

Sommaire

PATHOLOGIE INFECTIEUSE

- 5-12** **Diagnostics *ante et post mortem* de la tuberculose bovine au sud du Tchad : cas des bovins destinés à l'abattage.** Ngandolo B.N., Diguimbaye-Djaibé C., Müller B., Didi L., Hilty M., Schiller I., Schelling E., Mobeal B., Toguebaye B.S., Akakpo A.J., Zinsstag J. (*en français*)
- 13-16** **Prévalence de lésions de tuberculose chez des bovins abattus dans les états du nord-est du Nigeria.** Aliyu M.M., Adamu J.Y., Bilyaminu Y.A. (*en anglais*)
- 17-21** **Isolation et antibiogramme de la flore bactérienne aérobie des cavités nasales de chèvres Naines d'Afrique de l'Ouest apparemment saines.** Emikpe B.O., Oyero O.G., Akpavie S.O. (*en anglais*)
- 23-26** **Modifications hématologiques chez des poulettes infectées par *Salmonella Paratyphi A*.** Ogunleye A.O., Ajuwape A.T.P., Adetosoye A.I. (*en anglais*)
- 27-31** **Effet du peroxyde d'hydrogène dans le bac d'échaudage sur la numération microbienne cutanée des porcs.** De Mello A.S. Jr., Roça R.O. (*en anglais*)

PATHOLOGIE PARASITAIRE

- 33-38** **Un demi-siècle de lutte contre la mouche tsé-tsé et les trypanosomoses animales sur le plateau de l'Adamaoua au Cameroun.** Mamoudou A., Zoli A., Van den Bossche P., Delespaux V., Cuisance D., Geerts S. (*en anglais*)

RESSOURCES ANIMALES

- 39-47** **Production laitière dans la zone sylvopastorale du Sénégal : étude des facteurs de variation et modes de gestion par les populations locales.** Diop A.T., Ickowicz A., Diène M., Nzimulinda J.C. (*en français*)
- 49-57** **Evaluation d'une méthode d'enquête rétrospective sur une période de douze mois pour estimer les taux de mise bas et de mortalité du bétail dans un système d'élevage africain traditionnel.** Lesnoff M. (*en anglais*)
- 59-66** **Facteurs de variation non génétique de la productivité des brebis de race Noire de Thibar.** Ben Salem I., Rekik M., Hammami H., Ben Hamouda M., Aloulou R., Sâadoun L. (*en français*)
- 67-73** **Effets du niveau alimentaire sur la saisonnalité de l'activité sexuelle chez la brebis Timahdite : influence de la leptine et du système IGF.** Archa B., Chentouf M., Bister J.L. (*en français*)
- 75-80** **Effet de la granulation sur les performances de croissance, l'efficacité alimentaire et la viabilité des lapereaux en condition d'élevage tropical.** Kpodékon M., Youssao A.K.I., Koutinhoun G.B., Baba I.L., Dessou J.M., Djago Y. (*en français*)

Contents

INFECTIOUS DISEASES

- 5-12 Antemortem and Postmortem Diagnoses of Bovine Tuberculosis in Southern Chad: Case of Slaughter Cattle.** Ngandolo B.N., Diguimbaye-Djaibé C., Müller B., Didi L., Hilty M., Schiller I., Schelling E., Mobeal B., Toguebaye B.S., Akakpo A.J., Zinsstag J. (*in French*)
- 13-16 Current Prevalence of Tuberculous Lesions among Slaughtered Cattle in Northeastern States of Nigeria.** Aliyu M.M., Adamu J.Y., Bilyaminu Y.A. (*in English*)
- 17-21 Isolation and Antibioqram of Aerobic Nasal Bacterial Flora of Apparently Healthy West African Dwarf Goats.** Emikpe B.O., Oyero O.G., Akpavie S.O. (*in English*)
- 23-26 Hematological Changes in *Salmonella* Paratyphi A Infected Pullets.** Ogunleye A.O., Ajuwape A.T.P., Adetosoye A.I. (*in English*)
- 27-31 Effect of Hydrogen Peroxide in the Scald Tank on the Microbial Count of Pork Skin.** De Mello A.S. Jr., Roça R.O. (*in English*)

PARASITIC DISEASES

- 33-38 Half a Century of Tsetse and Animal Trypanosomosis Control on the Adamawa Plateau in Cameroon.** Mamoudou A., Zoli A., Van den Bossche P., Delespoux V., Cuisance D., Geerts S. (*in English*)

ANIMAL RESOURCES

- 39-47 Milk Production in the Sylvopastoral Zone of Senegal: Variation Factors and Local Populations' Management System.** Diop A.T., Ickowicz A., Diène M., Nzimulinda J.C. (*in French*)
- 49-57 Reliability of a Twelve-Month Retrospective Survey Method for Estimating Parturition and Mortality Rates in a Traditional African Livestock Farming System.** Lesnoff M. (*in English*)
- 59-66 Non-Genetic Factors of Variation of the Productivity of the Noire de Thibar Ewe.** Ben Salem I., Rekik M., Hammami H., Ben Hamouda M., Aloulou R., Sâadoun L. (*in French*)
- 67-73 Effect of the Feed Level on the Seasonality of the Sexual Activity of Timahdite Ewes: Role of the Leptin and IGF System.** Archa B., Chentouf M., Bister J.L. (*in French*)
- 75-80 Effect of Diet Pelleting on Growth, Feed Efficiency and Viability of the Rabbit in a Tropical Breeding Environment.** Kpodékon M., Youssao A.K.I., Koutinhoun G.B., Baba I.L., Dessou J.M., Djago Y. (*in French*)

Sumario

PATOLOGIA INFECCIOSA

- 5-12 Diagnósticos ante y post mortem de la tuberculosis bovina en el sur de Chad: caso de bovinos destinados al matadero.** Ngandolo B.N., Diguimbaye-Djaibé C., Müller B., Didi L., Hilty M., Schiller I., Schelling E., Mobeal B., Toguebaye B.S., Akakpo A.J., Zinsstag J. (*en francés*)
- 13-16 Prevalencia de lesiones tuberculosas en ganado sacrificado en los estados del noreste de Nigeria.** Aliyu M.M., Adamu J.Y., Bilyaminu Y.A. (*en inglés*)
- 17-21 Aislamiento y antibiograma de la flora bacteriana aeróbica nasal en cabras Enanas Oeste Africanas aparentemente sanas.** Emikpe B.O., Oyero O.G., Akpavie S.O. (*en inglés*)
- 23-26 Cambios hematológicos en pollos infectados con *Salmonella Paratyphi A*.** Ogunleye A.O., Ajuwape A.T.P., Adetosoye A.I. (*en inglés*)
- 27-31 Efecto del peróxido de hidrógeno en el tanque de escaldado sobre el conteo microbiano en la piel de puerco.** De Mello A.S. Jr., Roça R.O. (*en inglés*)

PATOLOGIA PARASITARIA

- 33-38 Medio siglo de control de la tse-tse y la tripanosomosis animal en la meseta de Adamaoua en Camerún.** Mamoudou A., Zoli A., Van den Bossche P., Delespaux V., Cuisance D., Geerts S. (*en inglés*)

RECURSOS ANIMALES

- 39-47 Producción lechera en la zona silvo-pastoril de Senegal: estudio de los factores de variación y de los modos de gestión de las poblaciones locales.** Diop A.T., Ickowicz A., Diène M., Nzimulinda J.C. (*en francés*)
- 49-57 Fiabilidad de un método de encuesta retrospectiva durante un periodo de doce meses para la estimación de las tasas de parto y mortalidad en un sistema de crianza animal africano tradicional.** Lesnoff M. (*en inglés*)
- 59-66 Factores de variación no genética de la productividad de las ovejas de raza Negra de Thibar.** Ben Salem I., Rekik M., Hammami H., Ben Hamouda M., Aloulou R., Sâadoun L. (*en francés*)
- 67-73 Efectos del nivel alimenticio sobre la estacionalidad de la actividad sexual en la oveja Timahdite: influencia de la leptina y del sistema IGF.** Archa B., Chentouf M., Bister J.L. (*en francés*)
- 75-80 Efecto de granulados sobre los rendimientos de crecimiento, eficacia alimenticia y viabilidad de conejos bajo condiciones de crianza tropical.** Kpodékon M., Youssao A.K.I., Koutinhoun G.B., Baba I.L., Dessou J.M., Djago Y. (*en francés*)

Diagnostics *ante* et *post mortem* de la tuberculose bovine au sud du Tchad : cas des bovins destinés à l'abattage

B.N. Ngandolo ^{1*} C. Diguimbaye-Djaibé ¹ B. Müller ²
L. Didi ¹ M. Hilty ² I. Schiller ⁵ E. Schelling ²
B. Mobeal ⁶ B.S. Toguebaye ⁴ A.J. Akakpo ³ J. Zinsstag ²

Mots-clés

Bovin de boucherie – Test cutané – Tuberculine – Inspection de viande – Tchad.

Résumé

Entre juillet et novembre 2005, 919 bovins issus d'élevages transhumants et destinés à l'abattage à Sarh (Tchad) ont été contrôlés en *ante* et *post mortem* afin d'identifier des suspicions de tuberculose bovine (TBB). Ces animaux appartenaient principalement aux races locales Arabe (639) et Mbororo (280), et comportaient 595 femelles et 324 mâles, âgés de 1 à 11 ans, et répartis dans quatre classes d'âge. En *ante mortem*, l'examen clinique et le test d'intra-dermo-tuberculation comparative (IDC) ont été effectués. Le diagnostic *post mortem* (DPM) a été établi par l'inspection à l'abattoir et la microscopie pour la recherche des bacilles acido-alcool-résistants (BAAR). L'IDC a révélé 95 réagissants (10,3 p. 100) et 102 réactions douteuses (11 p. 100). Par ailleurs, 109 carcasses (abats) ont été suspectées de tuberculose, et les lésions collectées, traitées et colorées au Ziehl-Neelsen ne contenaient des BAAR que dans 47,7 p. 100 des cas. L'IDC et le DPM ont tous les deux montré la susceptibilité de la race Mbororo à la TBB, ainsi que celle des animaux âgés de 4 à 9 ans. En dépit de la discordance entre les deux méthodes de diagnostic, la combinaison de leurs résultats a permis d'identifier 130 cas dans l'échantillon contrôlé, dont la moitié étaient âgés de 7 à 9 ans.

INTRODUCTION

Le Tchad, comme la plupart des pays sahéliens d'Afrique, est un pays à vocation agropastorale où l'élevage représente 15 p. 100 du produit intérieur brut. Le cheptel tchadien est estimé à 16 897 313 têtes dont 6 475 051 bovins (24). Le mode d'élevage des bovins est essentiellement transhumant. La viande bouchère consommée dans les grandes villes tchadiennes provient surtout de ces troupeaux.

1. Laboratoire de recherches vétérinaires et zootechniques de Farcha, BP 433, N'Djamena, Tchad.

2. Institut tropical et de santé publique suisse, département d'épidémiologie et de santé publique, Bâle, CH-4002 Suisse.

3. Ecole inter-Etats des Sciences et Médecines vétérinaires de Dakar, département de microbiologie, Dakar, Sénégal.

4. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, faculté des Sciences et Techniques, département de biologie animale, Dakar-Fann, Sénégal.

5. Bundesamt für Veterinärwesen, Bern, CH-3003 Schweizer.

6. Société moderne des abattoirs / Abattoir frigorifique de Farcha, N'Djamena, Tchad.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +235 6623 05 24 ; fax: +235 252 37 22

E-mail : bongo_nov@yahoo.fr

L'approvisionnement des centres urbains en viande bovine augmente lors des séjours des pasteurs nomades autour des villes. Cet approvisionnement est organisé par les groupes d'opérateurs que sont les bouchers qui achètent les bovins sur les marchés à bétail puis les font abattre dans les abattoirs ou les aires d'abattage. Entre le marché et l'abattoir, ces animaux ne sont soumis à aucun examen *ante mortem*. C'est généralement après l'abattage que les carcasses sont inspectées à l'abattoir. Ainsi l'inspection *post mortem* ne permet d'éliminer que les carcasses et abats porteurs de lésions avérées, comme dans le cas de la tuberculose.

La tuberculose bovine (TBB) est une zoonose majeure et cause de sérieux problème en santé publique. La consommation de lait et de viande provenant de bovins infectés par la tuberculose peut être à l'origine de contamination humaine (18). La surveillance de la TBB aux abattoirs a fait l'objet de plusieurs travaux au niveau du Tchad (13, 15, 20) qui ont confirmé l'existence de la maladie au moyen de techniques de plus en plus élaborées (13) et permis d'identifier *Mycobacterium bovis* dans un quart des bactéries isolées [bacilles acido-alcool-résistants (BAAR)]. Au cours de cette étude, 10 000 bovins ont été examinés dont 7,3 p. 100 étaient suspectés de porter des lésions tuberculeuses.

Le dépistage de la maladie dans les troupeaux par le test de tuberculination n'est pas systématique au Tchad, alors qu'il constitue le diagnostic de référence de la tuberculose en *ante mortem*. Néanmoins, dans le cadre d'études ponctuelles sur la TBB, des tests de tuberculination ont été effectués et ont révélé des prévalences de 0,8 et 16,9 p. 100 (13). Des cinquante-cinq pays africains, seuls sept (Afrique du Sud, Algérie, Burkina Faso, Cameroun, Maroc, Namibie et Zambie) utilisent les tests tuberculiques et l'inspection *post mortem* pour la surveillance de la TBB (10). L'utilisation de ces deux méthodes de diagnostic de la tuberculose sur un même échantillon destiné à la consommation n'a jamais fait l'objet d'une étude au Tchad.

L'objectif du présent travail a été d'estimer le taux de prévalence de la tuberculose chez les bovins issus des élevages transhumants abattus à l'abattoir privé de Sarh en utilisant les deux méthodes de diagnostic : l'intradermo-tuberculination comparative (IDC) et le diagnostic *post mortem* (DPM). Il s'agit également d'une étude de faisabilité qui permet d'identifier les principaux indicateurs démographiques et d'assainissement des bovins tuberculeux dans des troupeaux transhumants.

■ MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

Cette étude a été menée entre juillet et novembre 2005 à Sarh, ville située à 600 km de la capitale N'Djamena au sud du Tchad, région frontalière avec la République centrafricaine (RCA). Sarh se trouve dans la zone climatique soudanienne couverte de savane arbustive et de forêt claire dominées par les légumineuses et les combrétacées. Grâce à cette végétation, elle dispose de ressources indispensables pour l'hivernage des troupeaux venant des zones sahéliennes du Centre (17). Le test IDC a été effectué dans l'enclos du marché à bétail situé au sud-ouest de Sarh (Maingara). L'inspection des carcasses et des abats a eu lieu à l'abattoir privé du groupement des bouchers de Sarh, situé au nord-est de la ville, en bordure du fleuve Chari.

Animaux

Neuf cent vingt-neuf bovins destinés à l'abattage ont été échantillonnés. Tous les animaux provenaient de troupeaux transhumant entre la RCA et le centre du Tchad en passant par Sarh. L'échantillonnage n'a été possible qu'après un consensus trouvé entre le Laboratoire de recherches vétérinaires et zootechniques de Farcha (LRVZ/Farcha), et le groupement des bouchers de Sarh, sur la base de compensation financière afin de maintenir les animaux pendant 72 heures dans l'enclos du marché à bétail après inoculation des tuberculines. Ces animaux n'avaient jamais subi le test IDC auparavant. Chaque animal a été identifié par une boucle à l'oreille, puis les données zootechniques sur les animaux (race, sexe et âge) ont été enregistrées. La détermination de l'âge a été effectuée par la lecture de la table dentaire.

Examen clinique

Cet examen a consisté en une appréciation à vue d'œil de l'état d'embonpoint des animaux, et la palpation des ganglions lymphatiques, organes lymphoïdes périphériques et lieu de développement de la réaction immunitaire contre toute infection. Des cas d'ectoparasitisme constatés et d'autres infections susceptibles de provoquer une réaction ganglionnaire ont été également enregistrés. Trois états d'embonpoint ont été spécifiés : bon, mauvais et très mauvais.

Test d'intradermo-tuberculination comparative

L'IDC a été réalisé en utilisant les tuberculines *M. bovis* (PPD bovina n° 812) et *M. avium* (PPD avian n° 814) de l'Istituto

zooprofilattico sperimentale dell'Umbria e delle Marche (Perugia, Italie). Les tuberculines ont été injectées dans l'épaisseur du derme de l'encolure à raison d'une unité internationale (UI), 0,2 mL pour *M. avium* et 0,1 mL pour *M. bovis*. Une première mensuration du pli cutané a été effectuée au niveau de chaque site à l'aide d'un pied à coulisse et enregistrée. La tuberculine *M. bovis* a été introduite sur le côté droit du cou et la tuberculine *M. avium* sur le côté gauche. La lecture a consisté en une seconde mensuration de l'épaisseur de la peau au point d'inoculation des protéines 72 heures après inoculation, enregistrée ensuite sur une fiche avec l'identification individuelle des animaux (28).

Diagnostic post mortem

Il a été considéré comme DPM, l'inspection *post mortem* à l'abattoir et la microscopie directe des échantillons de lésions au laboratoire. L'inspection a été effectuée sur toutes les carcasses et abats provenant des bovins échantillonnés. La méthode d'inspection utilisée a été celle décrite par la division de mise en quarantaine et d'inspection des viandes du ministère de l'Agriculture de l'Éthiopie (34).

Elle a consisté à palper puis à inciser les organes (poumons, foies, rates, reins et mamelles) et les ganglions (préscapulaires et inguinaux). D'autres ganglions ont été incisés lorsqu'une lésion a été constatée au niveau des tissus les recouvrant. En cas de tuberculose généralisée, la carcasse entière a été saisie et, en cas d'organes infectés, une saisie partielle a été effectuée. Les lésions constatées ont été prélevées et conservées dans des flacons stériles, identifiées avec le numéro de la boucle de l'animal correspondant et placées sous glace jusqu'au LRVZ/Farcha à N'Djamena.

Les prélèvements effectués ont été préalablement nettoyés à l'eau distillée stérile avant d'être broyés à l'aide du broyeur Stomacher 80, comme décrit par Diguimbaye et coll. (13). Des frottis ont été confectionnés à partir des broyats obtenus, puis colorés par la méthode de Ziehl-Neelsen (25). Les lames colorées ont été observées au microscope sous immersion pour la recherche des BAAR à l'objectif x 100. La quantification des bacilles a été faite conformément aux directives de l'Organisation mondiale de la santé (26).

Critère d'identification des animaux suspects de tuberculose bovine

Ce critère a été défini par la combinaison des résultats issus des diagnostics *ante mortem* et *post mortem*. Les animaux suspects de tuberculose (cas) ont répondu aux critères suivants :

- IDC+ / DPM-
- IDC- / DPM+
- IDC+ / DPM+
- IDC ± / DPM+

Le statut des bovins présumés indemnes de tuberculose a été IDC- / DPM-.

Analyse statistique

Les données ont été saisies en double en utilisant le logiciel Microsoft Access, comparées avec EpiInfo et analysées par le logiciel Stata 9. Le transfert des données d'Access à Stata a été fait par le biais du logiciel Stat/transfer. Le taux de prévalence a été utilisé comme mesure statistique pour exprimer le ratio des bovins tuberculeux identifiés par chacune des techniques de diagnostic mise en œuvre au moment de la collecte des données par rapport au nombre total échantillonné. La fréquence relative a été utilisée pour exprimer le nombre de cas ou d'individus selon la classe d'âge, le sexe,

la race et le niveau d'embonpoint. Pour montrer si la différence de pourcentage entre les bovins tuberculeux et indemnes détectés par chacun des tests provenait du hasard ou bien reflétait effectivement la différence dans la population d'étude, le test de Fisher a été utilisé. L'analyse multivariée et le *likelihood ratio test* (LRT) ont été utilisés pour la mise en évidence des facteurs significativement dépendants de la maladie. Le test de McNemar a été utilisé pour évaluer la sensibilité des méthodes de diagnostic utilisées.

