemble des animaux. Du point de vue strictement mathématique, le coefficient de la corrélation totale de la régression multiple de y sur x et z est toujours supérieur ou égal à celui de la régression simple sur une des deux variables. Cela indique que l'information apportée par deux variables est plus riche que celle fournie par une seule (10).

La formule barymétrique sous forme de régression polynomiale proposée pour l'ensemble des animaux chez le zébu Azawak dans cette étude a révélé des erreurs peu importantes (tableau III). Des formules baryométriques sous forme d'équations linéaires avaient été proposées pour le zébu Maure (5) et le taurin N'Dama (8). Chez les animaux de 12 mois, l'erreur sur le poids estimé a été située dans la tranche de 2 p. 100 du poids observé chez 13 à 20 p. 100 des animaux, 5 p. 100 chez 37 à 43 p. 100 d'entre eux et 10 p. 100 chez 60 à 77 p. 100 d'entre eux. A 24 mois, les valeurs correspondantes ont été trouvées chez 17 à 23 p. 100, 41 à 51 p. 100 et 70 à 81 p. 100 des animaux. Dans l'ensemble, l'erreur dans l'estimation du poids par les équations linéaires s'avère plus importante que par les régressions polynomiales proposées dans cette étude. Selon Symoens et Hounsou chez le bétail Borgou, les poids en dessous de 150 kg et au-dessus de 250 kg, prédits par les équations polynomiales, sont plus proches des poids observés que ceux calculés par une équation linéaire (18).

Chez les mâles, la régression polynomiale avec les deux variables s'est montrée particulièrement plus précise pour la prédiction du poids vif des animaux ($r^2 = 0,990$). Le périmètre thoracique et la longueur scapulo-ischiale (ensemble) peuvent traduire un aspect de volume et une représentation grossière des animaux sous forme de cylindre. Cette forme cylindrique serait plus prononcée chez les mâles que chez les femelles. Une liaison étroite pourrait être imaginée entre ce volume et le poids. Dans la pratique, la mesure de la longueur scapulo-ischiale est relativement facile. La très grande précision apportée par cette mensuration pourrait justifier son recours chez le zébu Azawak mâle en plus du périmètre thoracique.

Pour les femelles, une régression polynomiale du poids sur le périmètre thoracique a aussi présenté une grande précision. Ce type

Tableau II

Comparaison entre les différents types d'équations

Sexe	Equations	r^2	S_y
Mâles et Femelles (n = 325)	$y = 0,02697x^2 - 4,250x + 1,535z + 96,145$	0,989	11,228
	$y = 0,00200782x^2 + 1,3114x - 24,1225$	0,920	30,282
	$y = 1,55302x + 0,0895857z - 0,00069865xz - 31,6459$	0,940	26,225
Mâles (n = 110)	$y = 0,0260x^2 - 3,856x + 1,211z + 96,114$	0,990	10,328
Femelles (n = 215)	$y = 0,0281x^2 - 3,294x + 125,217$	0,981	15,279

y = poids estimé (kg) ; x = périmètre thoracique (cm) ; z = longueur scapulo-ischiale (cm) ; S_y = écart-type résiduel (kg) ; r^2 = coefficient de détermination

Tableau III

Fréquence des erreurs relatives entre poids prédits et poids observés au niveau des 325 animaux étudiés

Erreur	0-2	2-5	5-10	> 10
Nb. d'animaux	77	109	107	32
Fréquence (%)	23,69	33,54	32,92	9,85
Ecart moyen (kg)	6,01	6,90	10,89	13,62

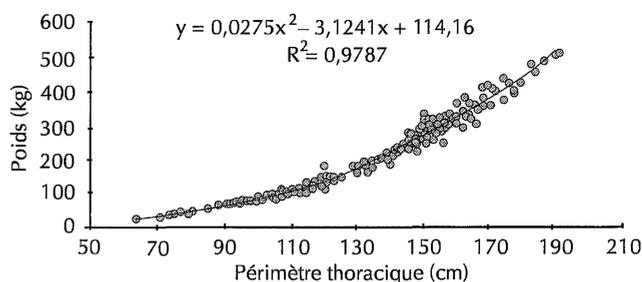


Figure 4 : évolution du poids en fonction du périmètre thoracique chez les femelles (n = 215).

d'équation a été proposé chez le zébu Gobra sénégalais (4) et le taurin Kapsiki du Cameroun (6). La mesure du périmètre thoracique peut être utilisée sans une deuxième mensuration telle que la hauteur au garrot qui n'améliore que très peu la précision des estimations (16). L'amélioration de la précision apportée par la hauteur au garrot ne devient sensible que chez des animaux adultes (10). L'équation basée uniquement sur le périmètre thoracique a l'avantage d'être simple, de demander moins de travail et de permettre l'établissement de tables de conversion du périmètre thoracique en poids directement applicables (15).

En Côte d'Ivoire, ces tables ont été regroupées dans un *Atlas de barymétrie* qui a été distribué aux agents sur le terrain. Sur les fiches de suivi de certains programmes de recherche, c'est le périmètre thoracique qui figure à défaut de la pesée et la conversion est réalisée à l'aide d'un ordinateur. La nature des données est mentionnée (mensurations ou pesées) pour permettre d'évaluer le degré de précision ou d'erreur (10).

Les différentes équations baryométriques envisagées chez le zébu Azawak ont concerné des animaux essentiellement jeunes. Chez les animaux adultes, la précision devient insuffisante du fait du niveau

d'engraissement ou de l'état physiologique chez les femelles reproductrices (10). Les états musculaires et d'engraissement modifient de façon très sensible la nature des liaisons observées. En particulier les dépôts adipeux obéissent à des lois très différentes de celles selon lesquelles s'opère la croissance des autres tissus (16).

■ CONCLUSION

Les formules baryométriques proposées chez le zébu Azawak sont des régressions polynomiales établies sur la base du périmètre thoracique et de la longueur scapulo-ischiale. Elles peuvent être utilisées, avec une précision très satisfaisante, lors du suivi pondéral d'animaux en croissance. Dans le cadre de la diffusion et du suivi des performances pondérales du zébu Azawak, certaines mensurations (périmètre thoracique et longueur scapulo-ischiale), à l'avenir, devront être considérées.

Remerciements

Nous exprimons notre reconnaissance au Pr G. Torrele pour son aide dans le traitement statistique des données.

BIBLIOGRAPHIE

- ACHARD F., CHANONO M., 1995. Un système d'élevage performant bien adapté à l'aridité à Toukounous, dans le Sahel nigérien. *Sécheresse*, 2 : 215-222.
- ACHARD F., CHANONO M., 1997. Mortalité et performances de reproduction chez le zébu Azawak à la station de Toukounous, Niger (1986-1992). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 50 : 325-333.
- BARTHA R., 1968. Elevage de zébu Azawak à la station de Toukounous (Rapport 1963-1967), République du Niger. Niamey, Niger, ministère de l'Agriculture, 55 p.
- CHOLLOU M., DENIS J.P., GAUCHET D., 1978. Calcul d'une formule baryométrique adaptée au zébu Gobra. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 31 : 447-450.
- CIPEA, 1978. Evaluation des productivités des races bovines Maure et Peul à la station du Sahel. Niono, Mali, Cipea, p. 91-97. (Monographie n° 1)
- DINEUR B., THYS E., 1986. Les Kapsiki : race taurine de l'extrême-Nord camerounais. I. Introduction et barymétrie. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 39 : 435-442.
- DOMINGO A.M., 1976. Contribution à l'étude de la population bovine des états du golfe du Bénin. Paris, France, Agence de coopération culturelle et technique, 143 p.
- FALL A., DIOP M., SANDFORD J., WISSOCQ Y.J., DURKIN J., TRAIL J.C.M., 1982. Evaluation des productivités des ovins Djallonké et des taurins N'Dama au Centre de recherches zootechniques de Kolda, Sénégal. Addis Abeba, Ethiopie, Cipea, 74 p. (Rapport de recherche n° 3)
- IRAHIMA Z., 1986. L'élevage des bovins, ovins et caprins au Niger. Etude ethnologique. Thèse Doct. vét., EISMV, Dakar, Sénégal, 111 p.
- LANDAIS E., 1983. Analyse des systèmes d'élevage bovin sédentaire du nord de la Côte d'Ivoire. Tome II. Données zootechniques et conclusions générales. Maisons-Alfort, France, Gerdat-lemvt, p. 411-431.
- LARRAT R., PAGOT J., VAN DEN BUSSCHE J., 1985. Manuel des agents techniques de l'élevage tropical. Maisons-Alfort, France, lemvt-Cirad, p. 466-468.
- MARMET R., 1983. La connaissance du bétail. Tome 1. Les bovins, 2^e éd. Paris, France, Technique et documentation, p. 85-92.
- PAGOT J., 1985. L'élevage en pays tropicaux. Paris, France, Maisonneuve et Larose/Agence de coopération culturelle et technique, p. 372-375. (Coll. Techniques agricoles et productions tropicales)
- PAGOT J., DELAINE R., 1959. Etude biométrique de la croissance des taurins N'Dama. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 12 : 405-416.
- PLANCHENAU D., 1987. Essai d'amélioration génétique des bovins en milieu défavorable. Exemple du ranch de Madina-Diassa au Mali. Thèse Doct., Université Pierre et Marie Curie, Paris/Maisons-Alfort, France, Cirad-lemvt, 307 p.
- POIVEY J.P., LANDAIS E., SEITZ J.L., 1980. Utilisation de la barymétrie chez les races taurines locales de Côte d'Ivoire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 33 : 311-317.
- SOW R.S., DENIS J.P., TRAIL J.C.M., THIONGANE P.I., MBAYE M., 1991. Note sur la barymétrie comme moyen de sélection indirecte du poids vif chez le zébu Gobra au Sénégal. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 44 : 97-100.
- SYMOENS C., HOUNSOU VE G., 1991. Mesures baryométriques chez le bétail Borgou dans le Nord-Est Bénin. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 44 : 487-490.

Reçu le 30.03.2001, accepté le 03.09.2001

Summary

Dodo K., Pandey V.S., Illiassou M.S. Weight Estimation from Body Measurements of the Azawak Zebu in Niger

The objective of this study was to establish weight estimation equations from body measurements applicable to the Azawak zebu. The weight and 12 types of measurements were recorded in 343 Azawak zebus at the Sahelian experimental station of Toukounous in Niger. Most of the animals were young: 74% were at most two years old. Out of the 12 types of measurements, three were retained because of their correlation with the body weight (thoracic perimeter, height at the withers and scapulo-ischial length). The weight correlation was higher with the thoracic perimeter ($r = 0.97$) and the scapulo-ischial length ($r = 0.96$) than with the height at the withers ($r = 0.92$). Several types of equations between the weight and two types of measurements (thoracic perimeter and scapulo-ischial length) were compared. The selected equation for all the animals (males and females) was a polynomial regression of the predicted weight (y) over the thoracic perimeter (x) and the scapulo-ischial length (z): $y = 0.02697x^2 - 4.25x + 1.535z + 96.145$ with a coefficient of determination $r^2 = 0.989$ and a residual standard deviation (S_y) of 11.23 kg. The error between the observed and predicted weights, expressed as percentages of the observed weight, was lower than 5% in 57.2% of the animals and lower than 10% in 90.1% of them. For the males, an equation also with two variables was selected: $y = 0.0260x^2 - 3.856x + 1.211z + 96.114$ with $r^2 = 0.990$ and $S_y = 10.33$ kg. For the females, a regression only using the thoracic perimeter ($y = 0.0281x^2 - 3.294x + 125.217$) showed great accuracy ($r^2 = 0.981$ and $S_y = 15.28$ kg). This latter equation was used to establish a conversion table of thoracic perimeters into body weights.

Key words: Cattle - Azawak zebu - Body measurement - Body weight - Niger.

Resumen

Dodo K., Pandey V.S., Illiassou M.S. Uso de la barimetría para la estimación del peso en el cebú Azawak en Níger

El objetivo del presente estudio fue el de determinar las ecuaciones barimétricas aplicables al cebú Azawak. Para esto, se obtuvieron los pesos, así como 12 tipos de medidas en 343 cebúes Azawak durante tres meses, en la estación experimental de Toukounous, en Níger. Los animales eran esencialmente jóvenes (74% tenían menos de dos años de edad). Entre los 12 tipos de medidas, tres (el perímetro torácico, la altura al garrote y la distancia escápulo-isquiática) se retuvieron para establecer la barimetría, debido a su correlación con el peso. La correlación del peso con el perímetro torácico ($r = 0.97$) o con la distancia escápulo-isquiática ($r = 0.96$) fue más elevada que con la altura al garrote ($r = 0.92$). Se compararon varios tipos de relación entre el peso y los dos tipos de medidas (perímetro torácico y distancia escápulo-isquiática). La ecuación barimétrica que se retuvo para el conjunto de los animales (machos y hembras) fue una regresión polinomial de tipo predicción (y) sobre el perímetro torácico (x) y la distancia escápulo-isquiática (z): $y = 0.02697x^2 - 4.25x + 1.535z + 96.145$, con un coeficiente de determinación $r^2 = 0.989$ y una desviación estándar residual (S_y) de 11,23 kg. El error entre el peso observado y el peso esperado, expresado en porcentaje del peso observado, fue inferior a 5% en 57,2% de los animales e inferior a 10% en 90,1% de ellos. Se propone igualmente una ecuación, también de dos variables, para los machos: $y = 0.0260x^2 - 3.856x + 1.211z + 96.114$ con $r^2 = 0.990$ y $S_y = 10,33$ kg. En las hembras, una regresión únicamente a partir del perímetro torácico ($y = 0.0281x^2 - 3.294x + 125.217$) permitió igualmente la obtención de una buena precisión ($r^2 = 0.981$ y $S_y = 15,28$ kg). Esta última ecuación se utilizó para establecer una tabla de conversión del perímetro torácico en peso.

Palabras clave: Ganado bovino - Cebú Azawak - Medición del cuerpo - Peso corporal - Níger.

Analyse comparative de la productivité des cheptels de petits ruminants en élevage extensif tropical : une nouvelle approche par les modèles matriciels en temps discret

M. Lesnoff^{1*} R. Lancelot^{1,2} E. Tillard^{1,3} B. Faye¹

Mots-clés

Ovin - Dynamique des populations - Productivité - Modèle mathématique - Sénégal.

Résumé

Une nouvelle méthode d'analyse comparative de la productivité des cheptels domestiques tropicaux est présentée ici. Cette méthode a utilisé les modèles démographiques matriciels et la méthode des modèles de production à l'équilibre (*steady-state models*). Les méthodes démographiques classiques utilisent des modèles à pas de temps annuel, peu adaptés pour les espèces à cycle de reproduction relativement court et dont les mises bas surviennent tout au long de l'année. Dans ce nouveau modèle, l'année a été décomposée en quinzaines. Trois apports opérationnels principaux ont été présentés. Premièrement, le pas de temps court a pu diminuer le biais dans l'estimation des paramètres démographiques (fécondité, mortalité, exploitation ou importation d'animaux). Deuxièmement, le modèle périodique a pu représenter conjointement les variations intra-annuelles et interannuelles des paramètres démographiques et d'autres paramètres comme le poids ou le prix de vente des animaux. Enfin, la méthode d'inférence proposée (utilisant le *bootstrap* non paramétrique) a permis de calculer des intervalles de confiance et de réaliser des tests pour comparer la productivité de cheptels différents. La méthode a été testée avec des données de terrain récoltées sur des cheptels d'ovins au Sénégal. Elle peut également être appliquée à d'autres espèces domestiques ou sauvages dans divers contextes zootechniques ou écologiques.

■ INTRODUCTION

Les épidémiologistes et les zootechniciens tropicalistes ont besoin de méthodes permettant de quantifier la productivité d'un cheptel (définie ici par un ensemble d'animaux regroupés en un ou plusieurs troupeaux) pour réaliser le diagnostic d'un système de production, pour le comparer à d'autres systèmes ou pour évaluer l'efficacité d'interventions zootechniques ou sanitaires (modification d'un régime alimentaire, évaluation zoo-économique d'un vaccin ou d'un vermifuge, etc.). Divers indicateurs synthétiques de la productivité globale d'un cheptel ont été définis (8, 23, 30, 35, 36, 46, 47). Les plus élaborés sont construits à partir de modèles démographiques qui représentent l'ensemble du cycle de vie des animaux. Ces modèles permettent de comprendre comment se construit la productivité globale d'un cheptel et d'identifier l'origine des différences observées entre cheptels (28). Une approche démographique classique correspond aux modèles de production à

1. Cirad-emvt, TA30/A, Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France

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

3. Adresse actuelle : Cirad, Station de Ligne-Paradis, 7 chemin de l'Irat, Ligne-Paradis, 97410 Saint-Pierre, Ile de la Réunion, France

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +33 (0)4 67 59 37 70 ; fax : +33 (0)4 67 59 38 25

E-mail: matthieu.lesnoff@cirad.fr

l'équilibre (*steady-state models*) (4, 38, 46), mais d'autres sont possibles (5, 6, 7, 39).

Les modèles de production à l'équilibre font partie des modèles matriciels en temps discret introduits par Leslie (26) et développés par la suite (12, 45). Ils bénéficient à ce titre de nombreux résultats théoriques. Le principe consiste à diviser le cheptel étudié en catégories définies, par exemple, par le sexe et la classe d'âge des animaux. L'état du cheptel au temps t est décrit par un vecteur $x(t)$ dont les composantes sont les effectifs d'animaux par catégorie. Les animaux d'une même catégorie sont supposés réagir de manière identique à leur environnement. Une équation matricielle $x(t+1) = A x(t)$ prédit par récurrence l'effectif dans chaque catégorie aux temps $t+1$, $t+2$, etc. La matrice de projection démographique A contient les paramètres démographiques (fécondité, mortalité naturelle, exploitation et importation dans les troupeaux) pour les différentes catégories d'animaux.

Dans ces modèles, la productivité numérique d'un cheptel est souvent définie comme l'effectif des animaux exploitables chaque année en situation d'équilibre démographique stationnaire (le cheptel est en situation d'équilibre stationnaire lorsque son état est identique en début et en fin d'année). Elle correspond au potentiel productif du cheptel pour un effectif total donné et certaines hypothèses concernant le niveau d'exploitation des différentes catégories d'animaux. Les productivités pondérales ou monétaires peuvent être obtenues en pondérant l'effectif des animaux exploités dans chaque catégorie par le poids ou le prix de vente moyen des animaux des catégories considérées. L'équilibre stationnaire est une hypothèse de travail pour le calcul de la productivité (d'autres hypothèses de croissance démographique peuvent néanmoins être posées sans difficulté ; cf. la partie discussion). Cette hypothèse ne correspond pas à un objectif de production mais permet de comparer plusieurs cheptels sur une base commune (46).

Dans les applications zootechniques usuelles, les modèles de production à l'équilibre sont construits en considérant un pas de temps annuel. L'état d'un cheptel en fin d'année est prédit à partir de son état initial à l'aide de paramètres démographiques annuels moyens. Chez les petits ruminants en Afrique subsaharienne, cependant, l'alternance de saisons sèche et pluvieuse provoque des stress périodiques et des variations des performances zootechniques. Les abatages massifs lors des fêtes religieuses, les ventes ou les confiages d'animaux entre éleveurs à certaines périodes de l'année provoquent de fortes variations dans les taux d'exploitation (16, 17, 34). Le pas de temps annuel ne permet pas de représenter ces phénomènes.

L'objectif de cet article a été de présenter un modèle de production à l'équilibre construit sur la base d'un pas de temps plus court, prenant en compte les variations intra-annuelles des paramètres démographiques des cheptels. Ce modèle a décomposé l'année en phases, des quinzaines dans le cas présenté, et a prédit l'évolution du cheptel de phase en phase (27). Il est appelé « périodique » (12, 40) lorsque la matrice de projection annuelle A est constante d'année en année. Bien que la productivité numérique annuelle soit définie de la même manière que pour un modèle à pas de temps annuel, la méthode conventionnelle de calcul (46) ne peut s'appliquer au modèle par quinzaine en raison de la structure plus complexe de la matrice A . Une nouvelle méthode développée pour pallier cette difficulté est présentée ici (28, 29). Pour simplifier l'exposé, les principes ont été introduits en prenant l'exemple d'un modèle à pas de temps annuel. Les extensions pour le cas du modèle matriciel par quinzaine sont ensuite présentées.

A titre d'exemple, cette méthode a été appliquée pour évaluer l'efficacité zoo-économique d'un plan de prophylaxie de la pathologie respiratoire et du parasitisme gastro-intestinal chez les ovins Djallonké de la région de Kolda (Sénégal). Les différents avan-

tages et les conditions d'utilisation du modèle proposé sont discutés à la fin de l'article.

■ NOUVELLE METHODE DEMOGRAPHIQUE POUR L'ANALYSE COMPARATIVE DE LA PRODUCTIVITE DE CHEPTELS

Principe de la méthode pour un modèle à pas de temps annuel

Le cheptel et ses paramètres démographiques

Pour présenter la méthode, nous avons pris l'exemple d'un cheptel qui contenait uniquement des femelles et dans lequel nous avons supposé qu'il n'y avait pas eu d'importation d'animaux. Dans les sections suivantes, nous avons précisé comment la méthode a pris en compte les mâles et les importations d'animaux.

Nous avons supposé que ce cheptel était décomposé en trois classes d'âge :

1. Ages exacts inférieurs ou égaux à un an (classe notée « 0-1 an ») ;
2. Ages exacts compris entre un an (exclu) et deux ans (classe notée « 1-2 ans ») ;
3. Ages exacts supérieurs à deux ans (classe notée « > 2 ans »).

Dans le modèle, l'état du cheptel à un temps t est décrit par les effectifs $x_i(t)$ des femelles présentes dans les classes d'âge i ($i = 1, 2$ ou 3). Le cheptel est également décrit par un ensemble de paramètres démographiques pour chaque classe d'âge i :

- la fécondité f_i représente l'effectif moyen de produits femelles (dans l'exemple présent, seule l'évolution du cheptel des femelles a été représentée, les naissances de mâles n'ont donc pas été comptabilisées) dans l'année issue d'une femelle appartenant à la classe i en début d'année ;

- la probabilité de survie dans le troupeau s_i représente la probabilité de ne pas sortir du troupeau durant l'année pour une femelle dans la classe i en début d'année. Cette probabilité a été définie par $s_i = 1 - P_i(\text{mor}) - P_i(\text{exp})$, où $P_i(\text{mor})$ et $P_i(\text{exp})$ ont représenté respectivement les probabilités de mort naturelle et d'exploitation (abatage, vente, confiage, etc.) dans l'année. Cette définition de la probabilité s_i est discutée plus loin. Dans les cheptels domestiques, les naissances sont étalées dans l'année. Une « classe d'âge » supplémentaire (classe notée « 0 ») représente ainsi les femelles nées en cours d'année ; le paramètre $s_0 = 1 - P_0(\text{mor}) - P_0(\text{exp})$ représente la probabilité de ne pas sortir du troupeau avant la fin de l'année pour ces femelles.

Modèle démographique et ses propriétés

Le modèle démographique est défini par les équations de récurrence suivantes :

$$x_1(t+1 \text{ an}) = s_0[f_1 x_1(t) + f_2 x_2(t) + f_3 x_3(t)] ;$$

$$x_2(t+1 \text{ an}) = s_1 x_1(t) ;$$

$$x_3(t+1 \text{ an}) = s_2 x_2(t) + s_3 x_3(t).$$

Ces équations peuvent s'écrire sous la forme matricielle $x(t+1) = A x(t)$, où :

$$\begin{bmatrix} x_1(t+1 \text{ an}) \\ x_2(t+1 \text{ an}) \\ x_3(t+1 \text{ an}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_0 f_1 & s_0 f_2 & s_0 f_3 \\ s_1 & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & s_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix}$$

La matrice A est appelée matrice de projection démographique ou matrice de Leslie (26). Lorsque les paramètres démographiques

sont supposés constants d'année en année, la dynamique inter-annuelle est calculée par :

$$x(t + T) = A x(t) = A^2 x(t-2) = \dots = A^T x(t)$$

A long terme et dans un environnement constant, le cheptel décrit par ce modèle converge vers un état stable : la croissance du cheptel devient exponentielle et le vecteur d'état $x(t)$ converge vers une structure d'âge v (12). En d'autres termes, en régime stable, le cheptel croît chaque année avec le même taux λ , soit $x(t + 1) \approx \lambda x(t)$, et la pyramide des âges reste constante d'année en année. La situation d'équilibre démographique stationnaire correspond au cas où $\lambda = 1$. Le taux de multiplication annuel λ et la structure d'âge stable v sont calculés respectivement par la valeur propre dominante de la matrice A et son vecteur propre à droite associé. Ils ne dépendent que de la matrice A et non du vecteur des effectifs décrivant l'état initial du cheptel.

Calcul de la productivité

La méthode proposée est décomposée en deux étapes principales :

- la première étape a consisté à estimer la fécondité et la probabilité de mort naturelle pour les différentes classes d'âge à partir des données disponibles et provenant en général de suivis de troupeaux. Ces paramètres déterminent le potentiel biologique du cheptel, notamment son potentiel de croissance démographique ;
- la seconde étape a consisté à déterminer, pour les différentes classes d'âge, les probabilités d'exploitation permettant d'engendrer un taux de croissance démographique fixé comme hypothèse pour le cheptel (en général, la situation d'équilibre stationnaire). Pour calculer ces probabilités d'exploitation, la méthode consiste à supposer qu'elles sont le produit d'une composante variable, notée φ , et d'une composante constante, appelée « structure d'exploitation de référence » et notée $\{P_{ref,0}(exp), P_{ref,1}(exp), P_{ref,2}(exp), P_{ref,3}(exp)\}$.

Dans l'exemple les probabilités de survie dans le troupeau ont été définies comme suit :

$$s_0 = 1 - P_{0,ref}(mor) - \varphi P_{0,ref}(exp)$$

$$s_1 = 1 - P_{1,ref}(mor) - \varphi P_{1,ref}(exp)$$

$$s_2 = 1 - P_{2,ref}(mor) - \varphi P_{2,ref}(exp)$$

$$s_3 = 1 - P_{3,ref}(mor) - \varphi P_{3,ref}(exp)$$

La composante φ est un nombre représentant l'intensité globale d'exploitation. La structure d'exploitation de référence représente les pratiques de gestion des effectifs mises en œuvre par les éleveurs. Elle détermine l'importance respective des probabilités d'exploitation pour les différentes classes d'âge. La structure $\{P_{ref,0}(exp), P_{ref,1}(exp), P_{ref,2}(exp), P_{ref,3}(exp)\} = \{1, 1, 1, 1\}$ signifiait par exemple que toutes les classes d'âge sont exploitées au même taux. La structure $\{P_{ref,0}(exp), P_{ref,1}(exp), P_{ref,2}(exp), P_{ref,3}(exp)\} = \{0, 0, 4, 1\}$ signifie en revanche que seules les classes d'âge 2 et 3 sont exploitées, la classe 3 étant exploitée quatre fois plus que la classe 2. Cette structure d'exploitation de référence peut être calculée d'après les données disponibles, pour représenter les pratiques observées chez les éleveurs, ou bien fixée *a priori*, afin d'étudier l'effet de la structure d'exploitation sur la productivité du cheptel.

L'intensité d'exploitation φ est utilisée pour contrôler le taux de croissance démographique du cheptel, par rapport à la structure d'exploitation de référence fixée. Lorsque $\varphi = 0$, il n'y a pas d'exploitation, le cheptel croît. Plus φ augmente, plus la croissance démographique diminue. La méthode consiste à calculer la valeur de φ engendrant le taux de croissance démographique fixé comme objectif.

En pratique, les probabilités de survie s_i , fonctions décroissantes de l'intensité φ , sont placées dans la matrice de projection annuelle A . Le taux de multiplication annuel λ est lui-même une fonction décroissante de φ (les fécondités, les probabilités de mort naturelle et la structure d'exploitation de référence sont supposées fixées dans le modèle). Il s'agit de calculer la valeur $\varphi_{objectif}$ de φ assurant la condition $\lambda = \lambda_{objectif}$ ($\lambda_{objectif} = 1$ pour l'équilibre stationnaire).

Une fois cette valeur calculée, les effectifs des femelles exploitables dans l'année sont déduits en fixant comme vecteur d'état initial du cheptel $x(t)$ un vecteur proportionnel à la structure d'âge stable du cheptel exploité, c'est-à-dire $x(t) = n v$ où n représente l'effectif total du cheptel et $v = \{v_1, v_2, v_3\}$ est le vecteur propre dominant standardisé ($v_1 + v_2 + v_3 = 1$) de la matrice de projection annuelle A (de manière générale, v vérifie $A v = \lambda v$; à l'équilibre stationnaire, v vérifie $A v = v$). Les effectifs des femelles exploitables dans l'année sont définis comme suit :

- pour la classe 0, $z_0 = n \varphi_{objectif} P_{0,ref}(exp) (f_1 v_1 + f_2 v_2 + f_3 v_3)$;
- pour la classe 1, $z_1 = n \varphi_{objectif} P_{1,ref}(exp) v_1$;
- pour la classe 2, $z_2 = n \varphi_{objectif} P_{2,ref}(exp) v_2$;
- pour la classe 3, $z_3 = n \varphi_{objectif} P_{3,ref}(exp) v_3$.

La productivité du cheptel d'effectif total n , notée W , est définie comme la somme pondérée des effectifs des femelles exploitables dans l'année : $W = c_0 z_0 + c_1 z_1 + c_2 z_2 + c_3 z_3$, où c_i représente un paramètre de pondération, comme le poids ou le prix de vente des animaux. Si $c_i = 1$, W représente la productivité numérique du cheptel.

Pour la réalisation des calculs, les équations précédentes sont exprimées sous forme matricielle et la valeur $\varphi_{objectif}$ est calculée à l'aide de la méthode itérative de Newton-Raphson (28).

Exemple numérique

En prenant les valeurs suivantes comme paramètres d'entrée pour le modèle :

- fécondités $\{f_1, f_2, f_3\} = \{0 ; 0,45 ; 0,45\}$;
 - mortalités naturelles $\{P_0(mor), P_1(mor), P_2(mor), P_3(mor)\} = \{0,10 ; 0,10 ; 0,10 ; 0,05\}$;
 - structure d'exploitation de référence $\{P_{ref,0}(exp), P_{ref,1}(exp), P_{ref,2}(exp), P_{ref,3}(exp)\} = \{0 ; 0 ; 4 ; 1\}$;
- nous avons obtenu en sorties du modèle :

- l'intensité d'exploitation engendrant l'équilibre stationnaire $\varphi_{objectif} = 0,141$;
- la structure d'âge stable $\{v_1, v_2, v_3\} = \{0,29 ; 0,26 ; 0,45\}$;
- la productivité numérique $W = 210$ femelles, pour un cheptel d'effectif total $n = 1\ 000$ femelles.

Cette productivité numérique, mesure du potentiel productif du cheptel d'effectif total n , a été calculée par rapport aux hypothèses fixées, c'est-à-dire à la structure d'exploitation de référence et au taux de multiplication annuel fixés comme objectif. Si l'une de ces hypothèses varie, l'intensité d'exploitation $\varphi_{objectif}$ et la productivité W varient également pour un même potentiel biologique de départ, c'est-à-dire pour les mêmes fécondités et probabilités de mort naturelle. Ainsi, lorsque plusieurs cheptels sont comparés, leur productivité doit être calculée en fixant une structure d'exploitation et une hypothèse de croissance démographique communes à l'ensemble des cheptels.

Extension au cas d'une étude pluriannuelle

L'exemple précédent n'a concerné qu'une année de production. La méthode s'applique aussi quand la productivité est évaluée sur une période pluriannuelle. Par exemple, pour une période de trois

années, la matrice de projection est $A = A_{t+2} A_{t+1} A_t$, où A_t représente la matrice de projection pour l'année $[t, t + 1 \text{ an}]$. La valeur propre dominante λ de A représente le taux de multiplication pluriannuel de la population (le taux annuel moyen a été $\lambda^{1/3}$). Le calcul de la productivité pluriannuelle s'effectue selon le même principe que le précédent :

- la première étape est de fixer une structure d'exploitation de référence pour les trois années. Cette structure peut être identique pour les trois matrices annuelles ou varier d'une année sur l'autre ;
- la seconde étape consiste à rechercher l'intensité d'exploitation $\varphi_{\text{objectif}}$ qui engendre une valeur propre λ de la matrice A égale au taux de multiplication pluriannuel fixé comme objectif. La productivité W correspond à la somme des productions observées sur les trois années pour l'intensité d'exploitation $\varphi_{\text{objectif}}$. Dans le cas d'une productivité monétaire, les valeurs peuvent être actualisées chaque année.