■ RESULTATS

Les neuf cent vingt-neuf bovins destinés à l'abattage étaient issus de quatre races locales, avec 639 Arabes, 280 Mbororo ou Peuhls, 7 Bogolodjé et 3 métis (23) (figure 1). Les bovins Arabes et Mbororo ont constitué l'essentiel de l'échantillon (98,9 p. 100). Parmi les deux races majoritaires, ont été dénombrés 595 femelles et 324 mâles, répartis dans les quatre classes d'âge (tableau I). L'association entre le sexe et les classes d'âge a été statistiquement significative ($P < 0,001$). Les mâles ont été plus nombreux dans la classe d'âge [1 – 3 ans] contrairement aux femelles, plus nombreuses dans les classes d'âge [4 – 6 ans] et [7 – 9 ans]. Compte tenu de la faible fréquence de bovins des races Bogolodjé et métis, les résultats présentés ci-dessous ont été basés sur l'analyse des données



Figure 1 : zébu Arabe en robe blanche et zébu Mbororo en robe acajou dans l'enclos du marché à bétail à Sarh (photo : R. Ngandolo).

Tableau I

Analyses multivariées avec IDC, lésions et BAAR en tant que variables dépendantes, et classe d'âge, sexe, race et embonpoint comme variables explicatives

		Classe d'âge				Sexe		Race		Embonpoint			
		[1-3]	[4-6]	[7-9]	≥ 10]	Male	Femelle	Arabe	Mbororo	Bon	Moyen	Mauvais	
	n	919	293	264	351	11	324	595	639	280	407	456	56
IDC+	n+	95	20	37	37	1	28	67	57	38	38	58	7
	%	10,3	6,8	14	10,5	9,1	8,6	11,2	8,9	13,6	9,3	10,9	12,5
	OR		1	2,3**	1,7	1,6	1	1,1	1	1,8*	1	1,1	1,3
	IC	10,4-12,5		1,2-4,3	0,8-3,3	0,2-14,1		0,6-1,9		1,1-2,8		0,7-1,8	0,5-3,3
IDC±	n ±	102	24	41	36	1	35	67	61	41	53	45	4
	%	11	8,2	15,5	10,2	9	10,8	11,2	9,5	13,5	13	9,8	7,1
	OR		1	1,9*	2,8**	2,3	1	0,7	1	1,9**	1	0,6	0,3
	IC	9,1-13,3		1,0-3,6	1,4-5,4	0,2-20,5		0,4-1,3		1,2-2,9		0,4-1,0	0,1-1,0
Lésion	n+	109	17	33	55	4	30	79	68	41	42	54	10
	%	11,8	5,8	12,5	15,6	36,3	9,2	13,3	10,6	14,6	10,3	11,8	17,8
	OR		1	2,7**	3,7***	13,4***	1	0,9	1	1,9**	1	1,1	1,1
	IC	9,8-14,1		1,4-5,2	1,9-7,5	3,2-55,0		0,5-1,5		1,2-2,9		0,7-1,7	0,5-2,5
BAAR	n+	52	4	12	34	2	13	39	33	19	20	26	6
	%	5,6	1,3	4,5	9,7	18,2	4,0	6,5	5,1	6,8	4,9	5,7	12,5
	OR		1	4,7*	12,3***	28,7**	1	0,8	1	2*	1	0,9	0,9
	IC	4,2 - 7,3		1,4-15,5	3,7-40,8	4,0-204,6		0,3-1,4		1,1-3,7		0,5-1,6	0,3-2,7

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

IDC : intradermo-tuberculination comparative

IDC+ : animaux ayant réagi positivement au test IDC

IDC± : animaux ayant présenté une réaction douteuse à l'IDC

BAAR : bacilles acido-alcooloo-résistants

n : taille de l'échantillon

+ Animaux suspectés de tuberculose par un des tests

OR : odds ratio

IC : intervalle de confiance

relatives aux différentes méthodes de diagnostic utilisées pour la mise en évidence de la TBB chez 919 bovins appartenant aux races Arabe et Mbororo (tableau I).

La répartition des réagissants ainsi que celle des bovins ayant présenté une réaction douteuse à l'IDC par classe d'âge, sexe, race et embonpoint est rapportée dans le tableau I. L'IDC a mis en évidence 95 réagissants sur 919, soit 10,3 p. 100 [intervalle de confiance (IC) : 8,4 – 12,5 p. 100]. Les fréquences relatives ont été significativement inférieures parmi les animaux Arabes (8,9 p. 100) comparés aux Mbororo (13,6 p. 100) ($p < 0,05$). Cent deux réactions douteuses réparties entre les deux races ont été enregistrées, soit un taux de prévalence de 11 p. 100 (IC : 9,1 – 13,3 p. 100). La différence entre les fréquences relatives a été également significative chez les deux races en ce qui concerne les réactions douteuses ($p < 0,05$). Les fréquences relatives des réagissants et des bovins ayant présenté une réaction douteuse ont été plus élevées dans la classe d'âge [4 – 6 ans]. Entre les sexes, il n'y a pas eu de différence significative pour les réactions à l'IDC. En revanche, la différence observée entre les deux niveaux de réaction chez les mâles a été légèrement significative ($P > 0,05$). Les résultats issus de l'IDC ont montré une liaison entre les réagissants et la dégradation de l'état d'embonpoint des animaux. Toutefois, chez les bovins ayant présenté une réaction douteuse, une situation contraire a été observée. Les *odds ratios* des réagissants et des bovins ayant présenté une réaction douteuse dans les différentes classes d'âge et les deux races, comparés respectivement à la classe d'âge [1 – 3 ans] et à la race Arabe, ont montré qu'il y a eu plus de réagissants dans la classe d'âge [4 – 6 ans] et chez les bovins de race Mbororo. Les réactions douteuses ont été plus nombreuses dans les classes d'âge [4 – 6 ans] et [7 – 9 ans]. Elles ont été importantes surtout parmi les bovins Mbororo (*odds ratio* = 1,9).

Sur les 919 bovins inspectés à l'abattoir, 109 cas de saisies ont été enregistrés, soit un taux de prévalence de 11,8 p. 100 (IC : 9,8 – 14,1 p. 100), dont un seul cas de saisie totale. Des prélèvements ont été effectués sur 109 bovins ayant présenté au moins une lésion. Par ailleurs, plus de 73 p. 100 des lésions étaient localisées dans les parties antérieures de la carcasse : la tête (ganglions de la tête), l'encolure (ganglions préscapulaires), la cage thoracique [poumons (6/109)] et l'abdomen [foie (9/109) et rate (1/109)]. Les lésions observées dans les parties postérieures ont concerné essentiellement les mamelles (31/109) et les reins (1/109). Par ailleurs, en fonction des organes, une caséification a été relevée au niveau de certaines lésions, notamment des ganglions préscapulaires, mammaires, poumons, foies, et ganglions de la tête. Les fréquen-

ces des animaux porteurs de lésions tuberculeuses chez les bovins Arabes et Mbororo ont été respectivement de 10,6 et 14,6 p. 100. La différence entre les bovins porteurs de lésions tuberculeuses a été significative chez les deux races ($P < 0,01$). La présence de ces lésions chez les bovins a été liée à l'âge ($P < 0,01$). Aucune dépendance significative n'a été constatée entre l'état d'embonpoint des animaux et la présence des lésions. Les *odds ratios* des bovins porteurs de lésions suspectées de tuberculose dans les différentes classes d'âge et les deux races, comparés respectivement à la classe d'âge [1 – 3 ans] et à la race Arabe ont montré qu'il y a eu plus d'animaux porteurs de lésions dans les trois classes d'âge consécutives et chez les bovins Mbororo (tableau I).

La microscopie directe n'a confirmé que 47,7 p. 100 (52/109) des suspicions faites lors de l'inspection à l'abattoir mais elle a aussi montré que la fréquence des animaux infectieux a augmenté avec l'âge. Le taux de prévalence des bovins infectieux (porteurs de BAAR) a été de 5,6 p. 100 (IC : 4,2 – 7,3 p. 100). Les animaux infectieux ont été plus nombreux parmi les bovins Mbororo que parmi les bovins Arabes ($P < 0,001$). La microscopie directe n'a pas confirmé de dépendance significative entre l'état d'embonpoint des animaux et la présence des BAAR. Le *odds ratio* des bovins infectieux dans les différentes classes d'âge, comparé respectivement à la classe d'âge [1 – 3 ans], a toutefois montré qu'en dépit de l'importance des animaux infectieux dans les trois classes d'âge consécutives, le risque d'infection était plus élevé dans la classe d'âge [7 – 9 ans]. Comparé à la race Arabe, le risque d'infection a été plus élevé chez les bovins Mbororo.

Le test de McNemar a révélé une importante discordance entre les résultats issus de l'IDC et ceux issus du DPM ($ddl = 1$; $\chi^2 = 16,98$; $P < 0,001$). Quinze bovins ayant eu une réaction douteuse ont présenté des lésions. Quatre statuts des bovins tuberculeux ont été identifiés en combinant les résultats issus de l'IDC et du DPM : IDC+ / DPM-, IDC+ / DPM+, IDC± / DPM- et IDC- / DPM+.

Le tableau II montre que sur 79 bovins réagissants ayant présenté au moins une lésion à l'inspection (IDC+ / DPM-), aucun n'a été infectieux. Ces cas de suspicion ont été plus importants (37/79) dans la classe d'âge [4 – 6 ans]. En revanche, 20 animaux sur 52 DPM+ n'ont pas réagi à l'IDC (IDC- / DPM+). Ces derniers ont été fréquents (12/20) dans la classe [7 – 9 ans]. Sur 102 animaux ayant eu des réactions douteuses à l'épreuve de l'IDC (IDC±), 15 ont présenté au moins une lésion contenant des BAAR (DPM+). Le statut de ces animaux a été défini comme étant IDC± / DPM+. Ces derniers ont été également plus présents dans la classe d'âge [7 – 9 ans]. Cependant, 16 réagissants infectieux (IDC+ / DPM+)

Tableau II

Statuts et répartition des bovins suspectés tuberculeux au moyen de l'IDC et du DPM en fonction de la classe d'âge

Classe d'âge	IDC+ / DPM-	IDC+ / DPM+	IDC± / DPM+	IDC- / DPM+	Total
[1–3]	12	0	2	2	16
[4–6]	37	4	1	6	48
[7–9]	30	11	11	12	64
[≥ 10]	0	1	1	0	2
Total	79	16	15	20	130

IDC : intradermo-tuberculation comparative

DPM : diagnostic *post mortem*

DPM+ : animaux avec lésions contenant des bacilles acido-alcoolo-résistants

DPM- : animaux sans lésion ou dépourvus de bacilles acido-alcoolo-résistants

ont été aussi plus fréquents (11/16) dans la classe d'âge [7 – 9 ans]. Ainsi dans la population bovine abattue à l'abattoir privé de Sarh, la prévalence apparente des animaux suspectés tuberculeux a été de 130 sur 919, soit 14,1 p. 100 (IC : 11,9 – 16,5 p. 100).

■ DISCUSSION

La population de l'étude a été constituée uniquement de bovins de races locales dont l'alimentation était basée sur les plantes fourragères sauvages sans nutriment complémentaire. Ces bovins transhumants destinés à l'abattage n'ont jamais bénéficié de suivi sanitaire régulier à l'inverse de ceux d'élevages intensifs modernes. Contrairement à la présente étude, des travaux du même genre réalisés en Afrique ont porté dans la plupart des cas sur des bovins exotiques ou de races locales, tous élevés dans des conditions expérimentales ou de production laitière (6, 32). Bien qu'il ait été montré que la transmission de l'agent causal de la TBB était faible dans un système extensif d'élevage transhumant, à l'inverse de sa transmission dans les systèmes intensifs, des pratiques favorisant cette transmission sont fréquentes et de routine dans ces élevages (29), comme le partage de pâturages et de points d'eau par des troupeaux venant de différentes zones, une forte contamination des points d'eau stagnante par *M. bovis* provenant des matières fécales et un entassement dans les enclos pendant la nuit. Par ailleurs, l'absence d'une politique d'assainissement des troupeaux par l'utilisation combinée du test de tuberculination, suivi de l'abattage systématique des animaux réagissant, et l'habitude chez les pasteurs nomades de conserver un nombre élevé d'animaux (les animaux sont gardés jusqu'à leur mort qu'elle soit due à une pathologie ou à la vieillesse) ont favorisé l'endémicité de la TBB dans l'élevage transhumant (29).

La situation ci-dessus est similaire à celle des bovins transhumants du Tchad, et les investigations effectuées précédemment dans divers campements et abattoirs ont montré que les bovins suspectés de tuberculose dans les campements par le test IDC ou bien saisis pour la même cause dans les abattoirs étaient en majorité des animaux de réforme (19). Lors de la présente étude, l'analyse par classe d'âge des bovins Arabes et Mbororo a montré une prédominance des veaux et des vaches, respectivement dans les classes d'âge [1 – 3 ans] et [7 – 9 ans]. Ce constat rejoint celui d'études déjà effectuées à l'abattoir de N'Djamena et dans le bassin du lac Tchad en général (Cameroun, Nigeria, RCA et Tchad) montrant que la quasi-totalité des bovins de qualité bouchère consommés dans ces pays sont issus des deux races précitées (18, 27). Les rares investigations relatives à la TBB menées au Tchad ont également porté sur des bovins appartenant aux races Arabe et Mbororo.

Les résultats de l'IDC ont été comparés à ceux d'études similaires effectuées au Tchad et dans d'autres pays africains (tableau III). Ils montrent que l'infection tuberculeuse chez les bovins transhumants et chez ceux issus des élevages sédentaires africains est liée aux variables race et âge comme cela a déjà été rapporté par d'autres auteurs (1, 29, 32). Les fortes fréquences de réagissants constatées chez les bovins du groupe peuhl soulèvent le problème de la susceptibilité de l'hôte à l'agent infectieux de la tuberculose et le mode d'élevage bovin au sein de ce groupe, car un constat similaire a été récemment fait par Ameni et coll. (1) en ce qui concerne la race exotique Holstein introduite en Ethiopie pour la production laitière. En Ouganda, Oloya et coll. ont montré que la fréquence des bovins présentant des réactions douteuses augmentait avec l'âge des sujets ayant subi l'IDC (29). A l'issue de la présente étude, la probabilité de détecter les bovins présentant des réactions douteuses à l'IDC a été élevée dans la classe d'âge [4 – 9 ans].

Tableau III

Comparaison des résultats de l'IDC de la présente étude avec ceux émanant de six études antérieures

Pays	Zone d'étude	Taille de l'échantillon (N)	Prévalence des réagissants (%)	Fréquence des réagissants par race bovine (%)				Classe d'âge	Référence à risque (an)	
				Groupe peuhl (%)	Autre race locale (%)	Race importée	Race métissée			
Tchad	Sarh (Sud)	919	10,3	Mbororo 13,6	–	Arabe 8,9	–	–	[4–6]	Présent travail
	Chari Baguirmi et Kanem (Ouest)	–	16,9	Mbororo (Sensibilité plus élevée)	–	Arabe (Faible sensibilité)	–	–	–	Schelling et coll., 2000
	Ouadaï (Est)	151	0,8	–	–	–	–	–	Age élevé	Delafosse et coll., 2002
Nigeria	Ibadan	171	10,5	White Fulani 23	–	Ndama 14	–	–	[2–12]	Cadmus et coll., 2004
Cameroun	Bangangte (Ouest)	142	14,8	White Fulani 0	Red Fulani 42	–	–	Métissée 9,09	≥ 3]	Nfi et Ndi, 1997
Mali	Zone périurbaine de Bamako	1 087	18,58	–	–	Locale et sujet croisé 9,09	Importée et métissée 22,42	–	≥ 10]	Sidibé et coll., 2003
Ethiopie	Selalle et Holeta	5 424	13,5	–	–	Zébu 11,6	Holstein 22,2	–	[5–9]	Ameni et coll., 2007
				–	–	–	11,9			

IDC : intradermo-tuberculination comparative

Cependant, il faut aussi signaler la faible différence observée entre la fréquence des réagissants et celle des bovins ayant présenté des réactions douteuses dans chaque classe d'âge. Ce résultat a montré que dans les troupeaux transhumant en zone soudanienne du Tchad, les taux de prévalence des bovins présentant une réaction spécifique ou non spécifique pouvaient être sensiblement les mêmes. Les réactions douteuses pourraient être le reflet de nombreuses autres maladies intercurrentes pouvant entraîner une baisse de réactivité de l'organisme (5), mais aussi de la faible sensibilité de l'IDC lorsque le seuil de positivité est celui déterminé par l'Office international des épizooties (2).

Les résultats de l'infection *post mortem* confirment ceux d'auteurs ayant fait des études similaires à l'ouest du Tchad (N'Djamena) qui ont montré la prédominance des lésions tuberculeuses chez les bovins Mbororo comparés aux bovins Arabes (13, 19). La variable âge a aussi été identifiée comme étant un important facteur de risque lié à la pathologie tuberculeuse. L'inspection à l'abattoir a révélé que, dans 12,8 p. 100 des cas, les organes qui ont présenté des lésions étaient logés dans la cage thoracique (poumons) et l'abdomen (foie et rate). En outre, deux fois plus de cas de lésions pulmonaires (8,25 p. 100) que de lésions hépatiques (3,66 p. 100) ont été relevés. Le présent constat rejoint celui de McIlroy et coll. (21) qui ont montré que 73 p. 100 des bovins ayant présenté une lésion tuberculeuse pulmonaire ont aussi présenté une lésion tuberculeuse hépatique. Des lésions ont été enregistrées au niveau des mamelles dans 28,4 p. 100 des cas. Ce résultat diffère de ceux de Miliano-Suazo et coll. (22) qui n'ont mis en évidence que 1,5 p. 100 de cas de lésions au niveau des pis, et de Asseged et coll. (3) qui n'en ont constaté aucune à ce niveau. Cette forte fréquence des lésions au niveau des nodules lymphatiques mammaires pourrait constituer un risque de contamination pour les éleveurs nomades au Tchad dont l'alimentation est basée sur la consommation du lait (36), mais elle peut aussi constituer la preuve d'une endémicité de la TBB (extrapulmonaire) dans le troupeau transhumant au sud du Tchad. Étant donné la forte présence de lésions pulmonaires et mammaires, les auteurs émettent l'hypothèse de la transmission de la TBB par voie respiratoire et alimentaire dans le cheptel transhumant tchadien.

Il est toujours difficile d'identifier les BAAR dans les lésions tuberculeuses suite à une infection naturelle, contrairement aux lésions expérimentalement induites chez le bétail (7). Des auteurs comme Baron et coll. (4), ainsi que Cernoch et coll. (8) ont signalé la faible sensibilité de la microscopie directe à détecter les BAAR. Ce constat a été vérifié au cours de ce travail, car l'observation microscopique des frottis issus des broyats n'a pu révéler que 52 cas de saisie sur 109, soit 47,7 p. 100 des animaux suspectés lors de l'IPM. Ce résultat est proche de celui de Sulieman et Hamid (33) qui ont montré que, sur 120 lésions collectées dans les abattoirs du Soudan, 64 (53,3 p. 100) contenaient des BAAR.

Le résultat de la présente étude a montré que, en dépit de la faible sensibilité de la microscopie directe à détecter les BAAR, 5,6 p. 100 des animaux infectieux étaient inclus dans l'échantillon étudié car seulement 52 carcasses (abats) saisies étaient porteuses de BAAR sur 919 animaux. La fréquence relative de la présence de BAAR dans les carcasses des bovins Arabes et Mbororo a été respectivement de 33/639 (5,16 p. 100) et de 21/280 (7,5 p. 100). Ce résultat vient soutenir l'hypothèse de la prédominance de bovins tuberculeux de race Mbororo dans l'échantillon étudié.

La présence de BAAR ainsi mise en évidence par la microscopie dans des lésions chez de nombreux bovins Mbororo vient confirmer l'hypothèse d'un facteur à haut risque attribué à la variable race. Elle renforce également l'hypothèse selon laquelle la fréquence de détection des lésions suspectées tuberculeuses à l'abattoir croît avec l'âge : les animaux âgés de 4 à plus de 10 ans sont à haut

risque de TBB comparés à ceux âgés de 1 à 3 ans. Par ailleurs, la nécrose caséuse centrale est une caractéristique des granulomes tuberculeux chez la plupart des espèces animales et a une influence importante sur l'expansion de l'infection (16). Ces lésions caséuses observées durant la collecte des échantillons pourraient avoir des effets bactéricides sur les bacilles tuberculeux (3, 7). À ce stade de l'infection, la seule alternative pour confirmer l'infection tuberculeuse serait la mise en évidence des anticorps antituberculeux avec des tests sérologiques (30, 35).