Cas du modèle démographique par quinzaine

Dans le modèle proposé, le vecteur d'état de la population est calculé de quinzaine en quinzaine d'après l'équation de récurrence (27, 29) :

$$x(k + 1 \text{ quinzaine}) = B_k x(k)$$

Le vecteur d'état $x(k)$ contient les effectifs des femelles et des mâles présents en début de quinzaine k dans les différentes classes d'âge (la taille des classes d'âge a été de 15 j). Chaque matrice B_k a la structure d'une matrice de Leslie conventionnelle (figure 1) et représentait conjointement le cycle de vie des femelles et celui des mâles. Sur une échelle annuelle (24 quinzaines), la dynamique a été décrite par l'équation :

$$x(t + 1 \text{ an}) = B_{24} \dots B_1 x(t) = A x(t)$$

A long terme, le modèle a les mêmes propriétés de convergence que le modèle de Leslie annuel, mais la matrice de projection A est plus complexe. Le taux de multiplication asymptotique annuel λ et la structure stable v sont calculés par la valeur propre dominante de la matrice A et son vecteur propre à droite associé. Le taux λ ne dépend que des paramètres démographiques des femelles, le modèle est appelé femelle-dominant. Les paramètres des mâles affectent uniquement le rapport femelles/mâles et la structure d'âge des mâles dans le cheptel.

$$x(k) = [x_{f,1}(k), \dots, x_{f,J}(k), x_{m,1}(k), \dots, x_{m,L}(k)]'$$

$$B_k = \begin{bmatrix} s_{f,k0} f_{f,k1} & & \dots & & s_{f,k0} f_{f,kJ} & & 0 & \dots & & 0 \\ s_{f,k1} & 0 & & & 0 & & & & & \\ 0 & s_{f,k2} & & & & & & & & \\ & & \dots & & 0 & & & & & \\ 0 & 0 & s_{f,kJ-1} & s_{f,kJ} & & & 0 & \dots & & 0 \\ \hline s_{m,k0} f_{m,k1} & & \dots & & s_{m,k0} f_{m,kJ} & & 0 & \dots & & 0 \\ 0 & & \dots & & 0 & & s_{m,k1} & 0 & & \\ & & & & & & 0 & s_{m,k2} & & \\ & & & & & & & & \dots & \dots & 0 \\ 0 & & \dots & & 0 & & 0 & \dots & 0 & s_{m,kL-1} & s_{m,kL} \end{bmatrix}$$

Figure 1 : structures du vecteur d'état $x(k)$ du cheptel et de la matrice de projection B_k pour la quinzaine k . Les paramètres f et s représentent respectivement les fécondités et les probabilités de survie dans le troupeau pour les différentes classes d'âge (dans la matrice représentée, il y a J classes d'âge femelles et L classes d'âge mâles).

Pour le calcul de la productivité, les extensions par rapport à la méthode décrite dans l'exemple du modèle à pas de temps annuel ont été les suivantes (28, 29) :

- la prise en compte des mâles ;
- la prise en compte des importations d'animaux ;
- la définition d'une structure d'exploitation nette de référence, représentant l'importance respective des niveaux d'exploitations nettes (balance des exploitations et importations) pour les différents sexes, classes d'âge et quinzaines dans l'année.

Pour un sexe, une classe d'âge et une quinzaine donnés, la « probabilité » d'exploitation nette a été $P(\text{exp}) - P(\text{imp})$, où $P(\text{imp})$ représente le paramètre d'importation des animaux dans les troupeaux. A la différence de $P(\text{exp})$, $P(\text{imp})$ n'est pas une probabilité au sens strict car une partie des animaux importés dans les troupeaux peuvent provenir d'une population différente de celle des cheptels étudiés. Le modèle suppose que l'effectif des animaux importés dans les troupeaux durant une quinzaine est proportionnel, avec un coefficient $P(\text{imp})$, à l'effectif des animaux présents au début de la quinzaine :

$$\text{Nombre d'animaux importés} = P(\text{imp}) \times \text{nombre d'animaux présents}$$

Cette hypothèse se justifie si les troupeaux échantillonnés pour l'estimation des paramètres démographiques ont un effectif qui reste proportionnel à celui de l'ensemble du cheptel (27). Dans le cas d'un pas de temps court comme la quinzaine, le paramètre $P(\text{imp})$ présente des valeurs toujours très inférieures à 1 et peut être traité (en première approximation) comme une probabilité (28). Dans la suite du texte, par abus de langage, les paramètres $P(\text{exp}) - P(\text{imp})$ (qui peuvent être négatifs) et $P(\text{imp})$ ont été appelés respectivement probabilité d'exploitation nette et probabilité d'importation.

Pour contrôler le taux de croissance démographique du cheptel, la méthode suppose que les probabilités d'exploitation varient indépendamment des probabilités d'importation : ces dernières ne dépendent pas du nombre φ qui contrôle l'intensité globale d'exploitation. Par ailleurs, pour respecter l'hypothèse de femelle-dominance, φ ne contrôle pas l'exploitation des mâles (le taux de multiplication annuel λ ne dépend que des paramètres des femelles). Les probabilités de survie pour une classe d'âge i et une quinzaine k données sont alors définies comme suit :

- pour les femelles par $s_{f,ki} = 1 - P_{f,ki}(\text{mor}) - \varphi P_{\text{ref},f,ki}(\text{exp}) + P_{\text{ref},f,ki}(\text{imp})$;
- pour les mâles par $s_{m,ki} = 1 - P_{m,ki}(\text{mor}) - P_{\text{ref},m,ki}(\text{exp}) + P_{\text{ref},m,ki}(\text{imp})$.

Le principe du calcul de la productivité d'un cheptel est identique à celui présenté dans l'exemple du modèle à pas de temps annuel. Les paramètres de fécondité, de mort naturelle, d'exploitation et d'importation sont placés dans les matrices de projection par quinzaine B_k dont le produit a engendré la matrice de projection annuelle A . Le taux de multiplication annuel à long terme λ , valeur propre dominante de la matrice A , est une fonction décroissante de l'intensité φ . La valeur $\varphi_{\text{objectif}}$ permettant d'atteindre le taux de multiplication annuel fixé comme objectif ($\lambda_{\text{objectif}}$) est calculée de manière itérative (28). Pour un stade d'âge i et une quinzaine k , l'effectif net des animaux exploités est calculé comme suit :

- pour les femelles par $z_{f,ki} = [\varphi_{\text{objectif}} P_{\text{ref},f,ki}(\text{exp}) - P_{\text{ref},f,ki}(\text{imp})] x_{f,i}(k)$;
- pour les mâles par $z_{m,ki} = [P_{\text{ref},m,ki}(\text{exp}) - P_{\text{ref},m,ki}(\text{imp})] x_{m,i}(k)$.

Le vecteur représentant le cheptel en début d'année est déterminé par $x(t) = n v$. La somme des effectifs des animaux exploités (nets) sur l'ensemble des classes d'âge et des quinzaines dans l'année, somme éventuellement pondérée par des poids vifs ou des prix de vente, donne la productivité W . La productivité totale peut être décomposée en une productivité femelle et une productivité mâle : $W = W_f + W_m$.

Calcul d'intervalles de confiance pour les productivités estimées

En pratique, les paramètres démographiques sont estimés à l'aide de régressions ajustées sur un échantillon observé. Ils sont connus avec une certaine imprécision (écart-type). La productivité W , fonction de ces paramètres, est par conséquent estimée avec une certaine incertitude qui doit être prise en compte dans les analyses comparatives entre cheptels. Les estimations de W doivent être accompagnées d'intervalles de confiance, permettant d'encadrer les vraies valeurs (inconnues), avec un certain niveau de confiance. Les comparaisons entre cheptels doivent s'appuyer sur des tests statistiques pour décider si les différences observées sont significatives ou si elles peuvent provenir de l'incertitude due à l'échantillonnage.

Ce problème est ignoré dans la littérature zootechnique concernant les indicateurs démographiques de la productivité des cheptels. A la connaissance des auteurs, seuls Ankers et coll. (2) l'ont abordé dans le cadre des modèles de production à l'équilibre. Ces auteurs ont évalué l'effet d'un traitement prophylactique sur la productivité des ovins en Gambie. L'étude a porté sur quatre villages et chaque village comprenait un lot d'animaux traités et un lot d'animaux témoins. Les productivités des lots d'animaux traités et témoins ont été estimées séparément pour chaque village et les moyennes des productivités des lots traités et témoins ont été comparées par un test de Student. Cette procédure n'a pas tenu compte des variances d'échantillonnage des paramètres démographiques estimés pour chaque lot d'animaux.

Pour calculer les intervalles de confiance des estimations de W et réaliser des tests statistiques, il est nécessaire de calculer la loi de probabilité des estimateurs (ou au moins leur variance). La productivité W étant une fonction complexe des paramètres démographiques, le calcul analytique de cette loi de probabilité pose des problèmes importants.

Une autre possibilité est d'utiliser une procédure de ré-échantillonnage (*bootstrap* non paramétrique ; 15), mise en oeuvre par

exemple en écologie pour l'étude de la dynamique des populations sauvages (9, 22, 33). Nous avons adapté cette technique au ré-échantillonnage des carrières des animaux présents dans l'échantillon pour prendre en compte les corrélations existant entre les différents paramètres démographiques (28, 29).

La carrière d'une femelle a été résumée par son entrée dans l'un des troupeaux du cheptel (naissance ou importation), son devenir (survie dans le troupeau, mort naturelle ou exploitation), l'ensemble de ses mises bas et le nombre des produits obtenus lors de chaque mise bas observée. La carrière d'un mâle a été résumée par son entrée dans l'un des troupeaux du cheptel et son devenir. La procédure de ré-échantillonnage a consisté à construire un nombre de B échantillons *bootstrap* à partir de l'échantillon d'origine des carrières animales. Chaque échantillon de même taille que l'original (N carrières) a été construit en réalisant un échantillonnage aléatoire avec remise et à probabilités égales ($1/N$) des carrières dans l'échantillon d'origine. Les fécondités et les probabilités de mort naturelle ont été estimées pour chaque échantillon à partir des mêmes modèles de régression que ceux utilisés pour l'échantillon d'origine, puis ont été placées dans le modèle démographique pour calculer les productivités $W_{(b)}$, avec b variant de 1 à B (la même structure d'exploitation nette de référence a été conservée pour tous les échantillons). Un nombre suffisamment grand d'échantillons *bootstrap* (au moins 1 000, voire 10 000 en pratique) a permis d'estimer la distribution de la productivité estimée W (ou de toute fonction de cette productivité : différences ou rapports de productivités calculés pour différents cheptels) à partir de la distribution observée des productivités $W_{(b)}$.

Lorsque cette distribution se rapproche de celle d'une loi normale, l'intervalle de confiance au risque α de la productivité peut être estimé par $W \pm z_{1-\alpha/2} se_B$, où $z_{1-\alpha/2}$ est le quantile d'ordre $1-\alpha/2$ de la loi normale centrée réduite [$P(Z > z_{1-\alpha/2}) = \alpha/2$; par exemple, si $\alpha = 0,05$, alors $z_{1-\alpha/2} = 1,96$] et se_B l'écart-type estimé de W calculé d'après les productivités $W_{(b)}$:

$$se_B = \sqrt{\frac{\sum_{b=1}^B \left[W_{(b)} - \left(\frac{\sum_{b=1}^B W_{(b)}}{B} \right) \right]^2}{B - 1}}$$

Dans le cas contraire, la méthode des percentiles ou d'autres méthodes plus élaborées sont préférables (12, 15).

■ APPLICATION DU MODELE DEMOGRAPHIQUE PAR QUINZAINE

Le modèle matriciel périodique a été utilisé pour évaluer l'efficacité d'un plan de prophylaxie sur la productivité d'un cheptel sédentaire d'ovins domestiques dans la région de Kolda au Sénégal. Cette région subhumide est caractérisée par une saison des pluies de cinq mois (juillet-novembre), suivie d'une saison sèche de sept mois. Les paysans sont des Peuls sédentarisés pratiquant l'agriculture (riz, arachide, maïs, coton...) et l'élevage (bovins et petits ruminants). Les ovins sont de race Djallonké de petit format et trypanotolérante, élevés uniquement pour la viande et la vente d'animaux sur pieds. Ils sont élevés sur parcours naturels selon un mode de conduite très extensif (16).

L'estimation des paramètres démographiques du cheptel et les calculs démographiques ont été réalisés respectivement avec les logiciels Splus 2000 (32) et Matlab 5.3 (42).

Données

Les données sont provenues d'un suivi d'élevages réalisé dans le cadre du programme Pathologie et productivité des petits ruminants (44). Au cours de ce programme, les troupeaux suivis ont été sélectionnés sur des critères de représentativité agro-écologique, d'accessibilité en toute saison et de volontariat des éleveurs. Dans chaque troupeau, tous les animaux ont été identifiés. Des enquêteurs ont effectué des visites bimensuelles au cours desquelles les événements démographiques ont été notés (naissances, morts, entrées et sorties du troupeau) selon un protocole précis (18). Les données ont été saisies et validées au cours des travaux de terrain. Plus récemment, elles ont été placées dans une base de données relationnelle pour faciliter leur traitement (24).

Ces données ont été relevées lors des exercices agricoles de 1985, 1986 et 1987 (périodes allant du 1^{er} juillet de l'année calendaire au 30 juin de l'année suivante). L'un des objectifs du suivi a été d'estimer l'effet de mesures de prévention de la pasteurellose respiratoire (vaccination) et du parasitisme gastro-intestinal (vermifugation) au cours de ces périodes (19, 43).

Pour chaque exercice, la vaccination a consisté en deux injections d'un vaccin inactivé contre la pasteurellose respiratoire (*Pasteurella multocida* types A et D, PasteurelladND, Isra-Lnerv, Dakar, Sénégal). Le facteur décrivant la vaccination a été codé avec la lettre V (vacciné) ou C (témoin). La vermifugation a été réalisée en saison des pluies, à l'aide de fenbendazole (PanacurND, Hoechst, 7,5 mg/kg PV, deux administrations) lors de l'exercice 1985, puis de morantel (ExhelmND, Pfizer, 10 mg/kg PV, trois administrations lors des exercices de 1986 et 1987). Le facteur décrivant la vermifugation a été codé avec la lettre D (vermifugé) ou C (témoin).

Les villages ont été attribués aléatoirement à l'un des quatre groupes de traitement. Tous les animaux d'un même village ont reçu le même traitement. Les mêmes villages ont été suivis sur les trois exercices. Les quatre groupes de troupeaux ont été notés de la manière suivante :

- CC (non vaccinés et non vermifugés) ;
- CD (non vaccinés et vermifugés) ;
- VC (vaccinés et non vermifugés) ;
- VD (vaccinés et vermifugés).

Les effectifs des troupeaux et des animaux suivis dans les différents groupes sont présentés dans le tableau I.

Dans cette étude, deux analyses séparées ont été effectuées : l'analyse de l'exercice 1987 seul (plan 1987), puis l'analyse globale des trois exercices (plan 1985-1987).

Estimation des paramètres démographiques et des productivités

Pour chaque plan, les paramètres démographiques des matrices de projection par quinzaine B_k ont été estimés d'après des modèles statistiques de régression (modèles linéaires généralisés avec des liens « log-log complémentaire » et « logit »). Les facteurs suivants ont été introduits dans les modèles : (1) vaccination, (2) vermifugation, (3) exercice (pour le plan 1985-1987), (4) mois de l'année, (5) sexe et (6) groupe d'âge (0-3 mois, 3-6 mois, 6-12 mois, 1-2 ans, > 2 ans).

Pour chaque paramètre démographique, une procédure a été utilisée pour sélectionner le meilleur modèle de régression au sens du critère d'information d'Akaike (AIC ; 11). La sélection d'un modèle selon l'AIC obéit au principe de parcimonie, consistant à conserver les paramètres des modèles de régression expliquant la structure significative des données et à exclure les paramètres additionnels que ne peuvent justifier les données disponibles. Ce principe revient à trouver un compromis entre le biais et la variance d'échantillonnage des estimateurs.

La structure d'exploitation nette de référence a été calculée par la moyenne arithmétique des structures des quatre groupes de troupeaux (CC, VC, CD, VD) et, dans le plan 1985-1987, pour les trois exercices (la même structure de référence a été fixée pour les trois exercices). La structure utilisée pour le plan 1987 est présentée aux figures 2 et 3. La structure d'exploitation des mâles a été caractérisée par un fort effet de la fête de la Tabaski (sacrifice des moutons lors de la fête musulmane de l'Aïd El Kébir) en août, et l'augmentation rapide du niveau d'exploitation avec l'âge (figure 2). Les femelles ont présenté une structure d'exploitation plus complexe, avec un effet Tabaski moins net (figure 3).