Certains auteurs montrent que le stress ainsi qu'une tuberculose avancée et généralisée pourraient être à l'origine d'une anergie à la tuberculine chez les bovins (12). D'autres remarquent que l'absence de BAAR dans des lésions caséifiées serait due à un effet bactéricide de la caséification (3, 34). La discordance entre les résultats de l'IDC et du DPM signalée lors du présent travail a été significative et pourrait être liée à l'effet de l'anergie post-tuberculeuse et à l'effet bactéricide de la caséification. En effet, Clifton-Hadley et Goodchild (9) montrent qu'il existe une corrélation positive entre la réaction au test tuberculinique et la probabilité d'observer la pathologie tuberculeuse (lésion) à l'abattoir. Cependant, Teklu et coll. (34) ont également remarqué l'absence de BAAR dans des lésions suspectées tuberculeuses.

Le présent travail a montré que, en dépit des réactions non spécifiques qui pouvaient affecter la fiabilité des résultats de l'IDC, 14,7 p. 100 (16/109) des cas suspectés de TBB à l'abattoir de Sarh pouvaient effectivement représenter les infections tuberculeuses à *M. bovis*. Autrement dit, dans la population bovine destinée à l'abattage à Sarh, on pouvait estimer à 1,7 p. 100 (16/919) le taux de TBB causé par *M. bovis*. Par ailleurs, Diguimbaye-Djaïbe et coll. (14) montrent également que des mycobactéries non tuberculeuses ainsi que des polluants environnementaux sont à l'origine de lésions similaires à celles provoquées par des infections tuberculeuses chez le bétail. Sur 52 animaux porteurs de lésions contenant des BAAR, 20 n'ont pas réagi à l'IDC. Il s'agirait d'animaux se trouvant dans une phase avancée de la pathologie qui aurait saturé les capacités de réaction de l'organisme (5).

Des réagissants non porteurs de lésions ou bien porteurs de lésion dépourvus de BAAR (IDC+ / DPM-) ont été présents dans les trois premières classes d'âge (60,77 p. 100). L'absence de BAAR dans une lésion tuberculeuse est due généralement à l'effet bactéricide de la calcification (3, 34) et cette dernière est la preuve d'un état avancé de la pathologie. Comme l'ont montré De la Rua-Domenech et coll. (12), la TBB est une pathologie spectrale qui dépend de l'équilibre immunitaire de l'hôte. Cet équilibre va de la réponse immunitaire issue des médiateurs cellulaires vers celle issue des anticorps, au fur et à mesure que la pathologie évolue. Les bovins non réagissants mais porteurs de lésions contenant des BAAR (IDC- / DPM+) ont représenté 15,38 p. 100 des cas. Cependant il y a eu plus ou moins d'équilibre entre les réagissants porteurs de lésions contenant des BAAR (IDC+ / DPM+) et les bovins ayant présenté une réaction douteuse mais porteurs de lésions contenant des BAAR (IDC± / DPM+) (16/130 vs 15/130). Cet équilibre était plus remarquable dans la classe d'âge [7 – 9 ans] où les fréquences relatives issues des deux statuts ont été les mêmes (11/60).

Ce résultat a montré une fois de plus l'équilibre entre la réaction spécifique et non spécifique dans les troupeaux transhumants destinés à l'abattage à Sarh. Toutefois, la combinaison des deux méthodes de diagnostic (IDC et DPM) utilisées lors de la présente étude a permis de montrer qu'un taux de prévalence de 14,1 p. 100 (130/919) de bovins tuberculeux se trouvait dans la population bovine destinée à la consommation et abattue à l'abattoir privé de Sarh.

■ CONCLUSION

Cette étude *ante* et *post mortem* effectuée sur un échantillon de bovins provenant d'élevages transhumants et destinés à la consommation a mis en évidence que l'âge et la race étaient les deux plus importants facteurs de risque de la TBB. En conséquence, ces deux facteurs devraient être pris en compte par le ministère de l'Élevage et des Ressources animales du Tchad dans le cadre d'un projet de contrôle de la TBB.

Par ailleurs, la différence importante observée entre les taux de prévalence de la TBB mise en évidence singulièrement par l'IDC, d'une part, et par le DPM, d'autre part, serait liée aux constats suivants :

– la différence non significative observée entre la fréquence des bovins réagissants (IDC+) et ceux ayant présenté une réaction douteuse (IDC±) ;

– la discordance entre les résultats issus de l'IPM et ceux issus de la microscopie directe.

L'observation de bacilles tuberculeux chez quinze bovins ayant présenté une réaction douteuse a conduit les auteurs à considérer que ces derniers étaient des animaux suspects. Par extrapolation, l'échantillon de l'étude aurait comporté 130 bovins tuberculeux. Les quatre statuts tuberculeux identifiés chez les bovins ont été inégalement répartis dans les classes d'âge définies. Les bovins âgés de 7 à 9 ans ont constitué près de la moitié des animaux suspects, d'où l'importance donnée à la variable âge en tant que facteur de risque quant à l'endémicité de la TBB dans les troupeaux transhumant au Tchad. La combinaison des deux méthodes de diagnostic utilisées a permis d'estimer le taux de prévalence de bovins tuberculeux à l'abattoir de Sarh à environ 14 p. 100 et de montrer qu'une seule méthode de diagnostic n'était pas suffisante pour connaître le statut réel de la pathologie. Par conséquent, la mise au point d'un test sérologique permettant la mise en évidence des anticorps antituberculeux chez les bovins transhumants sera primordiale pour la mise en œuvre au Tchad d'un programme d'assainissement des troupeaux transhumants.

Remerciements

Nous remercions vivement le laboratoire Prionics d'avoir fourni les tuberculines nécessaires ainsi que les consommables pour cette étude. Nos remerciements sont aussi adressés au Fonds national suisse qui a fourni le matériel de laboratoire nécessaire durant les investigations. Nous remercions aussi Tchari Doungous, Baizina Mama et Brahim Abdelkerim, techniciens du LRVZ de Farcha, dont la participation technique a été d'une importance capitale pour la réalisation de ce travail. Nos remerciements sont également adressés au Président de l'association des Bouchers de Sarh, M. Hel-Hadji Brahim, pour son apport et son charisme durant la collecte des données.

BIBLIOGRAPHIE

- AMENI G., ASEFFA A., ENGERS H., YOUNG D., GORDON S., HEWINSON G., VORDERMEIER M., 2007. High prevalence and severity of pathology of bovine tuberculosis are higher in Holstein than in Zebu breeds under field cattle husbandry in central Ethiopia. *Clin. Vaccine Immunol.*, **14**: 1356-1361.
- AMENI G., HEWINSON G., ASEFFA A., YOUNG D., VORDERMEIER M., 2008. Appraisal of interpretation criteria for the comparative intradermal tuberculin test for diagnosis of tuberculosis in cattle in Central Ethiopia. *Clin. Vaccine Immunol.*, **15**: 1272-1276.
- ASSEGED B., WOLDESENBET Z., YIMER E., LEMMA E., 2004. Evaluation of abattoir inspection for the diagnosis of *Mycobacterium bovis* infection in cattle at Addis Ababa abattoir. *Trop. Anim. Health Prod.*, **36**: 537-546.

- BARON E.J., PETERSON L.R., FINEGOLD S.M., 1994. Bailey and Scott's diagnostic microbiology, 9th Edn. St Louis, MO, USA, Mosby-Yearbook p. 590-631.
- BENET J.J., 2006. La tuberculose animale. Maisons-Alfort, France, Ecole nationale vétérinaire, 76 p.
- CADMUS S.I.B., ATSANDA N.N., ONI S.O., AKANG E.E.U., 2004. Bovine tuberculosis in one cattle herd in Ibadan in Nigeria. *Vet. Med. Czech.*, **49**: 406-412.
- CASSIDY J.P., 2006. The pathogenesis and pathology of bovine tuberculosis with insights from studies of tuberculosis in humans and laboratory animal models. *Vet. Microbiol.*, **112**: 151-161.
- CERNOCH P.L., ENNS R.K., SAUBOLLE M.A., WALLACE F.J., 1994. Laboratory diagnosis of mycobacterioses. Washington DC, USA, ASM Press, p. 1-36.
- CLIFTON-HADLEY R.S., GOODCHILD A.V., 2005. The fall and rise of bovine tuberculosis in Great Britain. In: Thoen, C.O., Steele, J.H., Gilsdorf M.F., Eds., *Mycobacterium bovis* infection in animals and humans. New York, NY, USA, Blackwell.
- COSIVI O., GRANGE J.M., DABORN C.J., RAVIGLIONE M.C., FUJIKURA T., COUSINS D., ROBINSON R.A., HUCHZERMAYER H.F.A.K., DE KANTOR I., MESLIN F.-X., 1998. Zoonotic tuberculosis due to *Mycobacterium bovis* in developing countries. *Emerg. Infect. Dis.*, **4**: 59-70.
- DELAFOSSÉ A., GOUTARD F., THEBAUD E., 2002. Epidémiologie de la tuberculose et de la brucellose des bovins en zone périurbaine d'Abéché, Tchad. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, **55** : 5-13.
- DE LA RUA-DOMENECH R., GOODCHILD A.T., VORDERMEINER H.M., HEWINSON R.G., CHRISTIANSEN H.M., CLIFTON-HADLEY R.S., 2006. Antemortem diagnosis of tuberculosis in cattle: A review of tuberculin tests, gamma-interferon assay and other ancillary diagnostic techniques. *Res. vet. Sci.*, **81**: 190-210.
- DIGUIMBAYE-DJAIBE C., HILTY M., NGANDOLO R., MAHAMAT H.H., PFYFFER G.E., BAGGI F., HEWINSON G., TANNER M., ZINSSTAG J., SCHELLING E., 2006. *Mycobacterium bovis* isolates from tuberculous lesions in Chadian zebu carcasses. *Emerg. Infect. Dis.*, **12**: 769-771.
- DIGUIMBAYE-DJAIBE C., VINCENT V., SCHELLING E., HILTY M., NGANDOLO R., MAHAMAT A.A., PFYFFER G., BAGGI F., TANNER M., ZINSSTAG J., 2006. Species identification of non-tuberculous mycobacteria from humans and cattle of Chad. *Soc. Vet. Suisse*, **5**: 225-276.
- DOUTOUM A.M., TOKO M.A., 2002. Mycobactérioses bovines et saisies à l'abattoir de Farcha, N'Djaména. Mém. Maîtrise Sciences, Biologie, IUSTA, Abéché, Tchad, 34 p.
- FENHALLS G., WONG A., BEZUIDENHOUT J., VAN HELDEN P., BARDIN P., LUKEY P.T., 2000. *In situ* production of gamma-interferon, interleukin-4, and tumor necrosis factor alpha mRNA in human lung tuberculous granulomas. *Infect. Immun.*, **68**: 2827-2836.
- INSE/EDICEF, 1987. Géographie du Tchad, cours moyen, 5^e éd. Paris, France, Inse/Edicef, 47 p.
- KLEEBCER H.H., 1984. Human tuberculosis of bovine origin in relation to public health. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **3**: 11-32.
- MAHO A., BORNAREL P., HENDRIX P., 1994. Abattage et motifs de saisie (dominantes pathologiques) aux abattoirs du Tchad : cas de N'Djaména, Ati, Bol, Mongo et Oum Hadjer. Rapport technique. N'Djaména, Tchad, LRVZ/Farcha, 17 p.
- MAHO A., MBACKASSE R.N., BOULBAYE N., 1999. Causes de saisies aux abattoirs du Tchad oriental. In : Actes 3^e Journées agro-sylvopastorales du LRVZ/Farcha, N'Djaména, Tchad, 29 nov. - 3 déc. 1999.
- MCILROY S.G., NEILL S.D., MCCRACKEN R.M., 1986. Pulmonary lesions and *Mycobacterium bovis* excretion from respiratory tract of tuberculin reacting cattle. *Vet. Rec.*, **118**: 718-721.
- MILIANO-SUAZO F., SALMAR M.D., RAMIREZ C., PAYEUR J.B., RHYAN J.C., SANTILLAN M., 2000. Identification of TB in cattle slaughtered in Mexico. *Am. J. vet. Res.*, **61**: 86-89.
- MINISTÈRE DE L'ELEVAGE, 2003. Rapport national sur les ressources zoogénétiques du Tchad. N'Djaména, Tchad, ministère de l'Élevage, 74 p.
- MINISTÈRE DE L'ELEVAGE ET DES RESSOURCES ANIMALES, 2005. Rapport annuel des statistiques, années 2004 - 2005. N'Djaména, Tchad, ministère de l'Élevage et des Ressources animales, direction des Statistiques, de la Programmation et du Suivi, 40 p.

25. NARVAIZ DE KANTOR I., SANG J., THOMAS F., ADALBERT L., FABIO L., PIERRE-YVES N., HENS R., PEDRO V., KARIN W., 1998. Laboratory services in tuberculosis control, Part II. Geneva, Switzerland, WHO, 61 p.
26. NFI A.N., NDI C., 1997. Bovine tuberculosis at the animal research antenna (ARZ) Bangangte, Western province, Cameroon. *Bull. Anim. Health Prod.*, **45**: 1-3.
27. NGANDOLO B.N., 1999. Détermination des paramètres sanguins chez le zébu (*Bos indicus*) centrafricain et incidence des saisons. Mém. Maîtrise Biologie animale, Université de Bangui, Bangui, RCA, 49 p.
28. OIE, 2001. Mycobacterial infections in domestic and wild animals. Paris, France, OIE, 331 p.
29. OLOYA J., OPUDA-ASIBO J., DJONNEB B., MUMA J.B., MATOPE G., KAZWALA R., SKJERVE E., 2006. Responses to tuberculin among zebu cattle in the transhumance regions of Karamoja and Nakasongola district of Uganda. *Trop. Anim. Health Prod.*, **38**: 275-283.
30. OM SURUJBALLI P., ROMANOWSKA A., EDWARD A.S., TURCOTTE C., MICHAEL E.J., 2002. A fluorescence polarization assay for the detection of antibodies to *Mycobacterium bovis* in sera. *Vet. Microbiol.*, **87**: 149-157.
31. SCHELLING E., DIGUIMBAYE C., DAOUD S., DAUGLA D.M., BIDJEH K., TANNER M., ZINSSTAG J., 2000. La tuberculose causée par *Mycobacterium bovis* : résultats préliminaires obtenus chez les pasteurs nomades Foulbés et Arabes dans le Chari-Baguirmi au Tchad. *Sempervira CSRS*, **8** : 44-55.
32. SIDIBE S., DICKO N.A., FANE A., DOUMBIA R.M., SIDIBE C.K., KANTE S., MANGANE O., KONATE B., KONE A.Z., MAIGA M.S., FOFANA M., 2003. Tuberculose bovine au Mali : résultats d'une enquête épidémiologique dans les élevages laitiers de la zone périurbaine du district de Bamako. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **56** : 115-120.
33. SULIEMAN M.S., HAMID M.E., 2002. Identification of acid fast bacteria from caseous lesions in cattle in Sudan. *J. vet. Med. B.*, **49**: 415-418.
34. TEKLU A., ASSEGED B., YIMER E., GEBEYEHU M., WOLDESENBET Z., 2004. Tuberculosis lesions not detected by routine abattoir inspection: the experience of the Hossana municipal abattoir, Southern Ethiopia. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **23**: 957-964.
35. THOEN C.O., HALL M.R., PETERSBURGH T.A., HARRINGTON B.S.R. Jr., PIETZ D.E., 1983. Application of a modified enzyme-linked immunosorbent assay for detecting mycobacterial antibodies in the sera of cattle from herds in which *Mycobacterium bovis* infection was diagnosed. In: Proc. 87th Annual Meeting US Animal Health Association, Las Vegas, NV, USA, p. 603-610.
36. ZINSSTAG J., SCHELLING E., DAOUD S., SCHIERLE J., HOFMANN P., DINGUIMBAYE C., DOUMAGOU M.D., NDOUTAMIA G., KNOPF L., VOUNATSOU P., TANNER M., 2002. Serum retinol of Chadian nomadic pastoralist women in relation to their livestock's milk retinol and β -carotene content. *J. Vitam. Nutr. Res.*, **72**: 221-228.

Accepté le 07.05.2010

Summary

Ngandolo B.N., Diguimbaye-Djaibé C., Müller B., Didi L., Hilty M., Schiller I., Schelling E., Mobeal B., Toguebaye B.S., Akakpo A.J., Zinsstag J. Antemortem and Postmortem Diagnoses of Bovine Tuberculosis in Southern Chad: Case of Slaughter Cattle

Between July and November 2005, 919 cattle from migratory herds destined for slaughter in Sarh (Chad) were examined antemortem and postmortem to identify animals suspected of bovine tuberculosis (BT). The animals belonged to two main local breeds, Arab (639) and Mbororo (280), comprised 595 females and 324 males, aged 1 to 11 years, and were divided into four age groups. Antemortem clinical examination and single intradermal comparative cervical tuberculin (SICCT) tests were performed. The postmortem diagnosis (PMD) consisted in the inspection at the slaughterhouse and microscopy for the detection of acid-fast bacilli (AFB). SICCT revealed 95 positive reactors (10.3%) and 102 doubtful results (11%). Furthermore, 109 carcasses (offal) were suspected of tuberculosis and the lesions collected, processed and stained with Ziehl-Neelsen, contained AFB in 47.7% cases only. SICCT and PMD both showed susceptibility to BT of the Mbororo breed as well as of animals aged 4 to 9 years. Despite the discrepancy between the two diagnosis methods, the combined results served to identify 130 cases in the sample tested, of which half were aged 7 to 9 years.

Keywords: Beef cattle – Skin test – Tuberculin – Meat inspection – Chad.

Resumen

Ngandolo B.N., Diguimbaye-Djaibé C., Müller B., Didi L., Hilty M., Schiller I., Schelling E., Mobeal B., Toguebaye B.S., Akakpo A.J., Zinsstag J. Diagnósticos ante y post mortem de la tuberculosis bovina en el sur de Chad: caso de bovinos destinados al matadero

Entre Julio y noviembre 2005, 919 bovinos originarios de criaderos trashumantes y destinados al matadero en Sarh (Chad) fueron controlados ante y post mortem, con el fin de identificar sospechas de tuberculosis bovina (TBB). Estos animales pertenecían principalmente a las razas locales Arabe (639) y Mbororo (280) y constaban de 595 hembras y 324 machos, con edades de 1 a 11 años, repartidos en cuatro grupos de edad. Ante mortem se realizaron exámenes clínicos y tests comparativos intradérmicos de tuberculina (IDC). El diagnóstico post mortem (DPM) fue establecido mediante la inspección en matadero y microscópica para la búsqueda de bacilos acido-alcohol resistentes (BAAR). La IDC reveló 95 reacciones (10,3%) y 102 reacciones dudosas (11%). Por otro lado, 109 carcasas (menudillos) fueron sospechosas de tuberculosis y las lesiones recolectadas, tratadas y teñidas con Ziehl-Neelsen contuvieron BAAR únicamente en 47,7% de los casos. La IDC y el DPM probaron la susceptibilidad de la raza Mbororo a la tuberculosis, así como la de los animales con edades entre 4 y 9 años. A pesar de la discordancia entre los dos métodos de diagnóstico, la combinación de los resultados permitió identificar 130 casos en la muestra controlada, la mitad de los cuales tenían edades de 7 a 9 años.

Palabras clave: Ganado de carne – Prueba cutánea – Tuberculina – Inspección de la carne – Chad.

Current Prevalence of Tuberculous Lesions among Slaughtered Cattle in Northeastern States of Nigeria

M.M. Aliyu¹ J.Y. Adamu^{2*} Y.A. Bilyaminu¹

Keywords

Cattle – Morbidity – Tuberculosis – Lesion – Abattoir – Nigeria.