La productivité numérique de chaque groupe de troupeaux a été estimée en situation d'équilibre démographique stationnaire pour un effectif total théorique de $n = 1\ 000$ animaux. Les effets

Tableau I

Effectifs des troupeaux et des ovins par groupe de traitement durant les exercices agricoles de 1985, 1986 et 1987 à Kolda, Sénégal

Exercices	Vaccination	Troupeaux		Femelles		Mâles	
		Vermifugation		Vermifugation		Vermifugation	
		C	D	C	D	C	D
1985	C	16	27	160	254	87	185
	V	27	23	287	240	152	168
1986	C	15	24	177	297	96	200
	V	23	24	265	270	147	173
1987	C	13	23	171	358	116	228
	V	15	23	156	277	75	174

CC : non vacciné et non vermifugé ; CD : non vacciné et vermifugé ; VC : vacciné et non vermifugé ; VD : vacciné et vermifugé

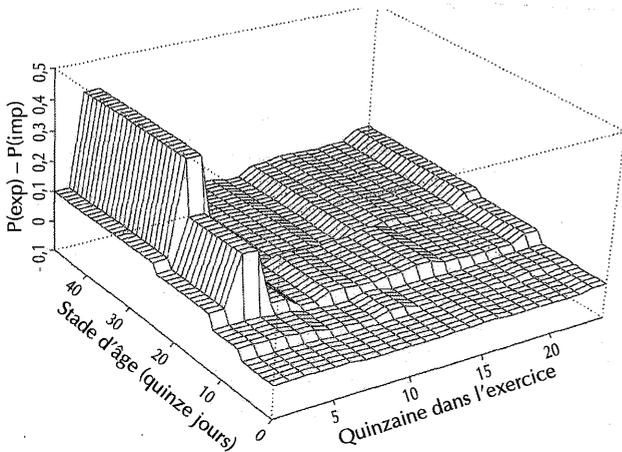


Figure 2 : structure d'exploitation nette $P(\text{exp}) - P(\text{imp})$, par classe d'âge de 15 j et par quinzaine des mâles de moins de deux ans, utilisée pour évaluer l'effet du plan de prophylaxie de 1987 sur la productivité des ovins Djallonké de Kolda (Sénégal). Cette structure a été estimée d'après les données de 1987. Les mâles survivants ont été supposés tous réformés à deux ans. Les classes d'âge de 15 j vont de 0 à 48 (de 0 à 2 ans) et les quinzaines vont de 1 (première quinzaine de juillet) à 24 (dernière quinzaine de juin). En 1987, la fête de la Tabaski a eu lieu en août (quinzaine n° 3).

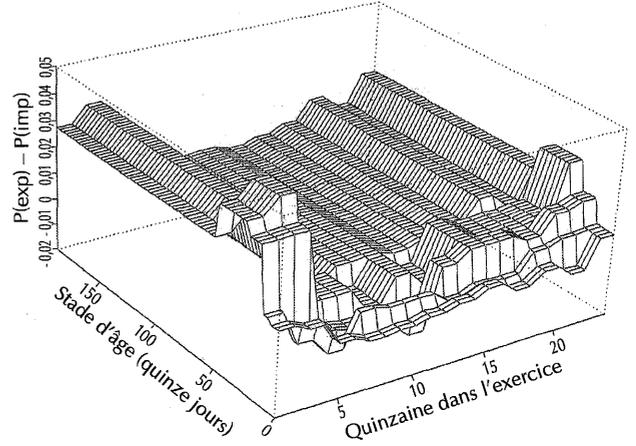


Figure 3 : structure d'exploitation nette des femelles $P(\text{exp}) - P(\text{imp})$, par classe d'âge de 15 j et quinzaine, utilisée pour évaluer l'effet du plan de prophylaxie de 1987 sur la productivité des ovins Djallonké de Kolda (Sénégal). Cette structure a été estimée d'après les données observées en 1987. Les classes d'âge de 15 j vont de 0 à 193 (de 0 à 8 ans et plus) et les quinzaines vont de 1 (première quinzaine de juillet) à 24 (dernière quinzaine de juin). En 1987, la fête de la Tabaski a eu lieu en août (quinzaine n° 3).

vaccination et vermifugation ont été estimés respectivement par $(W_{VC} + W_{VD}) - (W_{CC} + W_{CD})$ et $(W_{CD} + W_{VD}) - (W_{CC} + W_{VC})$. L'interaction vaccination-vermifugation a été estimée par $(W_{VD} - W_{VC}) - (W_{CD} - W_{CC})$.

Le calcul des intervalles de confiance n'a été effectué que pour le plan 1987. Les lois de probabilité des indicateurs de productivité ont été estimées à partir de $B = 1\ 000$ réplifications *bootstrap*. La taille de l'échantillon d'origine a été de $N = 1\ 555$ carrières animales. Les intervalles de confiance des effets et de l'interaction ont été calculés pour un risque de 5 p. 100.

Synthèse des résultats

Plan 1987

Des résultats déjà publiés (29) sont repris ici. La vaccination et l'interaction vaccination-vermifugation n'ont pas présenté d'effet significatif sur la productivité numérique (figure 4). En revanche, la vermifugation a présenté un effet positif significatif. Le gain de productivité numérique dû à la vermifugation a été quantifié par le rapport :

$$R_{\text{num}} = \frac{W_{CD} + W_{VD}}{W_{CC} + W_{VC}}$$

où W représente la productivité numérique totale. Le rapport bénéfice/coût de la vermifugation a été calculé par :

$$R_{BC} = \frac{(W_{CD} + W_{VD}) + (W_{CC} + W_{VC})}{C_{CD} + C_{VD}}$$

où W représente la productivité monétaire totale et C le coût lié à la vermifugation. Les productivités monétaires ont été calculées en multipliant les effectifs des animaux exploités (nets) par sexe, classe d'âge et quinzaine par les prix de vente des animaux des catégories considérées. Les prix de vente ont été estimés d'après les prix observés lors de l'exercice de 1996 dans la région de Kolda, plus représentatifs de la période actuelle que ceux de l'exercice de 1987. Deux périodes ont été considérées dans

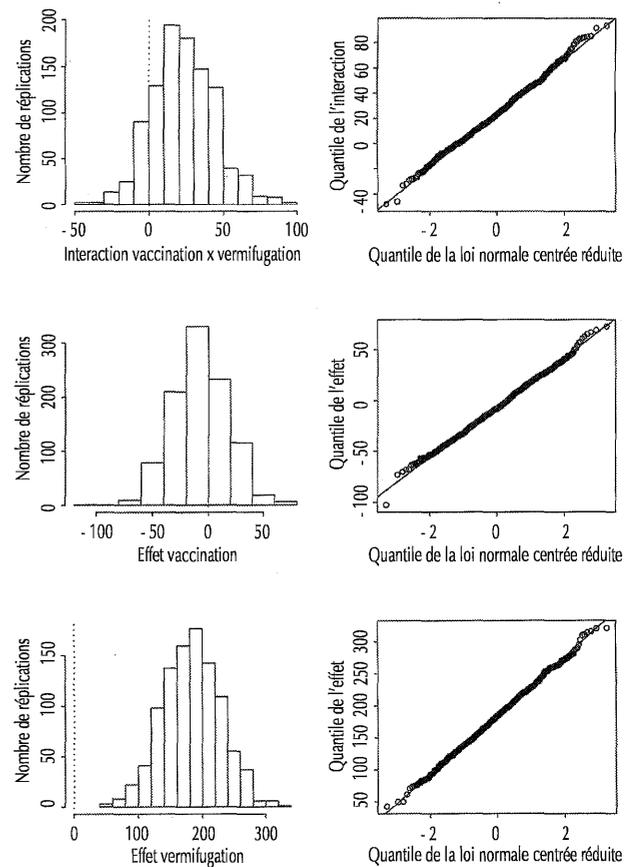


Figure 4 : quantiles des lois de probabilité empiriques calculés d'après 1 000 réplifications bootstrap de la productivité numérique totale (femelles + mâles) ; interaction $(W_{VD} - W_{VC}) - (W_{CD} - W_{CC})$, effet vaccination $(W_{VC} + W_{VD}) - (W_{CC} + W_{CD})$ et effet vermifugation $(W_{CD} + W_{VD}) - (W_{CC} + W_{VC})$ (l'abscisse des trois histogrammes représente la valeur de l'interaction et des effets en effectif d'animaux exploitables). Les quantiles des lois empiriques ont été représentés en fonction des quantiles de la loi normale centrée réduite. L'alignement des points le long d'une droite montre que les effets et l'interaction suivent approximativement une loi normale.

l'exercice agricole : la période de la fête de la Tabaski et la période hors de la fête de la Tabaski (tableau II). Le coût de vermifugation a été calculé en multipliant le prix d'un traitement (prix d'achat d'une dose de produit) par l'effectif des animaux d'âge supérieur à trois mois présents aux deux dates d'administration.

Les productivités numériques (femelles, mâles et totales) sont présentées dans le tableau III. Le rapport des productivités numériques totales a été estimé à $R_{num} = 1,22$, ce qui représente un gain de 91 animaux produits pour une population de $n = 1\ 000$ ovins, avec un intervalle de confiance de $[1,10 ; 1,36]$. Le rapport bénéfice/coût a été estimé à $R_{BC} = 3,70$ avec un intervalle de confiance de $[1,88 ; 5,39]$ (29 pour une présentation détaillée), autrement dit pour 1 Fcfa investi pour vermifuger les animaux, le gain moyen attendu en productivité financière a été de 3,70 Fcfa.

Plan 1985-1987

Le diagnostic zootechnique a été semblable à celui obtenu pour le plan 1987. Les rapports entre les productivités numériques totales des groupes vaccinés et non vaccinés ont tous été inférieurs à 1 (tableau IV). Pour la vermifugation, le rapport $(W_{CD} + W_{VD}) / (W_{CC} + W_{VC})$ a été de 1,272, montrant un gain de productivité après vermifugation légèrement supérieur à celui observé pour le plan 1987 (1,223), résultant des fortes mortalités dans le groupe VC en 1986 et 1987, difficilement imputables à la vaccination.

Une analyse de la sensibilité des résultats à l'hypothèse d'équilibre démographique stationnaire a été effectuée en calculant le rapport des productivités numériques $(W_{CD} + W_{VD}) / (W_{CC} + W_{VC})$ pour différentes valeurs du taux de multiplication fixé comme objectif ($\lambda_{objectif}$). Ce rapport est passé de 1,162 à 1,481 pour des valeurs du taux de multiplication annuel ($\lambda_{objectif}^{1/3}$) respectivement de 0,8 et 1,2.

■ DISCUSSION

Effet des prophylaxies

Les résultats sur l'efficacité de la vermifugation concordent avec ceux de Tillard (43) pour la région de Kolda. Les productivités numériques et monétaires calculées en 1987 ont montré un effet positif significatif de la vermifugation. Pour la productivité numérique, cet effet a été confirmé par les résultats obtenus entre 1985 et 1987 (sous réserve des tests de significativité non effectués). Dans son étude, Tillard considère une intervention prophylactique planifiée sur une période de cinq exercices agricoles successifs. Les données utilisées pour estimer la fécondité et la mortalité des animaux vermifugés et non vermifugés englobent les jeux de données traités dans la présente étude. Les productivités sont calculées à l'aide d'un modèle démographique à pas de temps annuel. Sa méthode consiste à comparer deux projections démographiques, avec et sans prophylaxie. Pour une projection donnée, les paramètres d'exploitation des femelles sont calculés lors de chaque exercice agricole pour assurer l'équilibre démographique stationnaire du cheptel. Les productivités sont calculées en cumulant les valeurs monétaires actualisées des animaux exploités sur l'ensemble des cinq exercices. Tillard ne présente pas de résultats comparatifs sur les productivités numériques. Seuls les rapports bénéfice/coût sont estimés, respectivement à 5,04 et 5,40 pour le fenbendazole et le morantel. Ces résultats sont difficiles à comparer avec ceux présentés dans cet article, du fait de la différence des modèles mis en œuvre et des méthodes utilisées pour le calcul des paramètres démographiques et du coût de la prophylaxie. Tillard estime les rapports bénéfice/coût d'après des valeurs monétaires actualisées et les coûts de traitement tiennent compte des coûts directs (prix d'achat des vermifuges) et indirects liés à la mise en place du projet. En revanche, dans la pré-

Tableau II

Prix de vente moyens (Fcfa)
des ovins Djallonké de Kolda (Sénégal)
par sexe, classe d'âge et période en 1996
(d'après Lesnoff et coll., 2000, *Prev. vet. Med.*)

Classe d'âge	Femelles		Mâles	
	HT ¹	T ²	HT	T
0-3 mois	5 000	5 000	5 000	5 000
3-6 mois	8 500	8 500	9 500	10 000
6-12 mois	10 000	10 000	12 500	15 500
1-2 ans	11 500	11 500	19 000	27 000
> 2 ans	14 000	14 000	—	—

1. Hors de la fête de la Tabaski

2. Lors de la fête de la Tabaski

Tableau III

Productivités numériques des ovins Djallonké de Kolda (Sénégal) estimées par groupe de traitement du plan de prophylaxie de 1987, sous l'hypothèse d'équilibre démographique stationnaire pour un effectif de 1 000 animaux dans chaque groupe

Groupes de troupeaux	Femelles	Mâles	Total
W_{CC}	204,7	213,4	418,1
W_{CD}	259,4	238,4	497,6
W_{VC}	198,8	203,8	402,6
W_{VD}	240,7	265,4	506,1

CC : non vacciné et non vermifugé ; CD : non vacciné et vermifugé ;
VC : vacciné et non vermifugé ; VD : vacciné et vermifugé

Tableau IV

Rapports des productivités numériques totales (femelles et mâles) des ovins Djallonké de Kolda (Sénégal) estimées par groupe de traitement du plan de prophylaxie de 1985-1987, sous l'hypothèse d'équilibre démographique stationnaire, pour un effectif de 1 000 animaux par groupe

Effet	Rapport des productivités *
Vaccination	
W_{VC}/W_{CC}	0,911
W_{VD}/W_{CD}	0,952
$(W_{VC} + W_{VD}) / (W_{CC} + W_{CD})$	0,934
Vermifugation	
W_{CD}/W_{CC}	1,245
W_{VD}/W_{VC}	1,301
$(W_{CD} + W_{VD}) / (W_{CC} + W_{VC})$	1,272

* Un rapport supérieur à 1 indique un effet positif ;
un rapport inférieur à 1 indique un effet négatif

CC : non vacciné et non vermifugé ; CD : non vacciné et vermifugé ;
VC : vacciné et non vermifugé ; VD : vacciné et vermifugé

sente étude, le rapport bénéfice/coût a été calculé sur un seul exercice agricole de projection et le coût n'a pris en compte que le prix d'achat du vermifuge. Ce choix a semblé refléter les dépenses des éleveurs dans les conditions rencontrées à Kolda lors de l'étude (29).

Dans la présente étude, la vaccination contre la pasteurellose n'a pas montré d'effet positif sur la productivité numérique (aucun effet n'a été observé par Tillard ; 43). Elle a même présenté un effet négatif chez les femelles pour le plan 1987 et chez l'ensemble des animaux pour le plan 1985-1987 (sous réserve des tests de significativité non effectués). Cet effet paradoxal pourrait provenir de facteurs biologiques ou expérimentaux, mais il n'a pas été expliqué. De nouvelles expérimentations seront nécessaires pour évaluer plus précisément l'effet du vaccin contre la pasteurellose respiratoire sur la productivité des ovins.