Summary

An abattoir study on the prevalence of bovine tuberculosis in six cattle-producing states of Nigeria was carried out from 2000 to 2004. Out of 302,700 slaughtered head of cattle examined postmortem, 4.05% (CI: 3.12, 4.98) had tuberculosis lesions. The annual prevalences during the study period varied significantly ($P < 0.05$) from 3.19 to 5.16% with the highest value found in Gombe State (12.27%). The monthly prevalences showed intermittent high levels above the expected prevalence. It was concluded that bovine tuberculosis was still prevalent in Northeastern Nigeria with indications of epidemic proportions existing in Gombe State. The implication of this important zoonotic disease is discussed, and the need for organized disease surveillance, public enlightenment and proper meat inspection to reduce the risk of exposing humans and animals to tuberculosis infection is emphasized.

INTRODUCTION

The first report of the existence of bovine tuberculosis (TB) in Nigeria was made by Manley in 1929 (1), based on tuberculin tests, and postmortem and laboratory examinations. Reports from abattoirs in Nigeria also confirmed the presence of the disease in most parts of the country for a long time (3, 5, 11). Bovine tuberculosis is a disease of significant economic importance to the farmer, as worldwide control measures are in place to slaughter cattle that are found positive by intradermal tuberculin tests. The carcasses are condemned, resulting in loss of income for the farmer (16, 19).

Zoonotic tuberculosis caused by *Mycobacterium bovis* is present in animals in most developing countries where surveillance and control activities are often inadequate or unavailable. This makes the epidemiologic and public health aspect of the infection largely unknown (8). The direct correlation between *M. bovis* infection in cattle and disease in the human population has been well documented

in industrialized countries, while little information is available from developing countries with risk factors present in the tropics (8, 9). Approximately 85% of cattle and 82% of the human population of Africa are in areas where bovine TB is either partly controlled or not controlled at all. Nigeria has the fourth highest burden of human TB in the world, with an incidence in 2002 of 304 cases per 100,000 and a mortality rate of 89/100,000 (24). Information about the occurrence of *M. bovis* has shown that one out of ten *Mycobacterium* isolated from sputum-positive cultures was *M. bovis* (2, 13) and TB cases caused by *M. bovis* in HIV- positive persons are reported to resemble the disease caused by *M. tuberculosis*.

According to Cassidy (6), it is urgent to examine the pathology of bovine tuberculosis given the persistence of this disease in cattle populations in many regions of the world. Although the results of abattoir-based investigations have provided extremely useful “pathology profiles” of the disease in cattle over the years, these studies, by their very nature, are limited in the detail of the data they provide (7). Monitoring bovine TB prevalence by bacteriological assays is not feasible in sub-Saharan Africa because assays are costly, time consuming, and laboratories are ill equipped. Hence, in countries with endemic bovine TB, postmortem diagnosis by detection of gross lesions has been applied (7). The present study was conducted in order to assess the prevalence of tuberculous lesions among slaughtered cattle in some states of Northern Nigeria during the period under review.

1. Department of Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, University of Maiduguri, Borno State, Nigeria.

2. Bacteriology Research Unit, Department of Veterinary Microbiology and Parasitology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Maiduguri, PMB 1069, Borno State, Nigeria.

* Corresponding author

Tel: +234 80 23 76 71 16 ; E-mail: adamuyaz@yahoo.com

■ MATERIALS AND METHODS

Study area

The central municipal abattoirs of six cattle-producing states in northeastern Nigeria (Adamawa, Bauchi, Borno, Gombe, Taraba, and Yobe), which account for more than 65% of the total cattle population in the country, were selected (Figure 1). The states are mostly located between latitude 7° 0' N and longitude 14° 0' E in the Sudan-Sahel vegetation regions of Northern Nigeria, with a long dry season from October to May, and a shorter wet season from June to September. These abattoirs were selected because they were government approved and the only ones where daily slaughter of animals was carried out.

Selection of animals for slaughter

Most of the animals brought for slaughter were bought from cattle markets located close to the abattoirs. Selection on the herd basis was not possible because most of these bovines originated from nomads who were the predominant cattle owners in this region.

Data retrieval, collating, and analysis

Five years (2000-2004) of abattoir data from all the six states were retrieved from the respective states. The abattoirs were under the supervision of the Ministry of Animal and Forestry Resources of the State Governments. Qualified veterinarians, who served as meat inspectors, conducted postmortem examinations of slaughtered cattle. The various abattoirs were visited after obtaining permission from the relevant authorities, and the needed data were collated on a monthly basis. These included the number of cattle examined before slaughter and those with tuberculous lesions after postmortem examination. Postmortem examination of the carcasses was done by carefully inspecting the lymph nodes of the head, tonsils, thoracic cavity, abdomen, and others such as deep and superficial cervical, popliteal and sacral lymph nodes. In addition, all lung lobes were carefully inspected visually, palpated and cut with sharp knife. The prevalence was calculated as the number of cattle with suspect TB lesions divided by the number of cattle examined at postmortem within the specified period. Binomial confidence intervals at 95% level of confidence were determined accordingly (21).

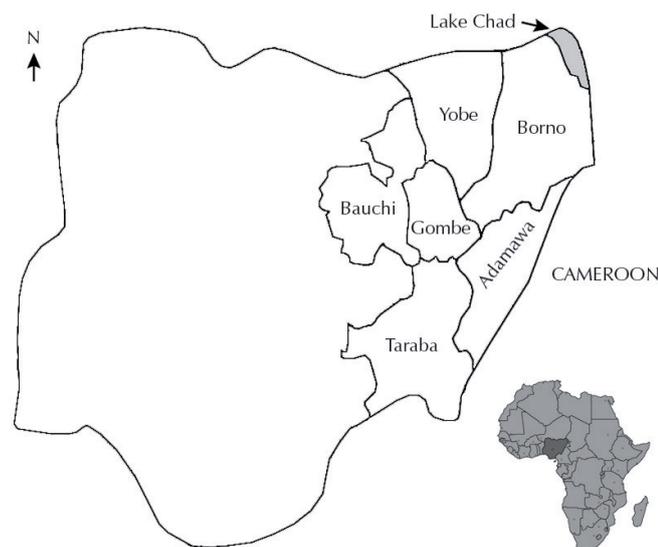


Figure 1: Map of Nigeria showing the six states of Northeastern Nigeria.

■ RESULTS

Postmortem findings

The lungs showed localized bronchiolitis with tubercle formation, abscesses with necrotic foci and caseation, and others with calcification surrounded by a fibrous capsule. The calcified tubercles produced a gritty sound upon cutting. Lesions varied from a single small focus in the lung to numerous, sometimes intersecting lesions in several organs. Lesions in the liver, spleen, body cavities and female genitalia were also encountered. The affected lymph nodes included bronchial, mediastinal, retropharyngeal and portal lymph nodes.

Prevalence

The five years' data from the six northeastern states of Nigeria are shown in Table I. The highest number of bovine tuberculous lesions (5.17%) was recorded in 2000, while the lowest (3.20%) was recorded in 2003. The overall annual average prevalence of suspect cattle with TB lesions for all six states was 4.05%. The annual prevalence varied from 3.20% to 5.17%, whereas the overall prevalence for each state varied from 0.34% in Adamawa to 12.27% in Gombe. The highest monthly prevalence for each year ranged from 0.44% in Adamawa to 53.30% in Gombe, a surprisingly high rate (Table II). The annual prevalence rates across the years varied significantly ($P < 0.05$).

■ DISCUSSION

A majority of slaughtered bovines with visible TB lesions could be identified by examination of the lungs and associated lymph nodes (7). This is further confirmed by Liebana et al. (17). While not a novel finding per se, it is important in the overall context of disease surveillance and monitoring (6). In developing countries and especially in sub-Saharan Africa, where there is no test and slaughter policy, and no *cordon sanitaire*, in addition to ill-equipped laboratories, abattoir inspection still remains the best option for monitoring bovine TB prevalence. At the time of the study, the annual prevalence rate of bovine tuberculous lesions in Northeastern Nigeria ranged from 3.19 to 5.16%. This finding was higher than earlier reports of 1.44% and 2.80% based also on abattoir records (5, 14). However, it was low compared with 8.30% obtained from tuberculin testing in Nigeria (4). Other researchers in various parts of Africa also reported a higher prevalence of bovine TB. In Cameroon, a prevalence rate of about 6% was reported in slaughtered cattle (22), while in Chad, approximately 9% of all inspected carcasses were condemned because of bovine TB in slaughter house studies (18), and a prevalence of 11.5% was found in a comparative intradermal tuberculin study (10). Kazwala et al. (15) reported a prevalence of 13.2% in Tanzania using tuberculin testing. All these studies have shown that bovine TB is still endemic in many African countries.

A higher prevalence rate of bovine TB in this study might be connected with the failure to adopt the test and slaughter policy in Nigeria, and the influx of infected cattle from neighboring countries (Cameroon, Chad and Niger) as a result of a lack of control at borders and inadequate quarantine measures. The lack of vaccination of cattle against bovine TB, the increase in intensive farming practice where large herds are housed together for long periods, and poor hygiene are contributing factors to the spread and endemic nature of the disease. TB prevalence may be underestimated in tuberculous cattle because of undetected lesions in early infection, or because small lesions might be missed as a result of poor postmortem examination or because meat inspectors face pressure from butchers (12). An interesting finding by Liebana et al. (17) is the relatively similar number, distribution and character of lesions identified in 'test

Table I

Prevalence of bovine tuberculosis among slaughtered cattle in six states of Northeastern Nigeria (2000-2004)

State	Variable	Year					All years	
		2000	2001	2002	2003	2004	Number examined (x10 ³)	Prevalence (95% CI)
Adamawa	Num. examined (x10 ³)	7.69	12.00	20.44	16.82	4.70	61.65	0.34 (0.11-0.56)
	Prevalence (%)	0.31	0.24	0.55	0.48	0.10		
Bauchi	Num. examined (x10 ³)	13.28	16.08	12.89	11.69	11.34	65.28	0.88 (0.09-1.84)
	Prevalence (%)	2.19	0.38	1.00	0.44	0.38		
Borno	Num. examined (x10 ³)	7.65	28.85	34.36	37.75	40.41	149.02	1.72 (0.24-3.60)
	Prevalence (%)	4.55	0.98	0.92	1.22	0.95		
Gombe	Num. examined (x10 ³)	3.48	1.82	1.31	2.31	3.69	12.61	12.27 (8.78-15.75)
	Prevalence (%)	10.27	10.56	15.66	9.86	14.98		
Taraba	Num. examined (x10 ³)	1.04	1.18	1.07	1.19	0.95	5.43	4.98 (2.43-7.54)
	Prevalence (%)	8.20	5.51	3.07	3.36	4.77		
Yobe	Num. examined (x10 ³)	1.32	1.65	1.89	1.83	2.02	8.71	4.13 (3.08-5.19)
	Prevalence (%)	5.49	3.79	4.33	3.81	3.25		
All states	Num. examined (x10 ³)	34.36	61.58	71.96	71.59	63.11	302.70	4.05 (3.12-4.98)
	Prevalence (%)	5.17	3.58	4.26	3.20	4.07		
	(95% CI)	(1.29-9.04)	(0.66-7.79)	(1.81-10.32)	(0.55-6.94)	(1.85-10.00)		

Table II

Highest monthly prevalence of bovine tuberculosis among slaughtered cattle in six states of Northeastern Nigeria

Year	Adamawa (%)	Bauchi (%)	Borno (%)	Gombe (%)	Taraba (%)	Yobe (%)
2000	1.13	5.28	8.91	29.40	16.60	15.70
2001	0.55	1.90	1.82	24.20	8.25	8.33
2002	2.13	6.43	1.60	31.30	9.21	8.69
2003	1.04	1.80	2.37	44.70	7.29	6.71
2004	0.44	2.29	1.63	53.30	9.83	5.55

positive' and 'test negative' in-contact cattle. This may be caused by the fact that infected or diseased-but-non-reacting in-contact cattle represent in a latent way infected or diseased animals within herds (23) and have the potential to contribute to disease transmission.

The highest prevalence of 12.27% recorded in Gombe State might be caused Gombe State acting as a converging location for a major cattle route linking the far northeastern part of Nigeria and the neighboring francophone countries of Niger, Chad and Cameroon, with a history of tuberculosis as reported earlier (1). Since cattle converge at the same water points for drinking, the likelihood of transmission from one herd to another is possible via contact. Cattle with tuberculosis lesions undetected within the herd can serve as potential sources of infection to otherwise TB-free herds. Those lesions which often develop into caseous nodules can cause respiratory difficulty, exerting pressures on other organs, which can have an adverse effect on the overall performance of the animal.

Zoonotic TB through consumption of contaminated milk is well documented, but in Northeastern Nigeria, local breeds of cows are poor milkers and seasonality plays an important role in the quantity and quality of the milk produced. During the long dry season (October-May), cattle travel long distances in search of food and water, and therefore produce little or no milk for human consumption; during such times, cattle owners dispose of their weak and debilitated animals to prevent loss. A disturbing situation is the increasing trend of the disease in Northeastern Nigeria and the risk of infection for the human population, especially when one considers the constant contact between herd owners, their families and the infected animals or their by-products which are sold for public consumption. In many developing countries, TB is the most frequent opportunistic disease associated with HIV infection. HIV seroprevalence rates higher than 60% have been found in TB patients in various African countries (20).

CONCLUSION

Bovine tuberculosis is still endemic in Northeastern Nigeria with indications of epidemic proportions in Gombe State. This calls for urgent preventive and control measures to be adopted in order to improve animal and human health, most especially the test and slaughter policy of infected cattle, vaccination of both humans and animals against the disease, and restriction of cattle movements in particular from neighboring countries through an adequate quarantine procedure backed up by proper legislation. Measures to prevent infection transmission should be the primary objective to be achieved with trained public health personnel, public education and proper hygiene practices.

Acknowledgments

The authors wish to acknowledge the assistance of the various State Ministries of Agriculture and Forest Resources, and the various abattoir staff that helped during this study.

REFERENCES

1. ALHAJI, I., 1976. Bovine tuberculosis: A general review with special reference to Nigeria. *Vet. Bull.*, **46**: 829-841.
2. ASHFORD D.A., WHITNEY E., RAGHUNTAN P., COSIVI O., 2001. Epidemiology of selected *Mycobacteria* that infect humans and other animals. In: *Mycobacterial infections in domestic and wild animals. Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **20**.
3. AYANWALE F.O., 1984. Studies on the epidemiology of bovine tuberculosis in some states of southern Nigeria. PhD thesis, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria, p. 184.
4. CADMUS S.I.B., 2003. Tuberculosis in food animals. *Nig. vet. J.*, **24**: 72-75.
5. CADMUS S.I.B., OLU GASA B.O., OGUNDIPE G.A.T., 1999. The prevalence and zoonotic importance of tuberculosis in Ibadan. In: Proc. 36th Annu. Conf. NVMA, Kaduna, Nigeria, 25-31 Oct. 1999.
6. CASSIDY J.P., 2008. The pathology of bovine tuberculosis: Time for audit. *Vet. Rec.*, **176**: 263-264.
7. CORNER L.A., 1994. Postmortem diagnosis of *Mycobacterium bovis* infection in cattle. *Vet. Microbiol.*, **40**: 53-63.
8. COSIVI O., GRANGE J.M., DABORN C.J., RAVIGLIONE M.C., FUJIKURA T., COUSINS D., ROBINSON R.A., HUCHZERMAYER H.F.A.K., DE KANTOR I., MESLIN F.-X., 1998. Zoonotic tuberculosis due to *Mycobacterium bovis* in developing countries. *Emerg. infect. Dis.*, **4**: 59-70.
9. COSIVI O., MESLIN F.-X., DABORN C.J., GRANGE J.M., 1995. The epidemiology of *Mycobacterium bovis* infection in animals and humans, with particular reference to Africa. *Sci. tech. Rev.*, **14**: 733-746.
10. DIGUIMBAYE-DJAIBE C., HILTY M., NGANDOLO R., MAHAMAT H.H., PFYFFER G.E., BAGGI F., HEWINSON G., TANNER M., ZINSSTAG J., SCHELLING M., 2006. *Mycobacterium bovis* isolates from tuberculous lesions in Chadian Zebu carcasses. *Emerg. infect. Dis.*, **12**: 769-771.
11. DUSAI D.H.M., ADDULLAHI D.A., 1994. Current status of bovine tuberculosis at Sokoto abattoir. *Trop. Vet.*, **12**: 134-137.
12. EDELSTEN R.M., 1996. Tuberculosis in cattle in Africa – control measures and implications for human health. In: Lindberg R. Ed., *Veterinary medicine – impact on human health*. Uppsala, Sweden, Sweddisch University of Agricultural Sciences, p. 23-31.
13. IDRISU A., SCHRURRENBERGER P., 1977. Public health significance of bovine tuberculosis in four northern states of Nigeria: a mycobacteriologic study. *Nig. Med. J.*, **7**: 384-387.
14. IGBOKWE I.O., MADAKI I.Y., DANBURAM S., AMEH J.A., ALIYU M.M., NWOSU C.O., 2001. Prevalence of pulmonary tuberculosis lesions in cattle slaughtered in abattoirs in Northeastern Nigeria. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **54**: 191-195.
15. KAZWALA R.R., KAMBARAGE D.M., DABORN C.J., NYANGE J., JIWA S.F.H., SHARP J.M., 2001. Risk factors associated with the occurrence of bovine tuberculosis in cattle in southern highlands of Tanzania. *Vet. Res. Comm.*, **25**: 609-614.
16. KLEEBERG H.H., 1960. The tuberculin test in cattle. *J. South Afr. vet. Med. Assoc.*, **31**: 213-215.
17. LIEBANA E., JOHNSON L., GOUGH J., DURR P., JAHANS K., CLIFTON-HADLEY R., SPENCER Y., HEWINSON R.G., DOWNS S.H., 2008. Pathology of naturally occurring bovine tuberculosis in England and Wales. *Vet. Rec.*, **176**: 354-360.
18. MAHO A., MBACKASSE R.N., BOULBAYE N., 1999. Causes de saisies aux abattoirs du Tchad oriental. LRZ/F In : Actes 3^e Journées agro-sylvo-pastorales, Laboratoires de recherches vétérinaires et zootechniques de Farcha, N'Djamena, Tchad, 29 nov. – 3 déc. 1997.
19. MICHEL A.L., BENGIS R., KEET D.F., HOFMEYER M., DE KLERK L.M., CROSS P.C., JOLLES A.E., COOPER D., WHYTE I.J., BUSS P., GODFROID J., 2006. Wildlife tuberculosis in South African conservation areas: Implications and challenges. *Vet. Microbiol.*, **112**: 91-100.
20. RAVIGLIONE M.C., SNIDER D.E., KOCHI A., 1995. Global epidemiology of tuberculosis. *JAMA*, **273**: 220-226.
21. SINGAH P., 1992. An introductory text on biostatistics. Zaria, Nigeria, Ahmadu Bello University Press, p. 103.
22. THOEN C.O., STEELE J.H., GILSDORF M.J., 2006. *Mycobacterium bovis* infection in animals and humans, 2nd Edn. Boston, MA, USA, p 203.
23. WHIPPLE D.L., BOLIN C.A., MILLER J.M., 1996. Distribution of lesions in cattle infected with *Mycobacterium bovis*. *J. Vet. Diagn. Invest.*, **8**: 351-354.
24. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004. Global TB control report: Nigeria annex. Geneva, Switzerland, WHO. http://www.who.int/tb/publications/global_report/2004

Accepté le 18.02.2010

Résumé

Aliyu M.M., Adamu J.Y., Bilyaminu Y.A. Prévalence de lésions de tuberculose chez des bovins abattus dans les états du nord-est du Nigeria

Une étude sur la prévalence de la tuberculose bovine dans six états producteurs de bovins du Nigeria a été menée dans des abattoirs de 2000 à 2004. Sur 302 700 bovins examinés *post mortem*, 4,05 p. 100 (IC : 3,12, 4,98) ont présenté des lésions de tuberculose. Les prévalences annuelles durant la période étudiée ont varié de façon significative ($P < 0,05$) de 3,19 à 5,16 p. 100, et les valeurs les plus élevées ont été relevées dans l'Etat de Gombe (12,27 p. 100). Les prévalences mensuelles ont montré des niveaux élevés intermittents au-dessus de la prévalence attendue. Il a été conclu que la tuberculose bovine était toujours répandue dans le nord-est du Nigeria, atteignant des proportions épidémiques dans l'Etat de Gombe. Les conséquences de la présence de cette pathologie zoonotique majeure sont discutées, en mettant en avant la nécessité de développer une surveillance épidémiologique, d'informer les populations, et de procéder à une inspection adéquate des viandes pour réduire le risque d'exposition des humains et des animaux à l'infection.

Mots-clés : Bovin – Morbidité – Tuberculose – Lésion – Abattoir – Nigeria.

Resumen

Aliyu M.M., Adamu J.Y., Bilyaminu Y.A. Prevalencia de lesiones tuberculosas en ganado sacrificado en los estados del noreste de Nigeria

Se llevó a cabo un estudio de matadero sobre la prevalencia de tuberculosis bovina en seis estados productores de ganado en Nigeria, del 2000 al 2004. De las 302 700 cabezas de ganado sacrificadas y examinadas *post mortem*, 4,05% (CI: 3,12, 4,98) presentaron lesiones tuberculosas. Las prevalencias anuales durante el periodo de estudio variaron significativamente ($P < 0,05$) por año de 3,19 a 5,16% con las estimaciones más altas encontradas en el estado de Gombe (12,27%). Las prevalencias mensuales mostraron altos niveles intermitentes sobre la prevalencia esperada. Se concluyó que la tuberculosis bovina está todavía prevalente en el noreste de Nigeria, con indicaciones de proporciones epidémicas existentes en el estado de Gombe. La implicación de esta importante enfermedad zoonótica se discute y haciendo énfasis en la necesidad de una supervisión organizada de la enfermedad, información al público y adecuada inspección de carnes para reducir el riesgo en humanos y animales expuestos a la infección de tuberculosis.

Palabras clave: Ganado bovino – Morbilidad – Tuberculosis – Lesion – Matadero – Nigeria.

Isolation and Antibiogram of Aerobic Nasal Bacterial Flora of Apparently Healthy West African Dwarf Goats

B.O. Emikpe^{1*} O.G. Oyero² S.O. Akpavie¹

Keywords

West African Dwarf goat – Microbial flora – Antibiotic – Drug resistance – Disease control.

Summary

Goats are important in the livestock economy by their adaptability to adverse environmental conditions as they are good sources of protein and income for the rural poor. Studies conducted on the bacterial flora of the respiratory tract in goats focused on the pneumonic lungs, with fewer studies on the apparently normal nasal passage and antibiogram of isolated organisms. This study was carried out on 60 apparently healthy West African Dwarf goats. The nasal swab from each goat was analyzed using standard methods. The disc diffusion technique was used for the antibiotic sensitivity test. Three hundred and twenty-eight isolates were obtained. The most frequently isolated species was *Streptococcus* spp., while *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* were the second dominant bacteria. Other species were isolated at relatively lower rates. The isolation of *Mannheimia haemolytica* and *Pasteurella multocida* from the nasal cavity of apparently healthy goats in this study reflects their possible role in most common respiratory diseases encountered in small ruminants. Most of the bacteria were found to be susceptible to streptomycin, quinolones (perfloracin, ciprofloracin and oflaxacin) and gentamicin, while they were resistant to tetracycline, augmentin and erythromycin. This study shows the relationship between misuse or unrestricted use of antibiotics and drug resistance. Therefore, there is a need for practitioners and researchers to be informed of the appropriate antibiotics to be used in respiratory infections and during control programs.

INTRODUCTION

Goats have gained importance in the Nigerian livestock economy as a result of their remarkable adaptability to adverse environmental conditions (19). They are good sources of protein and income for the rural poor, especially women and children (14), and a good source of foreign exchange earnings. Hence, increase in goat production is needed to maintain food security and increase earnings (10).

In spite of the fact that every household keeps goats, their production is not well developed because of factors such as inadequate nutrition, poor management and prevailing diseases. Of all the diseases of goats, those affecting the respiratory tract [*peste des petits*

ruminants (PPR), contagious caprine pleuro-pneumonia (CCPP) and pasteurellosis] cause substantial loss through high morbidity and mortality. Bacterial pneumopathies are commonly attributed to *Mannheimia haemolytica* which causes severe damage to the lung. In addition, bacterial agents such as *Actinomyces pyogenes* also inflict damage on pulmonary tissues in goats (4).

It is increasingly difficult to make an etiological diagnosis in most infectious pneumopathies as a viral agent may be a primary invader, and, when the local resistance of respiratory mucosae is lowered, bacterial agents growing in the nose and throat develop downward producing multiple bacterial infections. Most of the infectious agents that cause respiratory diseases are usually normal inhabitants of the system.

Studies conducted on the bacterial flora of the respiratory tract of domestic animals in various parts of the world mainly focus on the pneumonic lungs of sheep and goats (1, 13) with fewer studies on the microbial flora of the apparently normal nasal passage (17) and

1. Department of Veterinary Pathology, University of Ibadan, Nigeria.

2. Department of Virology, University of Ibadan, Nigeria.

* Corresponding author

Tel: +234 80 66 48 60 80; E-mail: bo.emikpe@mail.ui.edu.ng

on the antibiogram of isolated organisms (2, 11). This study aimed at isolating and characterizing bacteria from the nasal passageways of apparently healthy West African Dwarf goats. The results of the antibiotic sensitivity of the isolates are also presented.

■ MATERIALS AND METHODS

Animals

The study was carried out from November 2005 through March 2007 on 60 apparently healthy goats purposely selected for experiments. These animals were bought in a batch of 20 goats from individuals and households in and around Ibadan. They were kept in the small ruminant pens of the Veterinary Pathology Department, in the experimental animal unit of the Faculty of Veterinary Medicine at the University of Ibadan. They were not allowed to graze. They were fed with concentrates and water was provided *ad libitum*. The animals were less than one year old and were apparently healthy at the time of purchase.

Sample collection

The nasal samples were collected a day after arrival by inserting sterile cotton-tipped applicator sticks or swab into the nasal passage after proper cleaning and disinfection of the external nares. Each nasal swab was carefully cut and put into a labeled bottle containing 2 mL brain heart infusion broth. The swabs were transported in a cool box to the laboratory for bacterial culture.

Bacteriological examination

Each nasal swab was removed from the bottle and streaked over the plates containing blood agar base supplemented with 7% sheep blood and McConkey agar. The streaking was further spread with inoculating loop to aid colony isolation. The plates were labeled and incubated aerobically at 37°C for 24-48 h (9). After taking note of cultural growth characteristics, positive cultures were subjected to Gram's staining properties and cellular morphology observed with a

light microscope (x100). Mixed colonies and Gram negative bacteria were subcultured on both blood and McConkey agars and further incubated aerobically for 24 h. Pure culture of single colony type from both blood and McConkey agars were transferred onto nutrient agar slants for a series of biochemical tests including catalase, oxidase and fermentative/oxidative tests for final identification following standard procedures (21). For the antibiotic sensitivity test, the disc diffusion technique was used and inhibition observed as clear zones around the antibiotics. Inhibition zones were measured and measurements greater than 0.5 cm were regarded as susceptible.

Data analysis

Descriptive statistics were used to summarize the data generated by the study. The relative abundance of each species and genus were expressed as a percentage of the total number of isolates.

■ RESULTS

Three hundred and twenty-eight bacterial isolates were obtained. Table I shows the bacteria isolated from the nasal passages of goats and Table II shows the results of the antibiotic sensitivity tests. The most frequently isolated species was *Streptococcus pyogenes*, while *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* were the second dominant bacteria isolated. *Mannheimia haemolytica* and *Pasteurella multocida* were the common important respiratory pathogens of ruminants obtained from the samples. Other species isolated were at relatively lower rates.

■ DISCUSSION

This study showed that a variety of bacterial flora inhabited and colonized the nasal passageways of apparently healthy West African Dwarf goats. Several authors reported similar bacteria from pneumonic lungs in goats and sheep (1, 13) with fewer reports in apparently healthy goats (17). The isolation of *S. aureus* from

Table I
Nasal bacteria isolates from apparently healthy West African Dwarf goats

Bacterial organism	20 goats	20 goats	20 goats	Total 60 goats	Bacterial organisms/ total isolates (%)
<i>Streptococcus</i> spp.	17	21	12	50	15.2
<i>Escherichia coli</i>	6	21	16	43	13.1
<i>Streptococcus pyogenes</i>	17	21	1	39	11.9
<i>Staphylococcus aureus</i>	15	21	–	36	11.0
<i>Klebsiella</i> spp.	4	12	15	31	9.5
<i>Staphylococcus</i> spp.	4	12	10	26	7.9
<i>Mannheimia haemolytica</i>	5	21	–	26	7.9
<i>Enterococcus</i> spp.	4	5	12	21	6.4
<i>Pasteurella multocida</i>	3	18	–	21	6.4
<i>Pseudomonas</i> spp.	3	1	14	18	5.5
<i>Proteus</i> spp.	2	4	4	10	3.1
<i>Bacillus</i> spp.	–	5	–	5	1.5
<i>Micrococcus</i> spp.	–	–	1	1	0.3
<i>Streptococcus viridians</i> spp.	–	–	1	1	0.3
Total	80	162	86	328	100

Table II
Antibiotic sensitivity of nasal bacteria isolate from apparently healthy West African Dwarf goats

Organism	Antibiotic tested													Total sensitivity
	Amoxicillin (25 µg)	Ofloxacin (5 µg)	Streptomycin (10 µg)	Chloramphenicol (30 µg)	Ceftriaxone (30 µg)	Gentamicin (10 µg)	Cotrimoxazole (25 µg)	Ciprofloxacin (10 µg)	Nitrofurantoin	Tetracycline	Augmentin	Erythromycin (5 µg)	Perifloxacin (5 µg)	
<i>Escherichia coli</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	R	R	R	+	+	10
<i>Klebsiella</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	R	R	R	+	+	10
<i>Pseudomonas</i> spp.	+	+	+	R	R	+	+	+	+	+	+	+	+	10
<i>Staphylococcus aureus</i>	R	+	+	R	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
<i>Streptococcus</i> spp.	+	+	+	R	R	+	+	R	+	+	+	+	+	9
<i>Streptococcus pyogenes</i>	+	R	+	R	R	+	+	+	+	+	+	R	+	8
<i>Streptococcus viridans</i>	+	+	R	+	+	+	+	R	+	+	+	R	+	9
<i>Mannheimia haemolytica</i>	R	+	+	+	+	+	+	+	R	R	R	+	+	8
<i>Proteus</i> spp.	R	+	+	+	+	+	R	+	R	R	R	+	+	7
<i>Micrococcus</i> spp.	R	+	+	R	+	+	+	+	R	R	R	+	+	7
<i>Pasteurella multocida</i>	R	+	R	R	R	+	R	+	+	+	+	+	+	6
<i>Enterococcus</i> spp.	R	+	R	R	+	+	+	R	R	R	R	+	+	6
<i>Bacillus</i> spp.	R	+	R	+	R	+	R	+	R	+	R	+	+	6

R = resistance; + Susceptible/sensitive

the nasal passage is consistent with other findings obtained from caprine (25) and ovine (7) lungs. Robbins et al. (23) report that *S. aureus* resides in the upper respiratory tract and is involved in disease processes only when stress conditions prevail. The detection of *E. coli* in nasal samples of goats is also consistent with findings by other authors (20). *E. coli*, which is known to be usually harmless in its normal habitat, can cause pulmonary and urogenital tract infection (20). This may also be associated with possible fecal contamination due to the sniffing nature of goats, especially those on heat and during courting before mating. Although *Micrococcus* spp. isolated from this study was considered to be non pathogenic (9), its ubiquity may be primarily due to skin contamination. The isolation of *Bacillus* spp. in an apparently normal animal was at variance with other authors' finding who observed the bacterium in goats' tracheas and lungs in a disease condition (22), whereas it is supposed to be absent in a healthy animal. The constant isolation of *M. haemolytica* from the lungs of various animal species either healthy or having different respiratory syndromes may indicate their possible role in infectious pneumopathies (16). Hence the isolation of *M. haemolytica* and *P. multocida* in higher proportions (7.9% and 6.4%, respectively) from the nasal cavity of apparently healthy West African Dwarf goats in this study reflects their possible role in most common respiratory diseases in small ruminants (8).

M. haemolytica was isolated in the nasopharynx and tonsils of apparently healthy animals, where, interestingly, serotype A2 is most commonly isolated from both sheep and cattle (24). The organism can be isolated from lambs soon after birth (5) and this carriage has been shown by Pass and Thompson (18) to fluctuate over time. The presence of the organism in the nasopharynx of sheep has been shown to coincide with the occurrence of infections. In the nasal passages of calves the bacterial flora has been shown to fluctuate in both species and numbers and, although *M. haemolytica* can dominate the flora, it can also be absent for weeks at a time (15). There has also been failure to culture consistently *M. haemolytica* in swabs taken daily from known colonized animals (18). The mechanisms that *M. haemolytica* possesses to survive in the upper respiratory tract are unknown (24).

Stress factors with or without viral infection have been reported to suppress the mucociliary clearance mechanism which allows the proliferation of bacterial commensals in the respiratory tract (8). They also cause an abrupt shift from commensal to pathogen especially in *M. haemolytica* where serotype 2 shifts to serotype 1, which is known to be pathogenic to animals (12). This shift has made *M. haemolytica* to assume greater prominence in caprine pneumonia (16).

Considering the stress of weather, disease and poor management conditions to which the animals are constantly subjected, the pathogenic role of several bacterial species, and especially *M. haemolytica*, that inhabit the upper respiratory tract of apparently normal West African Dwarf goats could be enormous.

Apart from the possible pathogenic role of the normal nasal bacterial flora, drug resistance of some the pathogenic bacteria has become a rampant, proven, serious problem to both animal and human health care providers. Aghomo and Ojo (2) reported a high level of resistance of *M. haemolytica* to streptomycin while the organism was found to be susceptible to ampicillin, oxytetracycline, and chloramphenicol. In this study, however, *M. haemolytica* was found to be susceptible to streptomycin, quinolones (perifloxacin, ciprofloxacin and ofloxacin) and gentamicin, while it was resistant to tetracycline, augmentin and erythromycin. This represents a shift of resistance from streptomycin to tetracycline. This may be associated with the present lesser usage or misuse of streptomycin for animal diseases unlike tetracycline which is

commonly used for most animal diseases today. This study shows the relationship between misuse or unrestricted use of an antibiotic and drug resistance (11).

The antibiotic sensitivity test on the normal nasal flora of goats also revealed resistance to cheap and easily accessible antibiotics (tetracycline, amoxicillin) which are easily bought off the shelf without appropriate prescription from practicing veterinarians. Apart from ease of accessibility, these drugs have been found to be adulterated and therefore used at a very low dosage. The drugs to which *M. haemolytica* was found to be sensitive are expensive and may not be used frequently. They are also said to be less prone to adulteration.

Since most bacteria complicating PPR in goats are normal commensals of the nasal passages, the results of this study may further explain the relationship between the antibiotics employed and the outcome of treatment management in the reported cases of PPR virus infection (2, 25). In the studies where penicillin, streptomycin and chloramphenicol were used in the treatment of bacterial complications in PPR, less than a 46% recovery rate was recorded (26), while with oxytetracycline and chloramphenicol, a

14% recovery was obtained (6). However, Ajala et al. (3) obtained a 80% recovery rate using Advocin, a newer antibiotic, and a quinolone. Although the survivability of animals affected by the PPR virus depends on the timing of the commencement of treatment, fluid replacement therapy, and curtailing of secondary bacterial complications, the use of quinolones, to which most normal nasal bacteria in this study were susceptible, may be very effective in reducing losses during outbreaks as a result of bacterial complications in PPR.

Therefore, there is a need for practitioners and researchers to be aware of the aerobic nasal bacterial flora of the West African Dwarf goats and of their antibiotic sensitivities so as to be informed of the appropriate antibiotics to be used in the course of respiratory infections and control programs.

Acknowledgments

We are grateful to the University of Ibadan and to the John D. and Catherine T. MacArthur foundation grants for staff development, which allowed the first author to complete his PhD program.

REFERENCE

1. ADEKEYE J.O., 1984. Studies on aerobic bacteria associated with ovine and caprine pneumonic lungs in Zaria, Nigeria. *Nig. vet. J.*, **13**: 5-8.
2. AGHOMO H.O., OJO M.O., 1983. Drug resistance in strains of *Pasteurella haemolytica* isolated from sheep and goats with pneumonia. *Trop. Vet.*, **1**: 218-221.
3. AJALA O.O., DANEJI A.L., KUMSHE H.A., OYEYEMI M.O., 1997. Treatment of *peste des petits ruminants* (PPR) in pre-weaned West African Dwarf goat kids. *Trop. Vet.*, **15**: 39-42.
4. AKPAVIE S.O., EMIKPE B.O., 2000. Observations on an *Actinomyces pyogenes* infection in a goat. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **53**: 331-332.
5. AL-SULTAN I.I., AITKEN I.D., 1985. The tonsillar carriage of *Pasteurella haemolytica* in lambs. *J. Comp. Pathol.*, **95**: 193-201.
6. ANENE B.M., UGOCHUKWUM E.I., OMAMEGBE J.O., 1987. The appraisal of three different pharmaceutical regimes for the treatment of naturally occurring *peste des petits ruminants* (PPR) in goats. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **35**: 1-3.
7. BARBOUR E.K., NABBUT N.H., HAMADEHE S.K., AL-NAKHLI H.M., 1997. Bacterial identity and characteristics in healthy and disease respiratory tracts of sheep and calves. *Am. vet. Res.*, **21**: 401-430.
8. BROGDEN K.A., LEHMKUHI H.D., CUTLIP R.C., 1998. *Pasteurella haemolytica* complicated respiratory infections in sheep and goats. *Vet. Res.*, **29**: 233-254.
9. CARTER G.R., 1984. Isolation and identification of bacteria from clinical specimens. In: Diagnostic procedures in veterinary bacteriology and mycology, 4th Edn. Springfield, IL, USA, Charles C. Thomas, 19 p.
10. DIALLO A., 2006. Control of *peste des petits ruminants* and poverty alleviation? *J. vet. Med.*, **53**: 11-13.
11. DIKER K.S., AKAN M., HAZIROGLU R., 1994. Antimicrobial susceptibility of *Pasteurella haemolytica* and *Pasteurella multocida* isolated from pneumonic ovine lungs. *Vet. Rec.*, **134**: 597-598.
12. GONZALEZ C.T., MAHESWARAN S.K., 1993. The role of induced virulence factors produced by *Pasteurella haemolytica* in the pathogenesis: review and hypothesis. *Br. vet. J.*, **149**: 183-193.
13. IKEDE B.O., 1977. The pattern of respiratory lesions in goats and sheep in Nigeria. I. Lesions in goats. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **25**: 49-59.
14. JAITNER J., SOWE J., SECKA-NJIE E., DEMPFLER L., 2001. Ownership pattern and management practices of small ruminants in the Gambia - Implications for a breeding programme. *Small Ruminant Res.*, **40**: 101-108.
15. MAGWOOD S.E., BARNUM D.A., THOMPSON R.G., 1969. Nasal bacterial flora of calves in healthy and pneumonia prone herds. *Can. J. comp. Med.*, **33**: 237-243.
16. OBI T.U., 1984. Respiratory viral infections in goats in Nigeria with emphasis on *peste des petits ruminants*: In: Coll. Les maladies de la chèvre, Niort, France, 9-11 oct. 1984. Versailles, France, INRA.
17. OJO M.O., 1976. Caprine pneumonia in Nigeria. I. Epidemiology and bacterial flora of normal and disease respiratory tracts. *Trop. Anim. Health Prod.*, **8**: 85-89.
18. PASS D.A., THOMPSON R.G., 1971. Wide distribution of *Pasteurella haemolytica* type 1 over the nasal mucosa of cattle. *Can. J. comp. Med.*, **35**: 181-186.
19. PEACOCK C., 2005. Goats - a pathway out of poverty. *Small Ruminant Res.*, **60**: 179-186.
20. PELCZAR M.J., CHAN E.C., KRIEG N.R., 1986. The cultivation of bacteria. In: Microbiology, 5th Edn. New York, NY, USA, McGraw-Hall, p. 99-114.
21. QUINN P.J., CARTER M.E., MARKEY B., CARTER G.R., 1994. Bacterial pathogens: microscopy, culture and identification. In: Clinical veterinary microbiology. London, UK, Wolfe Publishing, p. 21-60.
22. RICHARDS Y.J., MENOUR N.J., COIGUEN F.J., AVIER C.J., BORGES E., FONTAIN M.J., AUDAR J., BRUNET J., PAILHAE C., 1986. Bacteriological study on sheep lungs from the abattoir. *Revue Méd. vét.*, **37**: 671-680.
23. ROBBINS S.L., ANGELL M., KUMAR U., 1981. The respiratory system in basic pathology, 3rd Edn. Philadelphia, PA, USA, WB Saunders, p. 369-420.
24. ROWE H.A., POXTON I.R., DONACHIE W., 2001. Survival of *Mannheimia (Pasteurella) haemolytica* in tracheobronchial washings of sheep and cattle. *Vet. Microbiol.*, **81**: 305-314.
25. UGOCHUKWU E., 1985. Isolation and identification of aerobic pathogenic bacteria from pneumonic lungs of goats suffering from pneumonia-enteritis complex. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **33**: 303-308.
26. WOSU L.O., 1989. Management of clinical cases of *peste des petits ruminants* (PPR) disease in goats. *Beitr. Trop. Landw. Vet. Med.*, **27**: 357-361.