Méthode de calcul de la productivité

Comparaison avec la méthode démographique conventionnelle

Notre méthode a un principe différent de celui des modèles de production à l'équilibre conventionnels (46). Les deux méthodes calculent la productivité d'un cheptel d'effectif total n en début de projection, pour une hypothèse de croissance démographique et une hypothèse fixant la pratique de gestion des effectifs du cheptel. Mais elles diffèrent dans la représentation de cette pratique de gestion : la structure d'exploitation dans notre méthode et la structure d'âge et de sexe dans la méthode conventionnelle. Dans les modèles conventionnels, l'effectif des animaux exploitables est calculé par rapport à une structure d'âge et de sexe (proportions des différentes classes d'âge de femelles et de mâles) v fixée comme objectif pour le cheptel. Dans le cas d'un pas de temps annuel et d'un cheptel de femelles à trois classes d'âge (voir plus haut), dans l'hypothèse d'équilibre stationnaire, les probabilités d'exploitation $\{P_0(\text{exp}), P_1(\text{exp}), P_2(\text{exp}), P_3(\text{exp})\}$ sont calculées en résolvant le système linéaire $x(t) = A x(t)$. Les fécondités, les probabilités de mort naturelle et le vecteur d'état $x(t) = n v$ sont fixés (les seules inconnues à déterminer sont les probabilités d'exploitation). Lorsque plusieurs cheptels sont comparés, le même vecteur d'état $x(t)$ est choisi comme référence pour tous les cheptels.

La structure d'exploitation et la structure d'âge et de sexe représentent chacune une contrainte dans le modèle démographique et ne peuvent être fixées simultanément. Supposons que deux cheptels soient comparés. Dans notre méthode, la productivité est calculée après avoir fixé une structure d'exploitation identique pour les deux cheptels. En situation d'équilibre, les deux cheptels vont présenter une structure d'âge et de sexe différente, résultat du calcul démographique (l'analyse de plusieurs jeux de données, non présentée ici, semble cependant indiquer que ces structures varient peu en pratique). En revanche, dans la méthode conventionnelle, la productivité est calculée après avoir fixé le même vecteur $x(t)$ pour les deux cheptels. En situation d'équilibre, les deux cheptels vont donc présenter la même structure d'âge et de sexe, mais leur structure d'exploitation sera différente, puisqu'elle est le résultat du calcul démographique.

Les deux méthodes sont complémentaires et leur emploi dépend des objectifs poursuivis : contrôle de la structure d'exploitation ou de la structure d'âge et de sexe. Elles sont très proches dans le cas d'un modèle à pas de temps annuel. Notre approche présente cependant l'avantage d'être facilement applicable au modèle démographique par quinzaine. Une fois que la structure d'exploitation de référence est fixée, le problème est ramené au simple calcul de l'intensité d'exploitation $\varphi_{\text{objectif}}$ par une méthode itérative.

Hypothèses posées dans le calcul de la productivité

Dans la présente étude, les productivités W ont été calculées en situation d'équilibre démographique stationnaire et conditionnellement à la structure d'exploitation nette estimée d'après les données. D'autres choix sont possibles et influent sur les résultats d'analyse comparative. L'analyse de sensibilité présentée plus haut a montré, par exemple, que les rapports de productivité pouvaient varier avec le taux de croissance démographique fixé comme hypothèse. Des études effectuées sur d'autres jeux de données (non présentées dans cet article) ont montré que la structure d'exploitation nette pouvait également modifier les résultats. Les hypothèses sous-jacentes aux calculs de productivité (hypothèses de croissance démographique et de pratique de gestion des effectifs des cheptels) doivent donc être décrites précisément dans les analyses comparatives. Dans le cas contraire, la comparaison des diagnostics entre études peut devenir difficile à interpréter. Par rapport à d'autres méthodes plus empiriques, notre méthode, et plus généralement la méthode des modèles de production à l'équilibre, permet de présenter clairement ces hypothèses et d'étudier l'effet de leur variation sur les résultats (analyse de sensibilité).

La productivité d'un cheptel peut être définie comme le rapport entre les « quantités produites » (numérateur) et les « moyens de production mis en œuvre » (dénominateur) qui doit refléter respectivement les objectifs de l'éleveur et ses contraintes les plus limitantes (8, 46). Dans la présente étude, ces moyens de production ont été représentés par l'effectif total n des cheptels en début de projection. Notre méthode, cependant, permet de calculer d'autres indicateurs classiques de productivité, comme la productivité numérique au sevrage (30). Pour cette productivité au sevrage, par exemple, les moyens de production sont représentés par l'effectif des femelles reproductrices présentes dans les différents cheptels, en début d'année ou en moyenne sur l'année. Cet effectif est calculé directement d'après les sorties du modèle. Les résultats concernant la productivité au sevrage des cheptels d'ovins dans la région de Kolda n'ont pas été présentés dans cette étude car ils n'ont pas modifié les diagnostics obtenus sur l'efficacité des traitements.

Par ailleurs, notre méthode permet de calculer des indicateurs plus complexes prenant en compte des mesures énergétiques (4, 8, 46). Si les données sont disponibles, le calcul de tels indicateurs s'effectue aisément (le modèle permet de connaître à chaque quinzaine de l'année l'effectif des femelles et des mâles pour chaque classe d'âge) et sans modifier l'algorithme défini dans la méthode (seul le calcul du dénominateur change).

Enfin, dans notre méthode, le scalaire φ contrôlant l'intensité d'exploitation ne concerne que les femelles dont le taux de croissance détermine celui des mâles. Lorsque φ augmente, les paramètres d'exploitation nette des mâles restent constants. Ils doivent donc représenter correctement les niveaux d'exploitation nette observés dans les cheptels. Pour les plans de prophylaxie de 1987 et de 1985-1987, la structure mâle de référence a été définie par la moyenne des probabilités d'exploitation nette calculée sur l'ensemble des cheptels et des exercices agricoles étudiés. Cette procédure a donné de bons résultats pour la prédiction des structures d'âge et de sexe des cheptels (28). Elle paraît bien adaptée aux populations d'ovins en milieu traditionnel pour lesquelles l'hypothèse de femelle-dominance est cohérente (27). Des modèles démographiques permettant de contrôler l'exploitation des deux sexes ont cependant été proposés pour certaines populations sauvages de grands mammifères (31). Ils mettent en jeu des paramètres de reproduction densité-dépendants. Il reste à évaluer l'intérêt de tels modèles, plus complexes (12, 20), dans le cadre des cheptels domestiques.

Discretisation du temps

Le pas de temps annuel pose des problèmes importants pour le calcul de la productivité de cheptels tels que les petits ruminants.

Tout d'abord, il engendre une décomposition du cheptel en classes d'âges annuelles ou pluriannuelles. Pour les petits ruminants, ces classes sont hétérogènes (par exemple, la classe d'âge 0-1 an regroupe des jeunes non sevrés et des animaux presque adultes). L'interprétation des paramètres démographiques associés à ces classes d'âge est difficile.

Ensuite, il ne permet pas d'intégrer la variabilité saisonnière des paramètres démographiques ou d'autres paramètres pouvant intervenir dans le calcul de la productivité, comme le poids et le prix de vente des animaux. Ce défaut peut biaiser l'estimation de la productivité des cheptels.

Enfin, il accroît les biais des estimations de la productivité dus au caractère mutuellement exclusif de certains événements démographiques, par exemple la mortalité naturelle et l'exploitation. La théorie des risques compétitifs montre que la probabilité de mort naturelle des animaux d'un cheptel dans une période donnée est une fonction décroissante de son niveau d'exploitation dans cette même période (1, 10) : pour des valeurs pas trop élevées de $P_i(\text{mor})$ et $P_i(\text{exp})$, cette relation est $P_i(\text{mor}) \approx P_i^*(\text{mor}) - P_i^*(\text{mor})P_i(\text{exp})$, où $P_i^*(\text{mor})$ représente la probabilité de mort naturelle observée dans le cheptel lorsqu'il n'y a pas d'exploitation (1). En d'autres termes, pour un même risque journalier de mort naturelle, plus le cheptel est exploité, plus la mortalité apparente $P_i(\text{mor})$ est faible : l'exploitation est un facteur de confusion pour la mortalité naturelle. Ces interférences statistiques entre les paramètres (25, 28, 37) touchent également la fécondité et prennent d'autant plus d'importance que la compétition entre événements démographiques est forte et que la durée de la période est grande. Ce problème, déjà souligné par Landais (25), ne peut être éludé pour les cheptels soumis à une forte exploitation (petits ruminants ou autres cheptels) car les biais engendrés peuvent donner lieu à des erreurs d'interprétation dans les analyses comparatives. Cependant, sa prise en compte se limite souvent à corriger l'estimation de la mortalité naturelle par la méthode des tables de vie (3, 34, 43) et les interférences ne sont pas prises en compte pour la fécondité. Outre les biais d'estimation, les interférences statistiques posent un problème dans la définition des modèles démographiques à pas de temps annuel : par exemple la décomposition $s_i = 1 - P_i(\text{mor}) - P_i(\text{exp})$ est inadaptée puisqu'il est incorrect de faire varier l'exploitation $P_i(\text{exp})$ sans faire varier la mortalité apparente $P_i(\text{mor})$. Pour contourner ce problème, les modèles supposent souvent que l'exploitation est instantanée et survient en fin d'année (14) : la probabilité de survie est définie par $s_i = (1 - h_i)[1 - P_i^*(\text{mor})]$, où h_i représente la fraction exploitée en fin d'année. Cette hypothèse élimine la possibilité d'interférences (si les probabilités $P_i^*(\text{mor})$ sont convenablement estimées), mais elle ne respecte pas la distribution continue dans le temps de l'exploitation des animaux observée dans les cheptels domestiques tropicaux.

Le modèle démographique proposé dans cette étude a permis de répondre aux trois limitations précédentes. En particulier pour les cheptels d'ovins, le regroupement des données par quinzaine a protégé des interférences statistiques (28) : les variations de fécondité ou de mort naturelle observées au sein des quinzaines n'ont pu être dues à des variations du niveau d'exploitation des cheptels, excepté dans certains cas pour les mâles d'âge supérieur à un an (pour éliminer ce problème dans le calcul de la productivité, nous avons supposé dans la structure d'exploitation de référence que tous les mâles étaient réformés à l'âge d'un an, situation proche des pratiques de gestion observées sur le terrain).

Le choix du pas de temps influe sur le protocole d'enquête de terrain et sur le rythme de passage des enquêteurs dans les élevages. Dans le cas de cette étude, les événements démographiques (naissances, morts, entrées ou sorties du troupeau) ont été identifiés au moins à la quinzaine près. Les suivis d'élevages avec marquage individuel des animaux (18) ont l'avantage de fournir ce type de données avec fiabilité. En revanche, les données produites sont souvent de natures diverses, touchent plusieurs niveaux d'observation (animal ou troupeau) et leur gestion, complexe, nécessite des outils adaptés (21).

L'un des problèmes pratiques rencontré par le zootechnicien lorsqu'il met en place un suivi d'élevages est de savoir quel rythme de passage imposer aux enquêteurs, l'enjeu étant d'alléger le plus possible le protocole de terrain. Ce type de question peut en réalité avoir des réponses très différentes selon l'espèce et le phénomène que l'on souhaite observer. L'examen de certains signes pathologiques sur les animaux, comme le jetage, demande par exemple un passage presque journalier dans les élevages. Pour la démographie, l'augmentation du pas de temps engendre deux sources de biais : les interférences entre les événements démographiques et la capacité de l'éleveur à se remémorer (et transmettre à l'enquêteur) l'ensemble des événements survenus entre deux passages. Dans la présente étude, nous n'avons pas cherché à quantifier systématiquement l'effet de la durée du pas de temps, en considérant une gamme de variation donnée, sur la force des interférences. Les niveaux d'exploitation en général assez élevés des petits ruminants limitent cependant, selon nous, les possibilités de choisir un pas de temps nettement supérieur à la quinzaine, sans introduire rapidement des biais importants dans l'estimation des paramètres (il est d'ailleurs à noter que la quinzaine a été retenue comme pas de temps dans différentes applications sur la démographie des ovins ; 6, 13). En outre, compte tenu du rythme élevé des événements démographiques observés dans les troupeaux de petits ruminants, il est vraisemblable qu'un pas de temps trop grand augmenterait significativement les erreurs de mesures lors des enquêtes de terrain (oublis d'événements) et les biais qui en découlent. Pour des espèces comme les bovins, présentant un cycle de reproduction plus long ainsi que des niveaux d'exploitation et des rythmes d'événements démographiques plus faibles, le pas de temps pourrait en revanche sûrement être augmenté.

CONCLUSION

Par rapport aux modèles conventionnels de production à l'équilibre pour l'analyse comparative de la productivité des cheptels, la méthode proposée a apporté trois améliorations importantes :

- en présence d'événements démographiques mutuellement exclusifs (risques compétitifs), la discretisation du temps en phases courtes a permis d'éliminer les interférences statistiques entre les paramètres démographiques. Cela a limité les biais dans l'estimation des paramètres démographiques et de la productivité ;
- le modèle a permis une représentation fidèle de la dynamique intra-annuelle et interannuelle des cheptels. De manière imagée, le modèle par quinzaine a permis de « superposer » les distributions bidimensionnelles (classes d'âge x quinzaines dans l'année) des paramètres de mort naturelle, de fécondité, d'exploitation et d'importation, ainsi que d'autres paramètres comme le poids ou le prix de vente des animaux. Le modèle a fait la synthèse de l'ensemble des interactions existant entre ces distributions et a intégré l'effet des positions relatives de phénomènes naturels (par exemple, pics de mise bas, pics de mortalité en saison des pluies) ou commerciaux (par exemple, l'augmentation du prix de vente des animaux lors de la fête de la Tabaski). Le modèle a pris en compte les fluctuations saisonnières des structures d'âge et de l'effectif total des populations. Ces propriétés sont importantes

pour les petits ruminants des systèmes extensifs tropicaux, entièrement dépendants des grands changements dans l'environnement engendrés notamment par la succession des saisons ;

- la méthode d'inférence proposée, utilisant une procédure de *bootstrap* non paramétrique, a été simple à mettre en œuvre et a permis de calculer des intervalles de confiance et de réaliser des tests statistiques pour les productivités estimées.

La méthode peut être appliquée à d'autres espèces domestiques ou sauvages que les petits ruminants, dans des études zootechniques (pour évaluer par exemple l'effet de différentes pratiques d'élevage), épidémiologiques ou écologiques. Elle peut être utilisée au sein de programmes de recherche, mais également par des responsables de projets de développement souhaitant évaluer l'efficacité des actions d'amélioration proposées. La mise en œuvre complète du modèle démographique par quinzaine nécessite de disposer de données de suivis d'élevages, planifiés en fonction des objectifs de ces programmes ou projets. La répartition cohérente des élevages suivis dans les différentes modalités à tester (pratiques d'élevage, régimes alimentaires, traitements sanitaires ou autres critères) est une condition importante pour l'application de la méthode.

La méthode est très souple. La facilité de construction d'une large gamme de structures d'exploitation nette permet de s'adapter aux stratégies d'exploitation rencontrées en élevage tropical et d'étudier la sensibilité des analyses comparatives à ces différentes stratégies. Les techniques d'analyses de sensibilité (non présentées ici) permettent par ailleurs de quantifier la contribution respective des différents paramètres démographiques, regroupés par exemple par groupe d'âge, par saison ou par type d'événement (fécondité, mortalité) dans les écarts de productivités observés entre les cheptels (12, 28).

Enfin, différentes extensions du modèle démographique sont possibles, par exemple en augmentant la diversité des états individuels représentés dans le modèle (parité des femelles, taille des portées, statut nutritionnel ou statut épidémiologique). Le modèle peut également être utilisé dans d'autres contextes tels que les études d'optimisation pour identifier les stratégies d'exploitation les plus pertinentes par rapport à un objectif fixé. Ces développements seront présentés dans des travaux ultérieurs.

Remerciements

Nous remercions l'Institut sénégalais de recherches agricoles, Laboratoire national de recherche vétérinaire (Isra-Lnerv), la Direction de l'élevage au Sénégal et les éleveurs de la région de Kolda pour leur collaboration. Nous remercions Olivier et Brigitte Faugère pour la qualité des données qu'ils nous ont fournies. Enfin, nous tenons à remercier les trois lecteurs anonymes qui ont permis d'améliorer notre article par leurs remarques pertinentes.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON D.R., BURNHAM K.P., 1976. Population of the Mallard. VI. The effect of exploitation on survival. Washington DC, USA, Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, 66 p. (Resource Publication 128)
- ANKERS P., ITTY P., ZINSSTAG J., TRAWALLY S., PFISTER K., 1998. Biannual anthelmintic treatments in village Djallonké sheep in the Gambia: effects on productivity and profitability. *Prev. vet. Med.*, **34**: 215-225.
- AWA D.N., NJOYA A., NGOTAMA A.C., 2000. Economics of prophylaxis against *peste de petits ruminants* and gastrointestinal helminthosis in small ruminants in North Cameroun. *Trop. Anim. Health Prod.*, **32**: 391-403.
- BAPTIST R., 1992. Derivation of steady-state herd productivity. *Agric. Syst.*, **39**: 253-272.
- BLACKBURN H.D., BRYANT F.C., CARTWRIGHT T.C., FIERRO L.C., 1989. Corriedale sheep production when supplemented with ryegrass pasture. *Agric. Syst.*, **30**: 101-115.
- BLACKBURN H.D., CARTWRIGHT T.C., 1987. Description and validation of the Texas AM sheep simulation model. *J. Anim. Sci.*, **67**: 373-386.