Accepté le 16.02.2010

Résumé

Emikpe B.O., Oyero O.G., Akpavie S.O. Isolation et antibiogramme de la flore bactérienne aérobie des cavités nasales de chèvres Naines d'Afrique de l'Ouest apparemment saines

Les chèvres jouent un rôle important dans l'économie de l'élevage parce qu'elles sont une source de protéines et de revenus essentiels pour les pauvres paysans, et parce qu'elles s'adaptent à des conditions environnementales difficiles. Les études sur la flore bactérienne de l'appareil respiratoire des chèvres ont principalement porté sur les lésions pneumotiques ; peu d'études ont été réalisées sur les cavités nasales apparemment normales et peu d'antibiogrammes des organismes isolés ont été effectués. La présente étude a été menée sur 60 chèvres Naines d'Afrique de l'Ouest apparemment saines. Un écouvillon nasal a été effectué sur chaque chèvre et analysé avec les méthodes standard. La méthode de diffusion en gélose a été utilisée pour le test de sensibilité des antibiotiques. Trois cent vingt-huit isolats ont été obtenus. *Streptococcus* spp. a été la bactérie rencontrée le plus fréquemment, suivie d'*Escherichia coli* et de *Staphylococcus aureus*. D'autres espèces ont été isolées à des taux relativement plus faibles. La présence de *Mannheimia haemolytica* et de *Pasteurella multocida* dans les cavités nasales de chèvres apparemment saines indiquerait leur rôle potentiel dans la plupart des pathologies respiratoires courantes des petits ruminants. La majorité des bactéries ont été sensibles à la streptomycine, aux quinolones (péfloxacin, ciprofloxacine et ofloxacine) et à la gentamicine, alors qu'elles ont été résistantes à la tétracycline, à l'augmentin et à l'érythromycine. Cette étude a montré la relation entre le mauvais usage ou l'abus d'antibiotiques, et la résistance aux médicaments. Il est ainsi essentiel d'informer les professionnels de santé et les chercheurs sur les antibiotiques adaptés à utiliser lors d'infections respiratoires et au cours de programmes de lutte.

Mots-clés : Caprin – Chèvre Naine d'Afrique de l'Ouest – Flore microbienne – Antibiotique – Résistance aux médicaments – Contrôle des maladies.

Resumen

Emikpe B.O., Oyero O.G., Akpavie S.O. Aislamiento y antibiograma de la flora bacteriana aeróbica nasal en cabras Enanas Oeste Africanas aparentemente sanas

Las cabras son importantes en la economía pecuaria porque son una buena fuente de proteína y de ingresos para los menesterosos rurales y porque se adaptan bien a las condiciones adversas del medio ambiente. Los estudios conducidos sobre la flora bacteriana del tracto respiratorio de cabras se han enfocado en los pulmones con neumonía con menos estudios en vías nasales aparentemente normales y antibiogramas de organismos aislados. El presente estudio se llevó a cabo en 60 cabras Enanas Oeste Africanas aparentemente sanas. El frotis nasal de cada cabra se analizó usando métodos estándar. La técnica de difusión en disco se empleó para el test de sensibilidad de antibióticos. Se obtuvieron 328 aislamientos. La bacteria más frecuentemente aislada fue *Streptococcus* spp. mientras que *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* fueron las segundas especies dominantes. Otras especies fueron también aisladas en cantidades relativamente menores. El aislamiento de *Mannheimia haemolytica* y *Pasteurella multocida* en la cavidad nasal de cabras aparentemente sanas en este estudio refleja su posible papel en enfermedades respiratorias comunes encontradas en pequeños ruminantes. La mayoría de las bacterias fueron susceptibles a estreptomycina, quinolonas (péfloxacin, ciprofloxacina y eritromicina) y gentamicina, mientras que fueron resistentes a tetraciclina, augmentin y eritromicina. El presente estudio muestra la relación entre el mal uso o uso no restringido de antibióticos y la resistencia a drogas. En consecuencia, hay una necesidad de informar al personal de salud e investigadores sobre los antibióticos apropiados, a usar durante el curso de infecciones respiratorias y durante programas de control.

Palabras clave: Caprino – Cabra Enana Africa occidental – Flora microbiana – Antibiótico – Resistencia a medicamentos – Control de enfermedad.

Hematological Changes in *Salmonella* Paratyphi A Infected Pullets

A.O. Ogunleye¹ A.T.P. Ajuwape^{1*} A.I. Adetosoye¹

Keywords

Chicken – Pullet – *Salmonella* Paratyphi A – Blood – Experimental infection – Nigeria.

Summary

The hematology of 25 pullets experimentally infected orally with 0.5 mL of 1×10^7 cfu/mL of *Salmonella* Paratyphi A was studied. By day 4 post-infection (p.i.), dullness, ruffled or unkempt feathers, somnolence, yellowish-green diarrhea, and decreased water and feed consumption were observed. Hematological parameters of the birds were monitored on days 7, 14 and 21 p.i. The values were analyzed with Duncan's Multiple range test, at $P < 0.05$. The packed cell volume (PCV) was significantly higher at day 7 p.i. than during pre-infection and at day 21 p.i. However, it was similar at days 7 and 14 p.i. Likewise, hemoglobin concentrations in the birds were similar during pre-infection, and at days 14 and 21 p.i. In contrast, they were significantly higher at day 7 than during pre-infection and at day 21 p.i. The indicators of anemia showed no significant differences between pre- and post-infection values. The period coincided with that of decreased feed and water consumption in the course of the disease. There were no significant differences in total leukocyte counts for days 7, 14 and 21 p.i., whereas they were significantly ($P < 0.05$) lower during pre-infection than at days 7, 14 and 21 p.i. The course of *Salmonella* Paratyphi A infection depends on the infective dose of the organism. There was no anemia in pullets; leukocytosis was attributable to heterophilic leukocytosis, lymphocytosis, monocytosis and eosinophilia, which are indicators of acute infection and internal stress, to which the pullets adequately responded.

INTRODUCTION

Salmonella is a facultative intracellular pathogen capable of infecting a variety of hosts resulting in several clinical manifestations (5). Domestic poultry constitutes the largest single reservoir of *Salmonella* organisms found in nature (8).

Salmonella species are capable of producing changes in the white and red blood cells of the affected animals. For instance, pigeons infected with *Salmonella typhimurium* showed leukocytosis within

the first twenty-one days post-infection (7). A group of cockerels injected with 50 mg/kg body weight of *Salmonella gallinarum* endotoxin intravenously produced severe hypochromic anemia, leukocytosis and increased phagocytic activity of leukocytes (10). In another investigation Asheg et al. (2) experimentally infected a set of day-old chicks orally with 2×10^2 cfu/mL of *Salmonella enteritidis* PT4 and recorded a significant ($P < 0.05$) increase in the peripheral lymphocyte count on day 21 post-infection (p.i.), while a significant increase was observed on day 27 p.i. for chicken orally infected with 2×10^8 cfu/mL.

Salmonella enterica serovars often have a broad host range, and some cause gastrointestinal and or systemic disease. *Salmonella enterica* serotypes Typhi and *Salmonella* Paratyphi A, B, C are responsible for systemic diseases including typhoid fever and paratyphoid enteric fever, respectively (11, 12). In Nigeria, Ogunleye

1. Department of Veterinary Microbiology and Parasitology, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.

* Corresponding author

Tel.: +234 803 337 1426; Fax: +234 802 810 3641

E-mail: atpajuwape@yahoo.com

et al. (13) reported an outbreak of fulminating disease in a commercial poultry farm attributable to *Salmonella Paratyphi A*. The pathogenicity of the isolate was later tested in pullets which were inoculated orally with 0.5 mL of 1.3×10^8 cfu/mL of *Salmonella Paratyphi A* per bird (14). However, the course of the disease was so rapid that the hematological changes in the infected birds could not be monitored and the pullet mortality was 95% by day 16 p.i. The use of hematology as a tool in the diagnosis of diseases of birds is increasing rapidly and can provide essential information, in addition to that obtained from the general clinical examination of animals (7, 15). In Nigeria, there has been no report on the hematological changes associated with *Salmonella Paratyphi A*. This investigation was undertaken to study hematological changes in pullets infected with *Salmonella Paratyphi A*.

■ MATERIALS AND METHODS

Two hundred and fifty day-old chicks were donated by Amo-Byng (Awe, Oyo State, Nigeria). The birds were raised under strict hygienic conditions for 16 weeks in experimental cages located in the Faculty of Veterinary Medicine University of Ibadan, Oyo State. They were fed *ad libitum* up to week 9 with antibiotic-free chick mash donated by the feed meal unit of Hope Farm (Ibadan, Oyo State), and antibiotic-free growers' mash from week 9 till the end of the investigation. Clean water was provided *ad libitum* in troughs. Vaccines, from the National Veterinary Research Institute (Vom, Plateau State), were routinely administered to the birds against the Newcastle disease on days 1 and 16, and weeks 6 and 10 (intra-ocular and LaSota vaccines, LaSota and Komorov, respectively), and against the infectious bursal disease on days 8 and 18, and week 4 (Gumboro, live attenuated, respectively). The chicks were given an anti-stress vitamin supplement (Vitalyte Laboratories Hipra, Avda, LaSelva SIN Amer., Girona, Spain), at a dosage of 100 g/200 L of drinking water. The birds were dewormed at weeks 9 and 11 using Piperazine (Pfizer Products, Ikeja, Nigeria) at a dosage of 0.7 g/L of drinking water.

At week 16, 25 pullets were randomly selected and the cloacal swab samples were collected and screened for *Salmonella* isolates. Briefly, the swabs were inoculated into sterile broth overnight, subsequently inoculated into 5% sheep blood agar and MacConkey media, incubated at 37°C for 48 h, and identified as described by Barrow and Feltham (3), and Abouzeed et al. (1). The jugular venous blood sample of each bird was collected into bottles with disodium salt of ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) anticoagulant. The blood samples were analyzed by standard methods (7, 9). The packed cell volume (PCV) was determined by the microhematocrit method, hemoglobin (Hb) concentration by the spectrophotometric method, and red blood cells, platelets and white blood cell counts by the hemocytometer method. The mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), and mean corpuscular hemoglobin (MCH) were derived from the red cell values. The differential leukocyte counts were determined by Giemsa stained blood film, and 200 cells were counted, classified and the absolute leukocyte counts were calculated (7, 9).

The *Salmonella Paratyphi A* used in this investigation was isolated from disease outbreaks and pathogenicity studies, earlier documented by Ogunleye et al. (13, 14). Each of the 25 pullets were inoculated orally with 0.5 mL of 1×10^7 cfu/mL of overnight broth culture of *Salmonella Paratyphi A* and blood samples were taken for complete hematological analysis at days 7, 14 and 21 p.i.

The data obtained were statistically analyzed with one way analysis ANOVA and the difference among the harmonic samples were

tested for significance at 95% level of confidence with Duncan multiple range test (4).

■ RESULTS

No *Salmonella* was found in the pre-infection cloacal swabs examined. However, 0.5 mL of 1×10^7 cfu/mL of overnight broth culture of *Salmonella Paratyphi A* orally inoculated produced apparent inactivity by day 3 p.i. By day 6 p.i. the pullets showed dullness, somnolence, decreased feed and water intake, followed by yellowish watery diarrhea. The first death was recorded on day 7 p.i. and when the experiment was terminated on day 21 p.i. the mortality rate was 24%.

The hematological changes observed in pullets experimentally infected with *Salmonella Paratyphi A* during the pre-inoculation day as well as on days 7, 14, and 21 p.i., respectively, are shown in Table I.

■ DISCUSSION

In an earlier study, Ogunleye et al. (14) administered orally 0.5 mL of 1.3×10^8 cfu/mL of *Salmonella Paratyphi A* to each bird. The mortality rate was 95% by day 16 p.i.; the progression of the disease was so rapid that the hematological changes in the infected birds could not be monitored. In the present study, the course of the disease was not as rapid as in the earlier experiment, and the hematological changes in the bird were monitored at days 7, 14 and 21 p.i. When the experiment was terminated on day 21 p.i., the mortality rate was 24%. These findings suggest that the course of *Salmonella Paratyphi A* in birds is dose dependent.

The hematological pre-inoculation parameters of the pullets were within the range earlier recorded by Jain (6). In the current investigation, PCV on day 7 p.i. was significantly higher than pre-infection PCV, as well as PCV on day 21 p.i., but PCVs on days 7 and 14 were similar. Hb concentration values during pre-infection, and on days 14 and 21 p.i. were similar, while on day 7 it was significantly higher than during pre-infection as well as on day 21 p.i. MCV and MCH showed no significant differences in the pre- and post-infection values indicating that no anemia was present. MCHCs on days 7, 14 and 21 p.i. were similar, although they were significantly ($P < 0.05$) lower on days 7 and 14 than during pre-infection, and during pre-infection and on day 21 p.i. they were similar. Hence, the above values were due to relative increases in PCV and Hb values. Birds generally have lower MCHCs than mammals because of the space occupied by the nucleus (6). The period, however, coincided with the period of decreased feed and water consumption in the course of salmonellosis in the birds. The same phenomenon might have been responsible for the relative thrombocytosis recorded on day 7 p.i. In an earlier investigation by Kokosharov, intravenous injection of *Salmonella typhimurium* endotoxin into cockerels (10) produced hypochromic anemia, leukocytosis and increased phagocytic activities of the leukocytes. The relative increases in PCV and Hb observed in this investigation were attributable to *Salmonella Paratyphi A*, contrarily to Sharma et al. (16) who observed a decrease in PCV and in the total erythrocyte count in goats infected with *Salmonella enterica* serovar *typhimurium*. The observed differences in response to the *Salmonella* infection may be due to the physiology of chicken erythrocytes, which are immature-nucleated, while in goats they are non-nucleated.

There was no significant difference in the total leukocyte counts on days 7, 14 and 21 p.i., whereas the pre-infection total leukocyte count was significantly ($P < 0.05$) lower than those on days 7,

Table 1

Hematological changes in pullets experimentally infected with *Salmonella Paratyphi A*

Hematological value	Pre-infection	Day 7 post-infection	Day 14 post-infection	Day 21 post-infection
PCV (%)	35.7 ^b	40.8 ^a	39.0 ^{ab}	36.4 ^b
Hb (g/dL)	11.7 ^b	13.0 ^a	12.5 ^{ab}	11.7 ^b
RBC x 10 ⁶ /μL	2.9 ^b	3.3 ^a	3.7 ^a	3.0 ^b
Platelet	210,457.2 ^b	325,000.0 ^a	151,800.0 ^b	199,600.0 ^b
MCV (fl)	124.6 ^a	123.3 ^a	105.5 ^a	125.5 ^a
MCH (pg)	40.8 ^a	39.4 ^a	33.9 ^a	40.6 ^a
MCHC (%)	32.8 ^a	31.9 ^b	32.2 ^b	32.3 ^{ab}
WBC/μL	12,928.6 ^b	16,870.0 ^a	18,730.0 ^a	18,210.0 ^a
Heterophils/μL	2,706.4 ^b	6,906.0 ^a	5,317.6 ^a	4,987.5 ^a
Lymphocytes/μL	9,652.1 ^b	8,979.4 ^c	12,343.8 ^a	11,591.1 ^b
Monocytes/μL	148.3 ^b	186.3 ^b	263.1 ^b	479.6 ^a
Eosinophils/μL	351.4 ^c	798.3 ^b	728.3 ^b	1,158.8 ^a
Basophils/μL	0	0	0	0

Sample size: 25

Harmonic mean sample used: 5.385

^{a, b, c} Values with different superscripts are significantly different at $P < 0.05$

PCV: packed cell volume; Hb: hemoglobin; RBC: red blood cell count; MCV: mean corpuscular volume; MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration; WBC: white blood cell count

14 and 21 p.i., respectively. This finding agrees with that of Jansotovic et al. who observed within the first 21 days p.i. leukocytosis in pigeons infected with *Salmonella typhimurium* (6). Similarly, Kokosharov (10) reported a leukocytosis in cockerels injected with *Salmonella gallinarum* endotoxin, and Asheg et al. (2) recorded the same in a set of day-old chicks infected orally with 2×10^2 cfu/mL of *Salmonella enteritidis* PT4.

The pre-infection absolute lymphocyte count was not significantly different from the value observed on day 21 p.i., whereas the lymphocyte count on day 7 p.i. was significantly ($P < 0.05$) lower than the values recorded during pre-infection, and on days 14 and 21 p.i. However, the lymphocyte count on day 14 p.i. was significantly ($P < 0.05$) higher than the values obtained during pre-infection and in day 21 p.i. Initial lymphopenia followed by lymphocytosis before the lymphocyte count normalized in this investigation indicated that the birds were adequately responding to the infection. Asheg et al. (2) recorded a significant ($P < 0.05$) increase on day 21 p.i. in the peripheral lymphocyte count of day-old chicks orally infected with 2×10^2 cfu/mL of *Salmonella enteritidis* PT4, whereas a significant increase was observed on day 27 p.i. in chicken infected orally with 2×10^8 cfu/mL.

On days 7, 14 and 21 p.i. absolute heterophil counts were not significantly different, whereas they were significantly ($P < 0.05$) higher than the value obtained during pre-infection. The heterophilic leukocytosis (neutrophilia) observed in the current investigation matches reports of neutrophilia observed by Sharma et al. (16) in goats infected with *Salmonella enterica* serovar *typhimurium*.

The absolute monocyte counts obtained during pre-infection and on days 7 and 14 p.i. did not show significant differences, whereas all three were significantly ($P < 0.05$) lower than that obtained on day 21 p.i. This result suggests monocytosis in the experimentally

infected pullets. The absolute eosinophil counts on days 7 and 14 p.i. were not significantly different but they were significantly ($P < 0.05$) higher than the pre-infection value, respectively. However, on day 21 it was significantly ($P < 0.05$) higher than during pre-infection as well as on days 7 and 14 p.i.

CONCLUSION

This experimental infection of pullets with *Salmonella Paratyphi A* showed that the disease course was infective dose-dependent and that the organism did not cause anemia. There was a leukocytosis attributable to heterophilic leukocytosis (neutrophilia), lymphocytosis, monocytosis and eosinophilia, which are indicators of acute infection and internal stress, to which the pullets adequately responded.

REFERENCES

1. ABOUZEED Y.M., HARIHARAN H., POPPE C., KIBENGE F.S.B., 2000. Characterization of *Salmonella* isolates from beef, cattle, broiler chickens and human sources in Prince Edward Island. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.*, **23**: 253-266.
2. ASHEG A.A., LEVKUT M., REVAJOVA V., SEVCIKOVA Z., KOLODZIEYSKI L., PISTL J., 2003. Dynamics of lymphocyte subpopulation in immune organs of chickens infected with *Salmonella enteritidis*. *Acta Vet. Brno*, **72**: 359-364.
3. BARROW G.I., FELTHAM R.K.A., 1993. Cowan and Steel's manual for identification of medical bacteria, 3rd Edn. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 331 p.
4. DUNCAN D.B., 1955. Multiple range and multiple F-test. *Biometrics*, **11**: 1-42.
5. GOLBERG M.B., RUBIN R.H., 1998. The spectrum of *Salmonella* infection. *Infect. Dis. Clin. N. Am.*, **2**: 57-98.