- BOSMAN H.G., AYANTUNDE A.A., STEENSTRA F.A., UDO H.M., 1997. A simulation model to assess productivity of goat production in the tropics. *Agric. Syst.*, **54**: 539-576.
- BOSMAN H.G., MOLL H.A.J., UDO H.M.J., 1997. Measuring and interpreting the benefits of goat keeping in tropical farm systems. *Agric. Syst.*, **53**: 349-372.
- BRAULT S., CASWELL H., 1993. Pod-specific demography of Killer Whales (*Orcinus orca*). *Ecology*, **74**: 1444-1454.
- BURNHAM K.P., ANDERSON D.R., 1984. Tests of compensatory vs. additive hypotheses of mortality in mallards. *Ecology*, **65**: 105-112.
- BURNHAM K.P., ANDERSON D.R., 1998. Model selection and inference. A practical information-theoretic approach. New York, NY, USA, Springer.
- CASWELL H., 1989. Matrix population models. Construction, analysis and interpretation. Sunderland, MA, USA, Sinauer Associates, 321 p.
- DEDIEU B., COURNUT S., 2000. Le fonctionnement d'un troupeau ovin viande : conception d'un modèle de simulation par événements discrets. In : Séminaire Inra-Cirad Modélisation du fonctionnement des troupeaux, Theix, France, 31 août-1er septembre 2001, p. 45-54.
- DOUBLEDAY W.G., 1975. Harvesting in matrix population. *Biometrics*, **31**: 189-200.
- EFRON B., TIBSHIRANI R.J., 1993. An introduction to the bootstrap. London, UK, Chapman & Hall, 436 p.
- FAUGERE O., DOCKES A.C., PERROT C., FAUGERE B., 1990. L'élevage traditionnel des petits ruminants au Sénégal. I. Pratiques de conduite et d'exploitation des animaux chez les éleveurs de la région de Kolda. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **43**: 249-259.
- FAUGERE O., DOCKES A.C., PERROT C., FAUGERE B., 1990. L'élevage traditionnel des petits ruminants au Sénégal. II. Pratiques de conduite et d'exploitation des animaux chez les éleveurs de la région de Louga. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **43**: 261-273.
- FAUGERE O., FAUGERE B., 1986. Suivi de troupeaux et contrôle des performances individuelles des petits ruminants en milieu traditionnel africain. Aspects méthodologiques. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **39**: 29-40.
- FAUGERE O., TILLARD E., FAUGERE B., 1992. Prophylaxie chez les petits ruminants au Sénégal : régionalisation d'une politique nationale de protection sanitaire. In : Ilrad, Ed., First biennial conference of the African Small Ruminant Research Network, Nairobi, Kenya, ILCA, p. 307-314.
- GETZ W.M., HAIGHT R.G., 1989. Population harvesting: demographic models of fish, forest, and animal resources. Princeton, NJ, USA, Princeton University Press, 381 p.
- JUANES X., LANCELOT R., 1999. Laser : Logiciel d'aide au suivi d'élevage des ruminants. Montpellier, France, Cirad-emvt.
- KALISZ S., MCPEEK M.A., 1992. Demography of an age-structured annual: resampled projection matrices, elasticity analyses, and seed bank effects. *Ecology*, **73**: 1082-1093.
- KNIPSCHER H.C., KUSNADI O., DE BOER A.J., 1984. Some efficiency measures for analysis of the productive potential of Indonesian goats. *Agric. Syst.*, **15**: 125-135.
- LANCELOT R., FAYE B., JUANES X., NDIAYE M., PEROCHON L., TILLARD E., 1998. La base de données Baobab : un outil pour modéliser la production et la santé des petits ruminants dans les systèmes d'élevage traditionnels au Sénégal. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **51**: 135-146.
- LANDAIS E., 1986. Contributions à l'étude des interférences entre phénomènes démographiques et propositions pour l'estimation sans biais des paramètres démographiques usuels. In : Landais E., Faye J. ed., Méthodes pour la recherche sur les systèmes d'élevage en Afrique intertropicale. Maisons-Alfort, France, Cirad-lemvt, p. 497-517. (Etudes et synthèses de l'lemvt, n° 20)
- LESLIE P.H., 1945. On the use of matrices in certain population mathematical. *Biometrika*, **33**: 183-212.
- LESNOFF M., 1999. Dynamics of a sheep population in a Sahelian area (Ndiagne district in Senegal): a periodic matrix model. *Agric. Syst.*, **61**: 207-221.
- LESNOFF M., 2000. Etude de la dynamique et de la productivité des populations domestiques tropicales par les modèles matriciels en temps discret : les populations d'ovins au Sénégal. Thèse Doct., Université de Montpellier II, Montpellier, France.

29. LESNOFF M., LANCELOT R., TILLARD E., DOHOO I.R., 2000. A steady-state approach of benefit-cost analysis with a periodic Leslie-matrix model. Presentation and application to the evaluation of a sheep-diseases preventive scheme in Kolda, Senegal. *Prev. vet. Med.*, **46**: 113-128.
30. LHOSTE P., DOLLE V., ROUSSEAU J., SOLTNER D., 1993. Manuel de zootechnie des régions chaudes - Les systèmes d'élevage. Paris, France, ministère de la Coopération, 288 p. (Coll. Précis d'élevage)
31. LINDSTROM J., 1998. Harvesting and sex differences in demography. *Wild. Biol.*, **4**: 213-221.
32. MATHSOFT, 1999. Splus 2000 professionnel, release 1. Seattle, WA, USA, MathSoft.
33. MEYER J.S., INGERSOLL C.G., MCDONALD L.L., BOYCE M.S., 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. *Ecology*, **67**: 1156-1166.
34. MOULIN C.-H., 1993. Performances animales et pratiques d'élevage en Afrique sahélienne. La diversité du fonctionnement des troupeaux de petits ruminants dans la Communauté rurale de Ndiagne (Sénégal). Thèse Doct., Ina-Pg, Paris, France, 259 p.
35. NDAMUKONG K.J.N., SEWELL M.M.H., ASANJI M.F., 1989. Management and productivity of small ruminants in the North West Province of Cameroon. *Trop. Anim. Health Prod.*, **21**: 109-119.
36. PEACOCK C.P., 1987. Measures for assessing the productivity of sheep and goats. *Agric. Syst.*, **23**: 197-210.
37. PRESSAT R., 1983. L'analyse démographique. Concepts, méthodes, résultat. Paris, France, Presses universitaires de France, 295 p.
38. PUTT S.N.H., SHAW A.P.M., WOODS A.J., TYLER L., JAMES A.D., 1987. Veterinary epidemiology and economics in Africa. A manual for use in the design and appraisal of livestock health policy. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, p. 111-122. (Manual 3)
39. SANDERS J.O., CARTWRIGHT T.C., 1979. A general cattle production systems model. I. Structure of the model. *Agric. Syst.*, **4**: 217-227.
40. SKELLAM J.G., 1967. Seasonal periodicity in theoretical population ecology. In: Proc. 5th Berkeley Symp., Berkeley, USA, Vol. IV, p. 179-205.
41. TACHER G., 1975. Note sur la démographie bovine au Sahel. I. Représentation et projection théorique du troupeau par un modèle mathématique. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **28** : 547-569.
42. THE MATH WORKS, 1999. Matlab, version 5.3. Natick, MA, USA, The Math Works.
43. TILLARD E., 1991. Evaluation technico-économique des effets de prophylaxies en milieu villageois chez les petits ruminants de la région de Kolda (Sénégal). Thèse Doct. vét., Ecole nationale vétérinaire de Maisons-Alfort, Université de Créteil, France, 172 p.
44. TILLARD E., MOULIN C.-H., FAUGERE O., FAUGERE B., 1997. Le suivi individuel des petits ruminants au Sénégal: un mode d'étude des troupeaux en milieu villageois. *Inra Prod. Anim.*, **10** : 67-78.
45. TULJAPURKAR S., CASWELL H., 1997. Structured-population models in marine, terrestrial, and freshwater systems. New York, NY, USA, Chapman and Hall, 643 p.
46. UPTON M., 1989. Livestock productivity assessment and herd growth models. *Agric. Syst.*, **29**: 149-164.
47. WILSON R.T., 1983. Studies on the livestock of Southern Darfur, Sudan. VIII. A comparison of productivity indices for goats and sheep. *Trop. Anim. Health Prod.*, **15**: 63-68.

Reçu le 03.01.2001, accepté le 10.07.2001

Summary

Lesnoff M., Lancelot R., Tillard E., Faye B. Comparative Analysis of the Productivity of Small Ruminant Flocks under Tropical Extensive Management: A New Leslie-Matrix Model Approach

A new method for the comparative analysis of productivity of tropical domestic flocks is presented here. This method used discrete-time demographic matrix models and the steady-state approach. Conventional steady-state demographic models use an annual step-time, which is poorly adapted to species with relatively short breeding cycles and with parturition occurring throughout the year. In the new model, we divided the year into two-week periods. The three major operational advantages were as follows: first, the short step-time that could decrease the bias generated by competing risks in the estimated demographic parameters (fecundity, mortality, animal outflow or inflow); second, the periodic model that could represent both the intra-annual and interannual variations in demographic parameters and in other parameters like the live weight or the sale price of animals; finally, a proposed inference method, which used non parametric bootstrap, that helped calculate confidence intervals and build tests to compare the productivity of various flocks. The method was tested on field data obtained from sheep flocks in Senegal. It can also be applied to other domestic species and to wild species in various zootechnical or ecological environments.

Key words: Sheep - Population dynamics - Productivity - Mathematical model - Senegal.

Resumen

Lesnoff M., Lancelot R., Tillard E., Faye B. Análisis comparativo de la productividad de los hatos de pequeños rumiantes en crianza tropical extensiva: un nuevo enfoque mediante modelos de matrices en tiempos discretos

El objetivo del presente artículo es el de presentar un método de análisis comparativo de la productividad de los hatos domésticos tropicales. El método propuesto utiliza modelos demográficos de matrices y es parte de los modelos de producción en equilibrio (*steady state models*). Los métodos clásicos utilizan modelos a tiempo anual, poco adaptados para las especies con ciclos reproductivos relativamente cortos y con partos distribuidos a lo largo del año. Nuestro método utiliza un modelo que desglosa el año en quincenas, permitiendo representar conjuntamente las variaciones intra e inter anuales de los parámetros demográficos (fecundidad, mortalidad natural, explotación o importación de animales) y ponderados (peso o precio de venta de los animales). Se presentan tres aportes operacionales con respecto a los enfoques clásicos. La descomposición del tiempo en quincenas permite limitar los fenómenos de interferencia estadística entre los parámetros demográficos y las desviaciones en las productividades estimadas y de respetar la estructura estacional de los procesos encontrados en la cría. Finalmente, el método de inferencia propuesto (utilizando el *bootstrap* no paramétrico) permite calcular los intervalos de confianza y realizar las pruebas estadísticas para las productividades estimadas. El método se realiza con datos de campo colectados en hatos ovinos de Senegal. El método propuesto puede aplicarse directamente a otras especies domésticas o silvestres, en contextos zootécnicos o ecológicos diversos.

Palabras clave: Ovino - Dinámica de poblaciones - Productividad - Modelo matemático - Senegal.

Etude comparative sur la méthodologie d'estimation des poids à âges types avant sevrage appliquée aux caprins Créoles producteurs de viande

M. Naves ^{1*} A. Menendez Buxadera ¹
G. Alexandre ¹ N. Mandonnet ¹

Mots-clés

Caprin Créole - Animal à viande - Période de présevrage - Allaitement - Contrôle de performances - Croissance - Poids - Guadeloupe.

Résumé

La mise en œuvre d'un programme de sélection chez les ruminants allaitants nécessite un modèle de contrôle de performances pour l'enregistrement des poids et la mesure de la croissance. Un tel schéma a été mis au point en France chez les ovins ; en revanche, il n'existe pas de système pour les caprins allaitants. Cette étude examine les possibilités d'application de la méthodologie standard mise au point chez les ovins à viande, dans le cadre de la population rustique de caprins Créoles élevés aux Antilles françaises. Elle s'est appuyée sur la base de données individuelles de croissances accumulées au Domaine expérimental de Gardel en Guadeloupe depuis près de 20 ans, sur un total de 6 211 chevreaux jusqu'au sevrage. Différentes méthodes d'estimation des poids à âges types (10, 30 et 70 jours) ont été testées, en comparaison avec la méthode standard développée pour les ovins allaitants en France. Enfin, la variabilité des performances de croissance obtenues a été précisée afin d'établir les premières références d'un contrôle de croissance appliqué aux caprins Créoles. Les conditions d'application et les limites du schéma sont discutées dans le cadre de la population caprine Créole.

■ INTRODUCTION

Aux Antilles françaises comme dans de nombreux pays tropicaux, l'élevage caprin est orienté vers la production de viande (7). Les animaux sont de race locale rustique appelée Créole (3, 12), élevés suivant un système allaitant au pâturage (1, 2) (figure 1). Les résultats publiés sur les performances des caprins Créoles (1, 2) ont montré le potentiel de ce type d'animal pour la production de viande en zone tropicale, ainsi que les possibilités de sélection de cette race locale pour les aptitudes de croissance en allaitement (10).

Dans ce contexte, il apparaît logique d'examiner les possibilités d'application d'un système de contrôle des performances individuelles comme première étape dans la mise en œuvre d'un programme d'amélioration génétique des caprins Créoles allaitants.

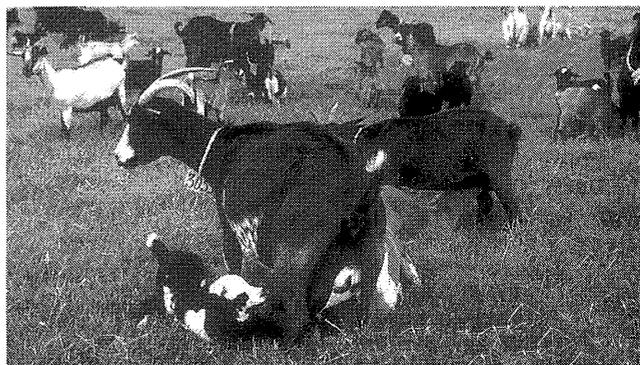


Figure 1 : la chèvre Créole de Guadeloupe est exploitée pour la production de viande suivant un mode allaitant au pâturage.

1. Inra, Unité de recherches zootechniques, Domaine Duclos, Prise d'Eau, 97170 Petit Bourg

* Auteur pour la correspondance

Tél. : 0590 25 59 33 ; fax : 0590 25 59 36 ; email : naves@antilles.inra.fr

Malheureusement, il existe peu de références sur les procédures de contrôle de croissance à employer en zone tropicale pour cette espèce. Chez les petits ruminants allaitants, le gain moyen quotidien est le plus souvent estimé de manière globale, par la diffé-

rence de poids entre la naissance et le sevrage divisée par l'âge au sevrage (5). Dans certains cas, un poids à âge type voisin du sevrage est calculé par interpolation linéaire entre la naissance et le sevrage (14, 17) ou par régression linéaire (15). Cependant ces méthodes peuvent donner des résultats biaisés dans la mesure où elles supposent que la croissance est monotone pendant toute la période d'allaitement, ce qui est loin d'être vérifié.

En France, la méthodologie officielle appliquée aux ovins se base sur l'estimation de différents poids vifs pour chaque animal, à l'intérieur de périodes de temps restreintes (8). Les outils développés en France pour le contrôle de performances des ovins à viande (6, 11) peuvent constituer un modèle de référence. Ils sont ainsi appliqués dans les programmes d'amélioration génétique des ovins allaitants au Maroc (4) ou en Martinique (13). En revanche, ces procédures n'ont pas été évaluées dans le cas des caprins producteurs de viande, comme les cabris Créoles des Antilles françaises.