6. JAIN N.C., 1986. Schalm's veterinary haematology, 4th Edn. Philadelphia, PA, USA, Lea & Febiger, 1221 p.
7. JANSOTOVIC J., SALY J., KOSAK J., KAPITANCIC B., MAGIE D., 1998. Blood cell count at tuberculosis, cholera and salmonellosis in birds. *Folia Vet.*, **42**: 4.
8. JEMMI T., DANUSER J., GRIOT C., 2000. Zoonosis as a risk when handling livestock or animal products. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.*, **142**: 665-671.
9. KELLY W.R., 1974. Veterinary clinical diagnosis, 2nd Edn. London, UK, Baillere Tindall, 374 p.
10. KOKOSHAROV T., 2002. Clinical and haematological effect of *Salmonella gallinarum* endotoxin on cockrel. *Vet. Archiv.*, **72**: 269-276.
11. LIU S.-L., SANDERSON K.E., 1995. The chromosome of *Salmonella Paratyphi A* is inverted by recombination between *rrnH* and *rrnG*. *J. Bacteriol.*, **177**: 6585-6592.
12. MCCLELLAND M., SANDERSON K.E., CLIFTON S.W., LATREILLE P., PORWOLLIK S., SABO A., MEYER R., BIERI T., OZERSKY P., MCLELLAN M., HARKINS C.R., WANG C., NGUYEN C., BERGHOF A., ELLIOTT G., KOHLBERG S., STRONG C., DU F., CARTER J., KREMIZKI C., LAYMAN D., LEONARD S., SUN H., FULTON L., NASH W., MINER T., MINX P., DELEHAUNTY K., FRONICK C., MAGRINI V., NHAN M., WARREN W., FLOREA L., SPIETH J., WILSON R.K., 2004. Comparison of genome degradation in *Paratyphi A* and typhi, human restricted serovars of *Salmonella enterica* that cause typhoid. *Nat Genet.*, **36**: 1268-1274.
13. OGUNLEYE A.O., AJUWAPE A.T.P., ADETOSOYE A.I., ALAKA O.O., EMIKPE, B.O., 2005. Outbreaks of *Salmonella Paratyphi A* in a commercial poultry farm in Ibadan. *Trop. Vet.*, **23**: 65-68.
14. OGUNLEYE A.O., AJUWAPE A.T.P., ADETOSOYE A.I., ALAKA O.O., OHORE O.G., 2006. Pathogenicity of *Salmonella Paratyphi A* in pullets. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **59**: 5-9.
15. OYEWALE J.O., OLOWOOKORUN M.O., 1986. Diurnal variation in the haematological values of West African Dwarf goats. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **34**: 161-164.
16. SHARMA A.K., TRIPATHI B.N., VERMA J.C., PARIHAR N.S., 2001. Experimental *Salmonella enterica* subspecies serovar *typhimurium* infection in Indian goats. Clinical serological, bacteriological, and pathological studies. *Small Ruminant Res.*, **42**: 2.
17. THRELFALL E.J., SKINNER J.A., WARD L.R., 2001. Detection of decreased *in vitro* susceptibility to ciprofloxacin in *Salmonella enterica* serotypes Typhi and Paratyphi A. *J. Antimicrob. Chemother.*, **48**: 735-748.

Accepté le 05.05.2010

Résumé

Ogunleye A.O., Ajuwape A.T.P., Adetosoye A.I. Modifications hématologiques chez des poulettes infectées par *Salmonella Paratyphi A*

Une analyse hématologique a été effectuée sur 25 poulettes infectées expérimentalement par voie orale avec 0,5 mL de 1×10^7 CFU/mL de *Salmonella Paratyphi A*. Quatre jours après l'infection (p.i.), les animaux ont présenté de l'apathie, un plumage ébouriffé, de la somnolence, des diarrhées vert jaunâtre, une baisse de la prise d'eau et d'aliments. Les paramètres hématologiques des volailles ont été enregistrés aux jours 7, 14 et 21 p.i. Les valeurs ont été analysées avec le test de comparaisons multiples de Duncan, avec $P < 0,05$. L'hématocrite a été significativement plus élevé au jour 7 que lors de la pré-infection et qu'au jour 21 p.i. Il a cependant été semblable aux jours 7 et 14 p.i. De même, les concentrations d'hémoglobine chez les volailles ont été semblables lors de la pré-infection et aux jours 14 et 21 p.i. Elles ont été significativement plus élevées au jour 7 que lors de la pré-infection et qu'au jour 21 p.i. Les indicateurs d'anémie n'ont pas révélé de différences significatives entre les valeurs pré-infection et post-infection. La période a coïncidé avec celle de la baisse de prise d'eau et d'aliments lors de l'évolution de la pathologie. Il n'y a pas eu de différences significatives dans le nombre de leucocytes total aux jours 7, 14 et 21 p.i., mais ce nombre a été significativement ($P < 0,05$) plus bas lors de la pré-infection qu'aux jours 7, 14 et 21 p.i. L'évolution de l'infection à *Salmonella Paratyphi A* dépend de la dose infectante du micro-organisme. Les poulettes n'ont pas manifesté d'anémie ; la leucocytose pouvait être attribuée à la leucocytose hétérophile, à la lymphocytose, à la monocytose et à l'éosinophilie, qui sont des indicateurs d'infection aiguë et de stress interne auxquels les poulettes ont répondu de façon satisfaisante.

Mots-clés : Poulet – Poulette – *Salmonella Paratyphi A* – Sang – Infection expérimentale – Nigeria.

Resumen

Ogunleye A.O., Ajuwape A.T.P., Adetosoye A.I. Cambios hematológicos en pollos infectados con *Salmonella Paratyphi A*

Se estudió la hematología de 25 pollos infectados oralmente en forma experimental con 0,5 mL de 1×10^7 cfu/mL *Salmonella Paratyphi A*. Al día 4 post infección (p.i.), se observó apatía, plumas hirsutas y sin aseo, somnolencia, diarrea verde amarilla, disminución en el consumo de agua y alimento. Los parámetros hematológicos de las aves se monitorearon en los días 7, 14 y 21 p.i. Los valores se analizaron con el test de rango múltiple de Duncan, a $P < 0.05$. El hematocrito (PCV) fue significativamente más elevado al día 7 p.i. que durante la pre infección y al día 21 p.i. Sin embargo, fue similar en los días 7 y 14. De la misma manera, la concentración de hemoglobina en las aves fue similar durante la pre infección y a los días 14 y 21 p.i., mientras que fue significativamente más elevada al día 7 que durante la pre infección y al día 21 p.i. Los indicadores de anemia no mostraron diferencias significativas entre los valores pre infección y la post infección. El periodo coincidió con el periodo de disminución en el consumo de agua y alimento durante el curso de la enfermedad. No se encontraron diferencias significativas en el conteo total de leucocitos para los días 7, 14 y 21 p.i., mientras que fueron significativamente ($P < 0,05$) más bajos durante la pre infección que en los días 7, 14 y 21 p.i. El curso de la infección por *Salmonella Paratyphi A* depende de la dosis infecciosa del organismo. No hubo anemia en los pollos; en cambio, la leucocitosis se atribuyó a leucocitosis heterofílica, linfocitosis, monocitosis y eosinofilia, los cuáles son indicios de una infección aguda y estrés interno, al cual los pollos respondieron adecuadamente.

Palabras clave: Pollo – Gallina – *Salmonella Paratyphi A* – Sangre – Infección experimental – Nigeria.

Effect of Hydrogen Peroxide in the Scald Tank on the Microbial Count of Pork Skin

A.S. de Mello Jr.¹ R.O. Roça²

Keywords

Swine – Slaughtering – Hydrogen peroxide – Biological contamination – Meat hygiene – Brazil.

Summary

The objective of this study was to investigate the effect of hydrogen peroxide (H₂O₂) (50% v/v) on pork skin microbial populations. Forty-eight cross-bred hogs were analyzed after dehairing and 30 during chilling. Three different concentrations of hydrogen peroxide were added to the scalding water (0.01, 0.05 and 0.1% of the total capacity of the scald tank). In treatment I no addition of H₂O₂ was applied while, in treatment II, H₂O₂ was added at 0 min and, in treatment III, it was added at 0, 30 and 60 min. Both treatments II and III significantly reduced pork skin proliferation of thermophilic bacteria after 30 min of continuous scalding ($P \leq 0.05$). Treatment III decreased the Enterobacteriaceae count after 90 min of scalding ($P \leq 0.05$). During chilling, Enterobacteriaceae and thermophilic bacteria were not detected on pork skin, and hydrogen peroxide lowered values of mesophilic and psychrophilic bacteria ($P \leq 0.05$). This study showed that the addition of hydrogen peroxide to the scalding water decreased the microbial contamination of pork skin.

INTRODUCTION

Meat contamination occurs during the conversion of muscle into meat through the slaughter and dressing processes (11, 15). Pork carcasses usually contain higher levels of microorganisms when they are compared to carcasses of other meat animals (4). Pig

slaughter offers many opportunities for carcass contamination and thus requires some effort to eliminate or minimize hazards (3). Bacteria counts have been reported to increase on the ham surface after scalding due to the higher contamination of the scalding water after 30 min of operation (5, 10). Hence, the dehairing equipment used right after scalding might be an important source of contamination (4). After dehairing, aerobic mesophilic and coliform bacteria counts were high on the ham, belly, and neck (9).

Intervention strategies for pork harvesting involving mechanical and chemical methods have been used in the US as a measure to eliminate or decrease microbial contamination which occurs during slaughter (6). Additionally, studies involving additives and different methods of scalding gave varying results on pork skin contamination (11, 14). In Brazil, very little research was conducted to study

1. A213k Animal Science, University of Nebraska, Department of Animal Science, Lincoln, NE 68583-0908, USA.

Tel.: +1 402 472 6314; Fax: +1 402 472 6362

E-mail: amilton@huskers.unl.edu

2. Departamento de Gestão e Tecnologia Agro-Industrial, FCA / UNESP, CP 237, CEP 18603-970, Botucatu, SP, Brazil.

Tel.: +55 14 38 11 72 00; Fax: +55 14 38 15 54 67

E-mail: robertoroça@fca.unesp.br

similar interventions. However, some research showed that the prevalence of bacteria such as *Salmonella* and *Staphylococcus* in Brazilian pork slaughter plants was lower than that of other countries' slaughter plants (8). Consequently, chemical and mechanical interventions on microbial contamination are not practiced very often. However, although this prevalence was detected, there is no data which correlates food-borne diseases with meat consumption. This experiment was conducted in a commercial abattoir in Brazil with the aim to verify the effects of adding hydrogen peroxide (H₂O₂) (50% v/v) to the scalding water on the counts of aerobic mesophilic, aerobic thermophilic, aerobic psychrophilic, and Enterobacteriaceae bacteria on pork skin. To conduct this study, it was necessary to request authorization from the Brazilian Department of Agriculture for the use of hydrogen peroxide during pig scalding.

■ MATERIALS AND METHODS

Animals

For the microbial analysis of pork skin after dehairing, 48 crossbred hogs were randomly selected from three treatments. Four animals were sampled each day during four days totaling 16 animals per treatment. All the animals used in this experiment were raised and finished in a commercial hog farm located nearby the slaughter plant. Treatments consisted of (I) no addition of H₂O₂ to the scalding water, (II) addition of H₂O₂ at 0 min, and (III) addition of H₂O₂ at 0, 30, and 60 min. For the microbial analysis of pork skin during chilling, 30 crossbred hogs were randomly selected from two treatments (no addition of H₂O₂ to the scalding water and addition of H₂O₂ at 30 min). Before chilling, animals were randomly selected after being scalded for 5 to 6 min, 30 minutes after the scalding procedure had been initiated (five animals were sampled each day during three days totaling 15 animals per treatment). The research was completed in a commercial abattoir under Brazilian federal inspection in Bauru, São Paulo, with a slaughter capacity of 500 hogs per day.

Hydrogen peroxide preliminary treatments

Terplan and Wenzel report that a maximum bacterial load in the scalding water is reached 30 min after the scalding operation begins (13). In the present study, three concentrations (0.01, 0.05 and 0.1% of the total capacity of the tank) of H₂O₂ were thus added to the scalding water collected 30 min after scalding began. The *in vitro* test was carried out to determine which concentration of H₂O₂ added to the scald tank was the most efficient.

Water and carcass sampling

Scalding water samples were taken randomly from the scald tank at 0, 30, 60 and 90 min. The pork skin was sampled immediately after dehairing on the left side of the carcass by swabbing a 10 cm² area using a sterilized stainless frame (2 x 5 cm) at 0, 30, 60 and 90 min. The same procedure was performed on the pork skin at 0 and 24 h of chilling. Five different sites with five different swabs were analyzed, totaling 50 cm² (ham, belly, neck, shoulder, and loin) (1). Each swab was immersed in a sterilized test tube containing 5 mL of buffered peptone water. Samples were transferred under refrigeration (7 ± 2°C) to the Agroindustrial Products Technology Laboratory at São Paulo State University (UNESP - Botucatu).

One milliliter of scalding water and 1 mL of fluid containing samples of all five swabs were diluted in 9 mL of peptone water until dilution reached 10⁻⁷. Aerobic mesophilic, thermophilic, and psychrophilic bacteria were counted in standard plate count agar after incubation at 32 ± 2°C for 48 h, 55 ± 2°C for 48 h,

and 7 ± 2°C for 10 days, respectively. Enterobacteriaceae bacteria were counted in violet red bile dextrose agar after incubation at 37 ± 2°C for 48 h (1).

Statistical analysis

Statistical analysis for microbial count was performed using PROC MIXED of SAS (12). The number of experimental units was calculated by PROC POWER of SAS using means and standard deviations from previous research. Comparisons among treatments at 0.05 required eight experimental units to obtain a power of 99%. When comparing 0.05 vs 0.1, 12 experimental units were required to obtain a power of 86%. In this experiment, 16 experimental units per treatment were used as previously described. Regarding the presented values, all bacteria counts were transformed to log cfu/100 cm² for the data on the pork skin and log cfu/mL for the data in the scalding water. Total counts were analyzed as randomized blocks with one site (average of all five analyzed sites) and each individual carcass as a block. Treatment comparisons were analyzed in a 3 x 4 factorial combination considering three treatments (I, II, and III) and four periods (0, 30, 60 and 90 min). A similar analysis was performed for chilled carcasses. However, a 2 x 2 factorial combination was used (two treatments: with or without hydrogen peroxide; and two periods: 0 h and 24 h of chilling). Means were compared with the Tukey test at 5% level of significance.

■ RESULTS AND DISCUSSION

Hydrogen peroxide preliminary treatments

The effects of H₂O₂ in the water 30 min after scalding is shown in Table I. Results indicated that concentrations of 0.05 and 0.1% significantly influenced mesophilic and thermophilic counts when compared with 0 and 0.01%. The mesophilic count decreased from 4 to 2 log cfu/mL, whereas the thermophilic count decreased from 5 to 2 log cfu/mL. Values observed from both concentrations were similar statistically. Therefore, the lowest most effective concentration (0.05%) was chosen to be added to the scalding water during the industrial phase of the experiment.

Table I

Effects of hydrogen peroxide on the total number of aerobic bacteria in samples of water taken 30 min after scalding began

Bacteria	Hydrogen peroxide concentration (%)			
	0*	0.01*	0.05*	0.1*
Mesophilic (log cfu/mL)	4.12 ^A	3.63 ^A	2.95 ^B	2.69 ^B
Thermophilic (log cfu/mL)	5.50 ^A	4.61 ^{AB}	2.66 ^{BC}	2.38 ^C
Enterobacteriaceae (log cfu/mL)	< 1.00 est	< 1.00 est	< 1.00 est	< 1.00 est
Psychrophilic (log cfu/mL)	< 1.00 est	< 1.00 est	< 1.00 est	< 1.00 est

* Percentage of the total capacity of the tank

A,B,C Means in the same row with different superscripts are significant at P ≤ 0.05
est: estimated value

Effect of hydrogen peroxide treatments on the scalding water

Results regarding the effects of hydrogen peroxide treatments on the scalding water are summarized in Table II. For aerobic mesophilic bacteria, treatment I had higher values after 30 minutes of scalding, which remained stable thereafter. These values agree with a previous study which documented that maximum microbial load values are constant and similar after 30 min (14). During treatment II, the addition of H₂O₂ gave lower values of mesophilic bacteria only at 0 min ($P \leq 0.05$). Results after 0 min were statistically similar to results found in treatment I. Treatment III showed lower values of mesophilic bacteria after 90 min and similar values for the period between 0 and 90 min ($P > 0.05$). In addition, the average of all periods was lowest in treatment III (Table II). In the literature, mesophilic counts in the scalding water range from 4 to 5 log cfu/mL (4). In the present study, after 90 min, the scalding water from treatment III showed the mesophilic count at approximately 1 log cfu/mL. These results indicated that when H₂O₂ was added periodically at each 30 min of scalding, it prevented an increase of mesophilic bacteria in the scalding water.

Values of thermophilic bacteria gradually increased from period to period during treatment I. When treatment II was performed, lower values were observed in all periods when compared to treatment I ($P \leq 0.05$). Values, however, increased significantly up to 90 min ($P \leq 0.05$). Treatment III values for all periods were also lower than those of treatment I but did not increase across periods as observed in treatment II. Therefore, the lowest mesophilic and thermophilic counts were obtained during treatment III.

Enterobacteriaceae and psychrophilic bacteria were not detected in the scalding water.

Effect of hydrogen peroxide treatments on pork skin

The effects of H₂O₂ on all four bacteria groups of pork skin after dehairing are shown in Table III. Up to 90 min, treatment I showed similar values for all periods ($P > 0.05$). Unlike results obtained with the scalding water, mesophilic counts did not increase on pork

skin. When values of all periods were averaged, treatment II significantly influenced the mesophilic count, whereas the average value of treatment III was similar to treatments I and II. Therefore, treatment II was satisfactory regarding the decrease of mesophilic bacteria on pork skin. Values of mesophilic bacteria were previously reported at around 7 log cfu/100 cm² (13). In the present study, H₂O₂ lowered these values to 5.39 log cfu/100 cm². For thermophilic bacteria, average values of all periods were statistically similar between the treatments ($P > 0.05$). However, a significant increase was observed at 90 min during treatment I ($P \leq 0.05$). Treatments II and III led to lower values compared to treatment I ($P \leq 0.05$) at 90 min. Hence, the authors suggest that thermophilic bacteria on pork skin were sensitive to the H₂O₂ oxidative effect.

Values of Enterobacteriaceae bacteria were constant on pork skin. Average values were significantly lower with the H₂O₂ treatments (II and III) ($P \leq 0.05$). Carcasses of treatment III analyzed at 60 and 90 min showed lower counts than carcasses of the other treatments. In addition, treatment III showed a significant decrease of Enterobacteriaceae bacteria at 60 min. Therefore, the best results were obtained with treatment III. Based on results by other authors, Enterobacteriaceae bacteria counts were found to range between 5 and 5.5 log cfu/100 cm² on pork skin after dehairing (2, 14). In the present study, values around 3 log cfu/100 cm² were obtained when H₂O₂ was added to the water.

Psychrophilic bacteria counts were constant at 30, 60, and 90 min for treatments II and III. In addition, treatments which contained H₂O₂ had lower average values than treatment I.