La présente étude a eu pour objectif de vérifier la validité de la méthodologie officielle établie pour les ovins producteurs de viande en France dans le cas d'une race locale de caprins producteurs de viande, et d'établir des références sur la variabilité et les bornes des estimations de poids et de croissance présevrage obtenues par l'application de cette méthode officielle aux caprins Créoles de Guadeloupe. Cette adaptation permettrait de bénéficier des outils de contrôle de performances et de gestion des données existant en France, et de l'expérience accumulée dans ce domaine.

MATERIEL ET METHODES

Le domaine expérimental de Gardel de l'Unité de recherches zootecniques de l'Inra dispose d'une base de données sur les caprins Créoles de Guadeloupe accumulées depuis près de 20 ans dans des conditions d'élevage décrites par Alexandre et coll. (1, 2).

Le troupeau de chèvres allaitantes a exploité toute l'année, suivant un système de rotation de pâturages, des prairies de *Digitaria decumbens* irriguées et fertilisées. De plus, les chèvres ont reçu une complémentation variable suivant leur stade physiologique. La reproduction a été pratiquée par monte naturelle, avec trois périodes de reproduction dans l'année, ce qui a permis d'obtenir un rythme de trois mises bas en deux ans. Le sevrage est intervenu à un âge moyen de 81 ± 13 jours et a été effectué par le retrait simultané du troupeau de mères de l'ensemble des chevreaux nés lors d'une période de mises bas. Une prophylaxie régulière a été pratiquée sous forme de détiquage et de vermifugation, afin de contrôler le développement de parasitoses internes et externes chez les jeunes comme chez les adultes. Les pesées de l'ensemble du troupeau ont été réalisées avec une fréquence qui a varié suivant les expérimentations, mais elle a été généralement bimensuelle.

Constitution des fichiers de données analysés

Les enregistrements individuels des mises bas et des croissances en allaitement entre les années 1980 à 1996 ont été rassemblés. Ils ont concerné un effectif de 7 524 animaux nés au total, dont 6 403 ont été sevrés (85 p. 100), et ont fourni 23 836 enregistrements de poids vifs, en plus du poids à la naissance. Seules ont été prises en compte les pesées intervenues au rythme d'une pesée hebdomadaire à une pesée mensuelle. Les animaux ayant présenté un âge au sevrage supérieur à 120 jours ont été éliminés ainsi qu'un groupe d'animaux utilisés dans des expérimentations avec des objectifs vétérinaires. Un fichier dénommé « Total » a ainsi été constitué, comportant 19 787 enregistrements de poids vifs en plus du poids à la naissance, pris sur 6 211 chevreaux. La figure 2 représente la fréquence des chevreaux en fonction du nombre de pesées enregistrées dans ce fichier : 70 p. 100 des chevreaux ont eu au moins

trois pesées enregistrées durant la phase d'allaitement, en plus du poids à la naissance.

La méthode officielle de contrôle de performances en ovins à viande (8) repose sur une succession de quatre pesées à intervalles de 21 ± 2 jours à partir de la date de la première naissance dans un troupeau. Pour vérifier cette condition, les données du fichier Total ont été éditées de façon détaillée afin de choisir un échantillonnage de quatre pesées successives séparées au maximum par 23 jours. Seulement 2 166 animaux (33,8 p. 100 des individus du fichier Total) ont répondu à cette condition. Ces animaux ont permis de constituer un fichier dénommé « Contrôle ».

Comparaison des méthodes d'estimation des poids à âges types

Pour chaque animal du fichier Contrôle, quatre méthodes d'estimation des poids à âges types (Pat) (à 10, 30, 70 jours) ont été comparées.

Méthode A

Les poids à âges types sont estimés par interpolation ou extrapolation, suivant la méthode officielle établie par l'Inra et l'Institut de l'élevage pour les ovins viande (8).

L'estimation des poids à âges types est obtenue par interpolation lorsque deux pesées, le poids de naissance non compté, encadrent l'âge type voulu, en appliquant la formule suivante :

$$Pat_i = P_n + [P_{n+1} - P_n] / [D_{n+1} - D_n] * [i - A_n]$$

où i est l'âge du chevreau, égal à 10, 30 ou 70 jours ; P_n , P_{n+1} , D_n , D_{n+1} représentent respectivement les poids et les dates aux visites de contrôle de croissance n et $n+1$; et A_n est l'âge à la pesée n (avec $A_n < i < A_{n+1}$).

Dans les cas où il ne peut y avoir interpolation, le calcul peut être réalisé par extrapolation inférieure (où $i < A_n < A_{n+1}$) ou extrapolation supérieure (où $A_n < A_{n+1} < i$). Des normes précises fixées par la méthode officielle (8) définissent les modalités de choix de la méthode et les limites appliquées dans les calculs des Pat_i par interpolation ou par extrapolation. Ces conditions ont été utilisées de manière identique dans l'étude sur les poids à âges types des caprins Créoles :

- calcul de Pat_{10} par interpolation, avec un écart maximum entre les pesées ($A_{n+1} - A_n$) ≤ 23 jours, ou extrapolation inférieure, avec une limite ($A_n - i$) ≤ 12 jours ;

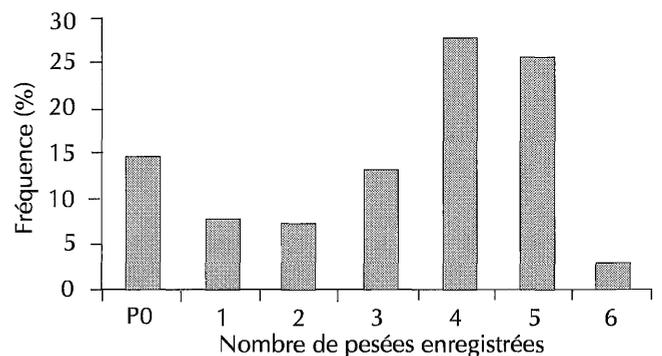


Figure 2 : fréquence des chevreaux Créoles suivant le nombre de pesées enregistrées au Domaine Inra de Gardel (Guadeloupe) ($n = 6 211$ chevreaux). P0 représente la classe de chevreaux uniquement présents à la pesée à la naissance.

- calcul de Pat_{30} par extrapolation supérieure, avec une limite $(i - A_{n+1}) \leq 10$ jours, ou interpolation, avec un écart maximum entre les pesées $(A_{n+1} - A_n) \leq 44$ jours ;

- calcul de Pat_{70} par interpolation, avec un écart maximum entre les pesées $(A_{n+1} - A_n) \leq 23$ jours, ou par extrapolation supérieure, avec une limite $(i - A_{n+1}) \leq 8$ jours.

Méthode B

Les Pat_i à 10, 30, 70 jours d'âge sont estimés selon la même méthode que A, mais avec le poids à la naissance comme résultat de la première pesée.

Méthode C

Les Pat à 10, 30, 70 jours d'âge sont estimés à partir de l'ajustement, pour chaque animal, d'une équation polynomiale des pesées individuelles en fonction de l'âge, d'un usage habituel dans ce genre d'étude (9). Le modèle initial choisi est une équation de régression linéaire cubique :

$$\text{Poids} = a + b_1 * \text{âge} + b_2 * \text{âge}^2 + b_3 * \text{âge}^3$$

où a, b_1 , b_2 et b_3 représentent les coefficients de l'équation polynomiale.

A partir de ce modèle, une méthode de régression progressive descendante a été utilisée en appliquant la procédure REG de SAS (16), afin de réduire l'équation polynomiale aux seuls termes significatifs. Cette méthode maintient dans le modèle seulement les termes qui apportent une contribution significative au coefficient de détermination (R^2) du modèle, déterminée par un test F de leur part de variance expliquée par rapport à la variance résiduelle. Seuls les termes ayant une valeur de la statistique F significative au seuil de 5 p. 100 ont été maintenus. Sur l'ensemble des chevreaux, le coefficient de détermination du modèle individuel adopté a varié de 0,26 à 1,00, avec une valeur moyenne de $R^2 = 0,92$.

Méthode D

Les Pat_i à 10, 30, 70 jours d'âge sont estimés à partir d'un ajustement des pesées individuelles au modèle suivant :

$$Pat_i = P_n + b_1 * (i - A_n) + b_2 * (i - A_n)^2 + b_3 * (i - A_n)^3$$

où i représente les âges types 10, 30 ou 70 jours et P_n est le poids mesuré à un âge A_n voisin de l'âge type i souhaité. La limite de l'intervalle $(i - A_n)$ entre l'âge type i et l'âge à la pesée A_n a été fixée à $\pm 12, 10$ et 8 jours respectivement pour les calculs des Pat_{10} , Pat_{30} et Pat_{70} , par analogie avec les bornes utilisées dans la méthode A pour les calculs d'extrapolation.

Les valeurs b_1, b_2 et b_3 représentent les coefficients d'une régression linéaire cubique, estimée à partir du fichier Total. Pour l'esti-

mation de cette régression, chaque valeur de la variable dépendante correspond à la moyenne brute des poids vifs des chevreaux pesés à l'âge i, où i varie de 1 à 120 jours. Chaque observation est pondérée par l'inverse de sa variance, pour tenir compte de l'hétérogénéité des moyennes établies avec des nombres de mesures différents. L'équation globale ainsi estimée sur le fichier Total est la suivante :

$$\text{Poids vif} = 16,16 + 1,058 * \text{âge} - 0,002711 * \text{âge}^2 - 0,00001554 * \text{âge}^3 \quad (R^2 = 0,94).$$

Les différentes estimations de poids vif obtenues par les quatre méthodes décrites ont été comparées dans une analyse de variance simple (16).

Calculs des paramètres zootechniques de référence pour la population caprine Créole

La deuxième partie de cette étude a concerné l'analyse de la variabilité des Pat_i et des croissances entre ces âges types pour l'établissement de références applicables aux caprins Créoles de Guadeloupe. Il est connu que la variabilité d'un échantillon est d'autant plus représentative de la variabilité de la population que cet échantillon est grand. Cependant, le fichier Contrôle permettant l'application de la méthode officielle A comporte seulement 33,8 p. 100 des animaux de notre base de données. Afin d'augmenter les effectifs, les résultats disponibles sur les autres animaux du fichier Total et obtenus par la méthode B, ou à défaut par la méthode C, donnant les estimations les plus voisines dans la comparaison précédente, ont également été employés. Avec cette nouvelle approche, les Pat_i de 5 258 animaux ont été déterminés, soit 85 p. 100 de l'ensemble des chevreaux nés.

Enfin, la croissance à différentes périodes a été calculée à partir de l'estimation de ces Pat_i afin de définir des valeurs de références, suivant la méthodologie officielle (8), pour le critère gain moyen quotidien entre 10 et 30 jours d'âge (Gmq_{10-30}), qui détermine la valeur laitière de la mère, et pour le critère gain moyen quotidien entre 30 et 70 jours d'âge (Gmq_{30-70}), qui renseigne sur la précocité du jeune.

■ RESULTATS ET DISCUSSION

Comparaison des méthodes d'estimation des poids à âges types

Les estimations des Pat_i par les différentes méthodes sont présentées dans le tableau I. Il est apparu des différences significatives ($P < 0,01$) entre les méthodes pour Pat_{10} et Pat_{70} ; leurs amplitudes ont cependant été peu marquées. En revanche, Pat_{30} n'a présenté aucune variation suivant la méthode utilisée (tableau I).

Tableau I

Moyenne des moindres carrés des poids à âges type (Pat_i) calculés par différentes méthodes d'estimation, développées dans le texte, sur des chevreaux Créoles de Guadeloupe élevés au Domaine Inra de Gardel en conditions intensives de pâturage durant leur période présevrage (n = 2 166 chevreaux)

Méthode	Pat_{10} (hg)	Pat_{30} (hg)	Pat_{70} (hg)
A : officielle	27,9 ^a	44,7 ^a	72,9 ^a
B : officielle + poids de naissance	26,6 ^c	44,9 ^a	72,3 ^{ab}
C : régression intra animal	27,1 ^b	44,9 ^a	73,7 ^a
D : régression à partir de courbe	26,2 ^d	44,8 ^a	71,5 ^b
Ecart-type résiduel	0,190	0,263	0,472

a, b, c et d : les valeurs dans la même colonne présentant des exposants différents diffèrent significativement ($P < 0,01$)

L'utilisation de la méthode D a fourni une sous-estimation des Pat_{10} et Pat_{70} , comparativement aux valeurs obtenues par les méthodes A, B, et C. Cette observation peut être expliquée par l'inadéquation du modèle polynomial utilisé globalement qui suppose une cinétique identique pour l'ensemble des individus aux différents stades de la croissance. Une description précise de la courbe de croissance des caprins Créoles avant le sevrage nécessiterait une analyse plus approfondie des méthodes d'ajustements à utiliser, par l'application de modèles mixtes mieux appropriés pour décrire l'influence de facteurs de variation à effets fixés ou aléatoires sur des variables longitudinales, comme le poids vif enregistré à différents âges (9).

Une des hypothèses de base de la méthode officielle d'estimation des Pat_i est que la croissance est linéaire entre deux pesées successives déterminées dans une courte période. Les résultats de cette étude ont semblé vérifier cette hypothèse de base, puisque les deux méthodes utilisant ce même principe (A et B) ont donné des résultats voisins à l'ajustement d'une régression pour chaque animal (C).

Enfin, les méthodes A et B ont abouti à des résultats différents, surtout pour le poids à 10 jours. En effet, l'utilisation du poids à la naissance comme première mesure a abouti à sous-estimer ce premier Pat_{10} , du fait de la chute de poids dans les premiers jours après la naissance et du délai nécessaire à l'établissement d'une croissance régulière. La différence entre les résultats obtenus à 70 jours par les méthodes A et B n'a pas été significative et a été liée à l'échantillonnage des pesées utilisées dans les calculs.

La comparaison des méthodes d'estimation des Pat_i chez les caprins Créoles à viande semble montrer qu'il est possible d'utiliser les modalités de calculs développées pour les moutons à viande en France afin d'estimer ces paramètres avec une bonne précision. La méthode officielle (A) donne les résultats les plus proches

d'une régression individuelle (C), méthode plus lourde et nécessitant des moyens adéquats de calculs.

Variabilité des poids à âges types et des croissances correspondantes

Une combinaison des méthodes A, B et C a été utilisée pour calculer les poids à âges types et les croissances sur un échantillon le plus représentatif possible, correspondant à 85 p. 100 du fichier Total. Les tableaux II et III présentent les valeurs moyennes et les paramètres de dispersion de chacun de ces caractères de croissance.

Ces résultats ont montré la grande variabilité des différents paramètres, avec, par exemple, des poids à 10 jours qui ont varié de 1 à 5 kg ou encore des Gmq_{10-30} de -43 g à 160 g, pour des chevreaux élevés en conditions intensives de pâturage. Ces éléments précisent les limites pour la validation des données brutes dans le cadre de l'application d'un contrôle de performances en ferme de caprins Créoles, suivant la méthodologie standard appliquée aux ovins à viande en France (8).

Pour tester la validité de ces Pat_i , les auteurs ont recherché parmi les données disponibles les pesées obtenues dans une gamme d'âge de plus ou moins un jour autour des âges types voulus, respectivement de 10, 30 et 70 jours. Les résultats obtenus à partir de ces données sont présentés dans le tableau IV et la figure 3.

Dans ces derniers résultats, aucune donnée n'est en dehors des bornes établies dans l'étape précédente et présentées dans le tableau II. Cette observation semble confirmer, de manière empirique, la validité des bornes établies précédemment. En définitive, il apparaît possible d'utiliser les modalités de calcul et de validation développées pour les moutons à viande comme procédure préliminaire pour les contrôles de performances des caprins Créoles.

Tableau II

Moyenne et intervalle de variation des poids à âges types des chevreaux Créoles de Guadeloupe élevés au Domaine Inra de Gardel en conditions intensives de pâturage durant leur période présevrage (n = 5 258 chevreaux)

Age (j)	Moyenne (hg)	Ecart-type (hg)	Coefficient de variation (%)	Limite inférieure (hg)	Limite supérieure (hg)
10	27,0	5,3	20	10,0	50,0
30	44,9	9,2	21	18,6	75,6
70	71,1	15,9	22	30,1	130,1

Tableau III

Moyenne et intervalle de variation des gains moyens quotidiens des chevreaux Créoles de Guadeloupe élevés au Domaine Inra de Gardel en conditions intensives de pâturage durant leur période présevrage (n = 5 258 chevreaux)

Classe d'âge (j)	Moyenne (g/j)	Ecart-type (g/j)	Coefficient de variation (%)	Limite inférieure (g/j)	Limite supérieure (g/j)
10-30	90	28	31	-43	160
30-70	74	22	30	13	154
10-70	66	26	39	-23	171

Tableau IV

Estimation des poids à âges types (Pat) vrais d'après le poids mesuré à un âge égal à 10, 30 et 70 jours, plus ou moins un jour, chez des chevreaux Créoles de Guadeloupe élevés au Domaine Inra de Gardel

Caractère	Nombre d'animaux	Age moyen (j)	Moyenne (hg)	Ecart-type (hg)	Coefficient de variation (%)	Limite inférieure (hg)	Limite supérieure (hg)
Pat ₁₀	659	10,1	27,8	5,6	20	13,0	43,0
Pat ₃₀	956	30,1	46,1	8,4	18	24,0	70,0
Pat ₇₀	686	70,0	73,1	16,2	22	36,0	114,0

Cependant, les résultats présentés dans ce travail sont basés sur les données d'élevage du Domaine expérimental de Gardel, dont le mode de conduite et le système d'alimentation en conditions intensives sont peu appliqués en ferme en Guadeloupe (3). Par ailleurs, les difficultés logistiques pour la collecte des pesées en élevage privé, plus importantes qu'en élevage expérimental, peuvent être source de biais. La régularité des pesées préconisée suivant la

méthode officielle peut aider à réduire les imprécisions. L'extrapolation des résultats au reste de la population caprine de Guadeloupe, suivant des modes de conduite différents, nécessite une étape de validation après un temps d'application dans les conditions d'élevage privé.

Le document de référence (8) précise que l'éleveur doit prévenir l'Etablissement départemental de l'élevage dès la naissance du premier animal (le jour même ou le lendemain). Dans ce cas, la première visite du technicien doit intervenir dans les 21 jours qui suivent la première mise bas. Cette règle doit être respectée pour les caprins Créoles, dont la taille de population ne permet pas de contrôler des effectifs importants. Par ailleurs le système de reproduction appliqué, avec la technique de l'effet mâle, se traduit par la réalisation de 85 p. 100 des mises bas dans les 21 premiers jours de la saison de mise bas. Le non-respect des limites établies et un retard pris lors de la première visite aurait pour conséquence une perte de données. Le tableau V présente la fréquence cumulée de pertes d'informations pour chaque jour de retard lors des première et deuxième visites. Le taux de pertes est important et il est recommandé de porter une attention particulière à la réalisation de la première visite.

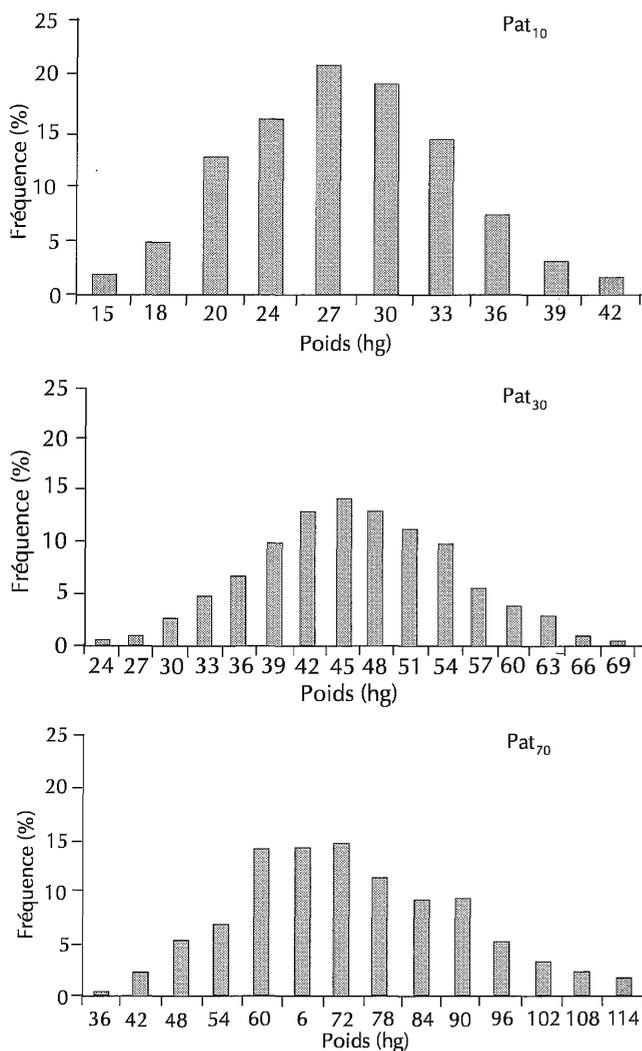


Figure 3 : dispersion des poids à âges types pris à 10 jours (Pat₁₀), 30 jours (Pat₃₀) et 70 jours (Pat₇₀) du chevreau Créole élevé en conditions intensives de pâturage au Domaine Inra de Gardel (Guadeloupe).

Tableau V

Fréquence cumulée des pertes de données (pourcentage d'individus exclus des calculs de poids à âges types) pour chaque jour de retard pris dans les première et deuxième visites, dans le cadre de la procédure officielle de contrôle de performances

Jours de retard	Première visite (%)	Deuxième visite (%)
1	2	1
2	4	3
3	10	5
4	14	7
5	18	9
6	22	10
7	25	11
8	28	11
9	33	12
10	38	12
11	44	13
12	48	13
13	53	14
14	58	14

■ CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent qu'il est possible d'initier un système de contrôles de performances des caprins Créoles avec la méthodologie appliquée aux ovins producteurs de viande en France (6, 8) et déjà employée aux Antilles françaises pour les ovins Martinik (13). Elle devrait faciliter la réalisation pratique des opérations de contrôle de performances grâce aux outils existants et la gestion des données dans une chaîne de traitement déjà éprouvée.

Par ailleurs, la signification des paramètres employés en relation avec les caractères zootechniques considérés (valeur laitière, précocité) et leur utilisation en vue de l'évaluation de la valeur génétique des caprins Créoles restent à être étudiée de manière plus approfondie. Ainsi, il convient de s'interroger sur l'adéquation aux caprins allaitants en zone tropicale des objectifs et des critères de sélection employés chez les ovins à viande en France (11). En effet, les conditions d'élevage en milieu tropical, où le pâturage prédomine, l'évolution de la courbe de lactation chez les chèvres allaitantes (3) et les différences de développement pondéral dans

cette population de petit format sont autant de raisons qui militent pour une révision des critères à employer.

Enfin, en raison de l'absence de références sur la croissance des caprins producteurs de viande en milieu tropical, il apparaît nécessaire de poursuivre l'étude des courbes de croissance de cette espèce et des facteurs de variations influant sur leur évolution. Une perspective intéressante est offerte par les méthodes statistiques d'analyse de modèles mixtes, comme cela a déjà été abordé par Lancelot et coll. (9) pour les ovins du Sénégal.

Remerciements

Les auteurs remercient J.-P. Poivey pour l'aide apportée à une meilleure compréhension des modalités de calcul des poids à âges types dans le cas des ovins à viande et pour ses conseils sur la présentation des résultats, ainsi que le personnel du Domaine Inra de Gardel pour sa participation à la collecte des données de pesées individuelles. Ils remercient également les correcteurs du comité de rédaction de cette revue pour leurs indications précieuses pour la révision de cet article.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE G., AUMONT G., FLEURY J., COPPRY O., MULCIBA P., NEPOS A., 1997. Production semi-intensive au pâturage de caprins à viande en zone tropicale humide : le cas des cabris Créoles sur pangola (*Digitaria decumbens*) en Guadeloupe. *Inra Prod. Anim.*, **10** : 43-54.
- ALEXANDRE G., AUMONT G., FLEURY J., MAINAUD J.C., KANDASSAMY T., 1997. Performances zootechniques de la chèvre Créole de Guadeloupe. Bilan de 20 ans dans un élevage expérimental de l'Inra. *Inra Prod. Anim.*, **10** : 7-20.
- ALEXANDRE G., AUMONT G., MANDONNET N., FLEURY J., NAVES M., 1999. La chèvre Créole de Guadeloupe (FWI) : une ressource génétique importante pour les Tropiques humides. *Bull. Inf. Ressour. génét. Anim.*, **26** : 45-55.
- BOUJENANE I., AIT BIHI N., BOUKALLOUCHE A., 1995. Amélioration génétique des ovins au Maroc. In : Gabina D., Ed., Stratégies pour l'amélioration génétique des ovins et caprins. Actes de la réunion du réseau Fao/Ciheim sur les ovins et les caprins, sous-réseau Matériel animal, Sidi-Thabet, Tunisie, 26-28 mars 1995. Saragosse, Espagne, Ciheim, p. 109-119 (Cah. Options Méditerran. 11)
- BUVANENDRAN V., MAKUSA S.M., CHIRONGA P., 1992. Phenotypic and genetic parameters of weaning traits in Dorper sheep in Zimbabwe. *Small Rumin. Res.*, **7** : 369-374.
- COURNUT J., REHBEN E., 1988. Situation et perspectives des contrôles de performances en ferme appliqués aux bovins allaitants et ovins à viande en France. In : 3^e Congrès mondial de reproduction et sélection des ovins et bovins à viande, Paris, France, 19-23 juin 1988. Paris, France, Inra, p. 259-273.
- DEVENDRA C., McLEROY G.B., 1982. Goat production in the tropics. London, UK, CAB, 183 p.
- INRA/INSTITUT DE L'ELEVAGE, 1995. Répertoire français des méthodes et procédures de contrôle et d'évaluation génétique des reproducteurs ovins et bovins de races allaitantes. Paris, France, Institut de l'élevage, 105 p. (CR n° 2316, Mai 1995)
- LANCELOT R., LESNOFF M., TILLARD E., McDERMOTT J.J., 2000. Graphical approaches to support the analysis of linear-multilevel models of lamb preweaning growth in Kolda (Senegal). *Prev. vet. Med.*, **46** : 225-247.
- MANDONNET N., ALEXANDRE G., NAVES M., FLEURY J., AUMONT G., MENENDEZ-BUXADERA A., 1998. Genetic parameters of litter size and preweaning growth rate of Creole goats of Guadeloupe (FWI). In: 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Armidale, Australia, 11-16 January 1998. Armidale, Australia, 6-WCGALP, p. 165-168.
- MENISSIER F., BOUIX J., 1992. L'amélioration génétique en France : les contextes et les acteurs - Les bovins et ovins producteurs de viande. *Inra Prod. Anim.*, n° hors-série Eléments de génétique quantitative et applications aux populations animales : 11-23.
- NAVES M., ALEXANDRE A., LEIMBACHER F., MANDONNET N., MENENDEZ-BUXADERA A., 1998. Avances en los programas de gestion de los recursos genéticos en los ruminantes del Caribe. In : IV Congreso Iberoamericano de razas autoctonas y criollas, Tampico, Mexico, 22-28 noviembre 1998. Tampico, Mexico, FIRC, p. 78-93.
- NAVES M., LEIMBACHER F., ALEXANDRE G., MANDONNET N., 2000. Development of animal breeding strategies for the local breeds of ruminants in the French West Indies. In: Galal S., Boyazoglu J., Hammond K., Eds, Workshop on Developing Breeding Strategies for Lower Input Animal Production Environments, Bella, Italy, 22-25 September 1999. Rome, Italy, ICAR, p. 379-385. (Tech. Series No. 3)
- NOTTER D.R., HOUGH J.D., 1997. Genetic parameter estimates for growth and fleece characteristics in Targhee sheep. *J. Anim. Sci.*, **75** : 1729-1737.
- OLESEN I., SVENDSEN M., KLEMETSDAL G., STEINE T.A., 1995. Application of a multiple-trait animal model for genetic evaluation of maternal and lamb traits in Norwegian sheep. *Anim. Sci.*, **60** : 457-469.
- SAS, 1990. SAS/STAT User's guide, Vers. 6, 4th Ed., Vol. 1 and 2. Cary, NC, USA, SAS Institute, 1848 p.
- VAN NIEKERK M.M., SCHOEMAN S.J., BOTHA M.E., CASEY N., 1996. Heritability estimates for preweaning growth traits in the Adelaide Boer goat flock. *S. Afr. Tydskr. Veek.*, **26** : 6-9.

Reçu le 06.07.2000, accepté le 09.11.2001

Summary

Naves M., Menendez Buxadera A., Alexandre G., Mandonnet N. Comparative Study to Estimate Weights at Typical Preweaning Ages of Creole Meat-Type Goats

A model, in which weight and growth performances of suckling ruminants are recorded, is necessary when setting up a breeding program. In France, such a model was developed for sheep, but not for suckling goats. In this study, the standard methodology used for meat-type sheep was applied to the robust Creole goats of French Antilles. Growth data up to weaning of 6211 kids were used; the data had been recorded for nearly 20 years at the experimental farm of Gardel in Guadeloupe. Various methods for weight estimation were tested at the typical ages of 10, 30 and 70 days and compared to the standard method developed for suckling lambs in France. Finally, the variability of growth performances was specified and the first elements to test Creole goat growth were determined. Conditions and limitations of the models applied to Creole goats are discussed.

Key words: Creole goat - Meat animal - Preweaning period - Suckling - Performance testing - Growth - Weight - Guadeloupe.

Resumen

Naves M., Menendez Buxadera A., Alexandre G., Mandonnet N. Estudio comparado sobre la metodología para la estimación de los pesos a edades tipo antes del destete aplicado a los caprinos Creoles productores de carne

La realización de un programa de selección en los rumiantes lactantes necesita de un modelo de control de rendimientos para el registro de los pesos y para la medida del crecimiento. Tal sistema fue establecido en Francia en los ovinos. Sin embargo no existe un sistema para los caprinos lactantes. Este estudio examina las posibilidades de aplicación del método estándar establecido para los ovinos de carne, en el marco de la población rústica de caprinos Creoles criados en las Antillas francesas. Se apoya sobre la base de datos individuales de crecimientos acumulados, del Dominio experimental de Gardel en Guadalupe, desde hace cerca de 20 años y sobre un total de 6 211 cabritos, hasta el destete. Se probaron diferentes métodos para estimar los pesos a edades tipo (10, 30 y 70 días) y se compararon con el método estándar desarrollado para los ovinos lactantes en Francia. Finalmente, se precisó la variabilidad de los rendimientos de crecimiento obtenidos, esto con el fin de establecer las primeras referencias de un control de crecimiento aplicado a los caprinos Creoles. Se discuten las condiciones de aplicación y las limitaciones del esquema dentro del marco de la población caprina Creol.

Palabras clave: Caprino Creole - Animal de carne - Periodo predestete - Lanctancia - Prueba de rendimiento - Crecimiento - Peso - Guadalupe.

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- **Figures** (photos, graphes, dessins, cartes) : sur papier uniquement, indépendantes du texte, numérotées en chiffre arabe dans l'ordre de leur apparition, les légendes rassemblées sur feuille indépendante, compréhensibles par elles-mêmes ; **de qualité excellente**, dès l'expédition du manuscrit, pour pouvoir être reproduites par clichage et réduites ou agrandies. Les frais d'impression des figures en couleur sont à la charge des auteurs.

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

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

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

3. GUYOT B., TOBAR M., VINCENT J.C., 1988. Essai de détermination de la couleur verte du café en système modèle. In : XII^e colloque scientifique international sur le café, Montreux, Suisse, 28 juin-3 juillet 1987. Paris, France, ASIC, p. 143-147.

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

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

Une présentation détaillée est disponible sur demande.

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

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

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

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

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

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

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

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

- Complete manuscripts are submitted in **triplicate**, including one original. The text is typed, **double-spaced**, the pages are numbered. A **3.5" diskette** is included. The text and tables are in separate files saved under Word Perfect or Microsoft Word (clearly indicate on the diskette the software used).

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

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

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

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

- **Figures** (photos, graphs, drawings, maps): originals submitted on paper only, separate from the text, numbered (Arabic num.) in the order they appear in the text; legends are listed separately, meaningful by themselves; **high-quality** is required from the start as they may be reproduced without any modification (except in size). Authors are charged for the printing costs of color figures.

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

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

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

3. GUYOT B., TOBAR M., VINCENT J.C., 1988. Essai de détermination de la couleur verte du café en système modèle. In : XII^e colloque scientifique international sur le café, Montreux, Suisse, 28 juin-3 juillet 1987. Paris, France, ASIC, p. 143-147.

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

Anonymous publications are listed under the title first word.

The complete guidelines are available upon request.

International ISO norms are used to abbreviate journal names.

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

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