Effect of hydrogen peroxide on pork skin during chilling

Carcasses scalded in water treated with H₂O₂ had lower counts of mesophilic bacteria at 0 h of chilling compared to carcasses scalded with no H₂O₂. After 24 h, carcasses from both treatments had similar mesophilic counts ($P > 0.05$). However, when comparing the average for both periods (0 and 24 h), carcasses scalded with H₂O₂ had lower values ($P \leq 0.05$). For psychrophilic bacteria, H₂O₂ treatment

Table II

Effects of different treatments of hydrogen peroxide on the number of aerobic bacteria in scalding water

Bacteria	Treatment	Period (min)				Average
		0	30	60	90	
Mesophilic (log cfu/mL)	I*	2.14 ^{Ba}	3.19 ^{Aa}	3.21 ^{Aa}	3.27 ^{Aa}	2.95 ^a
	II**	1.48 ^{Cab est}	2.49 ^{ABab}	2.65 ^{ABa}	2.90 ^{Aa}	2.38 ^b
	III***	1.14 ^{Ab est}	1.58 ^{Ab est}	1.44 ^{Ab est}	1.05 ^{Ab est}	1.30 ^c
Thermophilic (log cfu/mL)	I*	2.52 ^{Ba}	3.01 ^{ABa}	3.12 ^{ABa}	3.92 ^{Aa}	3.14 ^a
	II**	1.25 ^{Cb est}	1.73 ^{Bb est}	2.09 ^{Bab}	2.60 ^{Ab}	1.92 ^b
	III***	1.16 ^{Ab est}	1.35 ^{Ab est}	1.12 ^{Ab est}	1.11 ^{Ac est}	1.19 ^c

A,B,C Means in the same row within a bacteria group with different superscripts are significant at $P \leq 0.05$

^{a,b} Means in the same column within a bacteria group with different superscripts are significant at $P \leq 0.05$

est: estimated value

* No addition of H₂O₂

** Addition of H₂O₂ to the scalding water at 0 min

*** Addition of H₂O₂ to the scalding water at 0, 30 and 60 min

Table III

Effects of different treatments of hydrogen peroxide on the number of aerobic bacteria on pork skin after dehairing

Bacteria	Treatment	Period (min)				Average
		0	30	60	90	
Mesophilic (log cfu/mL)	I*	6.02	5.63	6.06	5.97	5.92 ^a
	II**	5.24	5.27	5.54	5.53	5.39 ^b
	III***	6.18 ^A	5.57 ^{AB}	5.52 ^{AB}	5.12 ^B	5.60 ^{ab}
Thermophilic (log cfu/mL)	I*	2.17 ^B est	< 2.00 ^B est	2.38 ^B est	3.61 ^{Aa} est	2.54
	II**	2.49 est	< 2.00 est	2.26 est	< 2.00 ^b est	2.19
	III***	< 2.00 est	< 2.00 est	< 2.00 est	< 2.00 ^b est	< 2.00
Enterobacteriaceae (log cfu/mL)	I*	4.47 ^a	3.86 est	4.43 ^a	3.59 ^a est	4.09 ^a
	II**	2.63 ^{Bb} est	3.23 ^{AB} est	3.44 ^{Ab} est	3.36 ^{Aa} est	3.17 ^b
	III***	3.91 ^{Aa}	3.17 ^{AB} est	2.26 ^{Bc} est	2.32 ^{Bb} est	2.92 ^b
Psychrophilic (log cfu/mL)	I*	4.77	3.30 est	3.74 est	3.79	3.90 ^a
	II**	2.77 est	< 2.00 est	< 2.00 est	< 2.00 est	2.19 ^b
	III***	3.56 ^A	< 2.00 ^B est	< 2.00 ^B est	< 2.00 ^B est	2.39 ^b

A,B,C Means in the same row within a bacteria group with different superscripts are significant at P ≤ 0.05

^{a,b} Means in the same column within a bacteria group with different superscripts are significant at P ≤ 0.05
est: estimated value

* No addition of H₂O₂

** Addition of H₂O₂ to the scalding water at 0 min

*** Addition of H₂O₂ to the scalding water at 0, 30 and 60 min

showed a significant decrease in counts at both periods and when the values were averaged. Enterobacteriaceae and thermophilic bacteria were not detected during chilling (Table IV).

CONCLUSION

Periodic addition of H₂O₂ to the scalding water during each 30 min of continuous scalding decreased water counts of aerobic mesophilic and thermophilic bacteria. Enterobacteriaceae and psychrophilic bacteria groups did not seem to present a health hazard in the scalding water due to their lower values. The addition of H₂O₂ to the scalding water effectively decreased the pork skin microbial counts of all evaluated groups after dehairing. However, addition of H₂O₂ at each 30 min of continuous scalding is recommended for best results. During chilling, when H₂O₂ was added to the scalding water, lower bacteria loads were identified on pork skin. When carcasses are processed further into retail cuts, pork skin contamination can be disseminated to other surfaces (7). Therefore, addition of H₂O₂ to the scalding water is an excellent alternative to improve the quality of pork carcasses and minimize the further contamination which may occur on retail cuts.

Acknowledgments

This project was supported by the State of São Paulo Research Foundation (FAPESP), São Paulo, Brazil.

Table IV

Effects of different treatments of hydrogen peroxide on the total number of aerobic bacteria on pork skin at 0 and 24 h of chilling

Bacteria	Treatment	Period (h)		Average
		0	24	
Mesophilic (log cfu/100 cm ²)	I*	3.64 ^{Aa}	2.42 ^B	3.03 ^a
	II**	< 2.00 ^b est	< 2.00 est	< 2.00 ^b est
Psychrophilic (log cfu/100 cm ²)	I*	2.25 ^{Aa}	2.08 ^{Ba}	2.16 ^a
	II**	< 2.00 ^b est	< 2.00 ^b est	< 2.00 ^b est

A,B Means in the same row with different superscripts are significant at P ≤ 0.05

^{a,b} Means in the same column with different superscripts are significant at P ≤ 0.05
est: estimated value

* No addition of H₂O₂

** Addition of H₂O₂ to the scalding water at 30 min

REFERENCES

1. AOAC, 1995. Official methods of analysis, 16th Ed. Arlington, VA, USA, AOAC.
2. BERENDS B.R., VAN KNAPEN F., SNIJDERS J.M.A., MOSSEL D.A., 1997. Identification and quantification of risk factors regarding *Salmonella* spp. on pork carcasses. *Int. J. Food Microbiol.*, **36**: 199-206.
3. BONARDI S., BRINDANI F., PIZZIN G., LUCIDI L., D'INCAU M., LIEBANA E., MORABITO S., 2003. Detection of *Salmonella* spp. *Yersinia enterocolitica* and verocytotoxin - producing *Escherichia coli* O157 in pigs at slaughter in Italy. *Int. J. Food Microbiol.*, **85**: 101-110.
4. GILL C.O., BRYANT J., 1993. The presence of *Escherichia coli*, *Salmonella* and *Campylobacter* in pig carcasses dehairing equipment. *Food Microbiol.*, **10**: 334-337.
5. GILL C.O., JONES T., BRYANT J., BERENTON D.A., 2000. The microbiological conditions of the carcasses of six species after dressing at a small abattoir. *Food Microbiol.*, **17**: 233-239.
6. HUFMAN R.D., 2002. Current and future technologies for the decontamination of carcasses and fresh meat. *Meat Sci.*, **62**: 285-294.
7. KOTULA A.W., LUSBY W.R., CROUSE J.D., DE VRIES B., 1974. Beef carcass washing to reduce bacterial contamination. *J. Anim. Sci.*, **39**: 674-679.
8. LIMA E.S.C., PINTO P.S.A., DOS SANTOS J.L., VANETTI M.C.D., BEVILACQUA P.D., DE ALMEIDA L.P., PINTO M.S., DIAS F.S., 2004. Isolamento de *Salmonella* sp. e *Staphylococcus aureus* no processo do abate suíno como subsídio ao sistema de análise de perigos e pontos críticos de controle. *Pesq. vet. Bras.*, **24**: 185-190.
9. PEARCE R.A., BOLTON D.J., SHERIDAN J.J., MCDOWELL D.A., BLAIR I.S., HARRINGTON D., 2004. Studies to determine the critical control points in pork slaughter hazard analysis and critical control points systems. *Int. J. Food Microbiol.*, **90**: 331-339.
10. RAHKIO M., KOERKEALA H., 1992. Effect of pre-scalding brushing on contamination level of pork carcasses during the slaughtering process. *Meat Sci.*, **32**: 173-183.
11. REYNOLDS A.E., CARPENTER J.A., 1974. Bacterial properties of acetic and propionic acids on pork carcasses. *J. Anim. Sci.*, **38**: 515-519.
12. SAS, 1998. SAS user's guide statistics. Cary, NC, USA, SAS Institute.
13. TERPLAN G., WENZEL S., 1994. Surface count of fresh meat - hazardous or technically controlled. *Archiv Lebensmittelhyg.*, **45**: 51-55.
14. TROEGER K., 1994. Development of bacterial count in scalding water during slaughter. *Fleischwirtsch.*, **74**: 518-520.
15. TROEGER K., WOLTERS DORF W., 1988. Microbial contamination by scalding water of pig carcasses via the vascular system. *Fleischwirtsch.*, **68**: 1550-1552.

Accepté le 18.02.2010

Résumé

De Mello A.S. Jr., Roça R.O. Effet du peroxyde d'hydrogène dans le bac d'échaudage sur la numération microbienne cutanée des porcs

L'objectif de cette étude a été d'examiner l'effet du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) (50% v/v) sur les populations microbiennes en surface des carcasses de porc. Quarante-huit carcasses de porcs hybrides ont été analysées après épilation et trente pendant le refroidissement. Trois concentrations différentes de H₂O₂ ont été ajoutées à l'eau du bac d'échaudage (0,01, 0,05 et 0,1 p. 100 de la capacité totale du bac). Dans le traitement I, aucun ajout de H₂O₂ n'a été effectué ; dans le traitement II, H₂O₂ a été ajouté à 0 min ; dans le traitement III, H₂O₂ a été incorporé à 0, 30 et 60 min. Les traitements II et III ont réduit significativement la prolifération des bactéries thermophiles au niveau cutané après 30 min d'échaudage continu (P ≤ 0,05). Le traitement III a diminué le nombre d'entérobactériacées après 90 min d'échaudage (P ≤ 0,05). Pendant le refroidissement, ni entérobactériacée ni bactérie thermophile n'ont été détectées sur la peau des porcs, et H₂O₂ a abaissé la numération bactérienne mésophile et psychrophile (P ≤ 0,05). Cette étude a montré que l'addition du peroxyde d'hydrogène dans l'eau d'échaudage des carcasses diminuait la contamination microbienne cutanée des carcasses de porcs.

Mots-clés : Porcin – Abattage d'animaux – Peroxyde d'hydrogène – Contamination biologique – Hygiène de la viande – Brésil.

Resumen

De Mello A.S. Jr., Roça R.O. Efecto del peróxido de hidrógeno en el tanque de escaldado sobre el conteo microbiano en la piel de puerco

El objetivo del presente estudio fue el de investigar el efecto del peróxido de hidrógeno (H₂O₂) (50% v/v) sobre las poblaciones microbianas en la piel de puerco. Se analizaron 48 cerdos cruzados, después de pelados y enfriados durante 30 minutos. Se agregaron tres concentraciones diferentes de peróxido de hidrógeno al agua de escaldado (0,01, 0,05 y 0,1% de la capacidad total del tanque de escaldado). En el tratamiento I no se agregó H₂O₂, en el tratamiento II H₂O₂ se adicionó al minuto 0 y en el tratamiento III H₂O₂ se adicionó al minuto 0, 30 y 60. Ambos tratamientos II y III redujeron significativamente la proliferación de bacterias termofílicas en la piel de puerco después de 30 minutos de escaldado continuo (P ≤ 0,05). El tratamiento III disminuyó el conteo de enterobacterias después de 90 minutos de escaldado (P ≤ 0,05). Durante el enfriamiento, las enterobacterias y las bacterias termofílicas no se detectaron en la piel del puerco y el peróxido de hidrógeno bajó los valores de bacterias mesofílicas y psicrófilas (P ≤ 0,05). El presente estudio mostró que la adición de peróxido de hidrógeno al agua de escaldado disminuye la contaminación bacteriana de la piel de puerco.

Palabras clave: Cerdo – Sacrificio – Peróxido d'hidrógeno – Contaminación biológica – Higiene de la carne – Brasil.

Half a Century of Tsetse and Animal Trypanosomosis Control on the Adamawa Plateau in Cameroon

A. Mamoudou¹ A. Zoli¹ P. Van den Bossche²
V. Delespaux² D. Cuisance³ S. Geerts^{2*}

Keywords

Cattle – *Glossina* – Trypanosomosis – Insecticide – Insect control – Disease control – Cameroon.

Summary

The invasion of tsetse flies into the Adamawa plateau occurred in the 1950s and resulted in high mortality in cattle due to trypanosomosis and massive emigration of livestock owners from the infested regions. Three species of tsetse flies have been recorded: *Glossina morsitans submorsitans*, *G. fuscipes fuscipes* and *G. tachinoides*. Between 1960 and 1975 the Cameroonian Government organized large-scale trypanocidal treatment campaigns of cattle. Later on, tsetse control activities were initiated. Between 1976 and 1994, several aerial spraying campaigns were carried out which resulted in the clearance of 3,200,000 hectares of pastures. Unfortunately, reinvasion of tsetse flies in several cleared areas could not be avoided. To prevent reinvasion of tsetse flies from Koutine Plain (north of the Adamawa plateau), a barrier consisting of screens and traps was set in place. However, bush fires destroyed most of the screens and traps soon after deployment in 1994. Thereafter, the barrier was replaced by a program of insecticide treatments of cattle. Cross-sectional and longitudinal parasitological and entomological surveys in 2004-05 showed that the barrier of insecticide-treated cattle had succeeded in keeping the plateau relatively tsetse free. The incidence of trypanosomosis in cattle on the plateau was reported to vary between 0 and 2.1%. Recently, however, an alarmingly high prevalence of trypanocidal drug resistance was observed in the Faro and Deo division. Within the Pan-African Tsetse and Trypanosomosis Eradication Campaign (PATTEC), Cameroon is currently preparing a joint project with Chad, the Central African Republic and Nigeria to eradicate tsetse flies and trypanosomosis.

■ INTRODUCTION

The Adamawa plateau is located in the northern part of Cameroon; it covers more than 72,000 km² and is one of the ten provinces of Cameroon. There are five subdivisions in the Adamawa province (Djerem, Faro and Deo, Mayo Banyo, Mbere, and Vina) (Figure 1).

The rainy season lasts from March/April to October and most of the rainfall occurs between June and September. The Adamawa plateau is covered with savannah woodlands consisting of more than 90% of *Daniellia oliveri* and *Lophira lanceolata* (12). The most common grassland plants are *Isoperlinia* spp. and *Sporobolus africanus* (8). The environment is very suitable for intensive cattle rearing. The White Fulani or Akou and the Red Fulani or Djafoun are indigenous East African zebu breeds which arrived with transhumance and people immigration (2). The other breed known by its local name Gudali or Peul of Adamawa is an original breed of the province, more precisely from the Vina Division. The cattle are kept under traditional husbandry systems with communal herding. The husbandry practice is purely extensive with some public and private ranches. Occasionally, salt is offered to the animals. In the dry season many herds move (transhumance) from the plateau to the tsetse-infested valley (Koutine Plain).

1. University of Ngaoundéré, School of Medicine and Veterinary Sciences, Ngaoundéré, Cameroon.

2. Institute of Tropical Medicine, Animal Health Department, Nationalestraat 155, B-2000 Antwerp, Belgium

3. Gigean, France

* Corresponding Author

Tel.: +32 (0)3 247 62 62; Fax: +32 (0)3 247 62 68

E-mail: sgeerts@itg.be

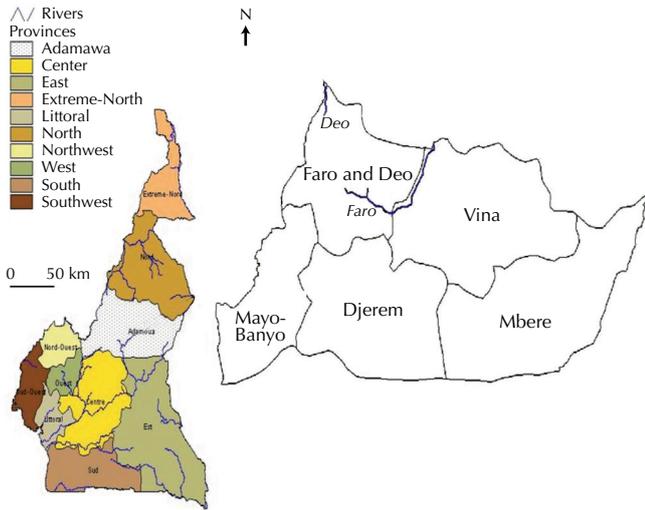


Figure 1: Map of the Adamawa province, Cameroon.

■ INVASION OF THE ADAMAWA PLATEAU BY TSETSE FLIES

The invasion – or increase in density – of *Glossina morsitans submorsitans* over the Adamawa plateau did occur around 1950 (Table I). Three species of tsetse flies have been recorded: *Glossina m. submorsitans*, *G. fuscipes fuscipes* and *G. tachinoides* (1, 10). At that time, about 40% of the national cattle herd was stocked on the Adamawa plateau (1). The important impact of this invasion by tsetse flies on the cattle industry is easily discernable. The disastrous effect of the infested areas on the economy was of course immediate and far reaching. Livestock owners suffered considerable losses when production parameters such as fertility, birth rate and weight gain dropped steadily while mortality rates rose in alarming proportions (1). Following this disastrous situation, there was massive emigration from the infested regions. This exodus created a communal disaster in the area. In Tignere, the most affected district, the cattle population dropped from 300,000 before the tsetse invasion to 35,000 (1). In the 1970s, there were almost no cattle present anymore in Tignere area (3).

Table I

Key dates in the history of tsetse and trypanosomosis control in the Adamawa

1950	Invasion of tsetse flies
1960-75	Mass treatment of cattle with trypanocides
1976-94	Aerial spraying campaigns
1993-94	Creation of a barrier against re-invasion
Dec. 1994	Bush fire destroys barrier
1995-present (2009...)	Insecticide-treated cattle act as a barrier
2005	Alarming high level of trypanocidal drug resistance reported
2009	Preparation of a regional program to eradicate tsetse and trypanosomosis

■ 1960-75: MASS TREATMENT CAMPAIGNS OF CATTLE WITH TRYPANOCIDES

In order to control this disastrous situation, a biannual anti-trypanosomosis campaign was instituted (from 1960 to 1975) by the government in the affected regions of the Adamawa and in the North and East Cameroon. These campaigns provided preventive treatment at the start of the transhumance and curative treatment upon return or in the case of illness (9). These mass treatments alone consumed an average of 600,000 doses of isometamidium chloride (Trypanidium[®], Rhone-Mérieux) (currently Merial) and 300,000 doses of diminazene aceturate (Berenil[®], Hoechst) annually (1). In 1967, with the objective of controlling the vectors of trypanosomosis, a tsetse control unit was created in the far northern part of the country. This unit launched a ground-spraying campaign with dichlorodiphenyl trichloroethane (DDT) (1). Under the auspices of Lake Chad Basin Commission the operational capacities of the unit were intensified through a regional project between Cameroon and Nigeria (1970-1974). To reinforce the vector component of the fight against bovine trypanosomosis, the government created a specialized service in the Ministry of Livestock charged with tsetse eradication in 1974, the so-called 'Mission spéciale pour l'éradication des glossines' (MSEG or Special Unit for Tsetse Eradication). The unit headquarter was in the priority cattle production center of Ngaoundere in the Adamawa highlands.

■ 1976-1994: LARGE-SCALE AERIAL SPRAYING CAMPAIGNS USING HELICOPTERS

Spraying campaigns

The Adamawa highlands' campaign benefited from two years of entomological investigations before the spraying operations. Following the results of these entomological surveys, 8000 km² of pastures were identified for helicopter spraying, but subsequent findings increased the area to about 10,000 km² (1). The use of helicopters was necessary because of the broken inaccessible terrain. The first helicopter spraying campaign took place in the dry season 1976-77. During three campaigns since then an area of about 5700 km² altogether was reclaimed. About 500 km² out of this area were sprayed twice due to persistent fly pockets or re-invasion of tsetse (22). At the end of 1979, the area treated on the Adamawa plateau was about 10,000 km² (22). From 1977 until 1987, more than 21,000 km² were treated with a total cost of 30,290,000 US\$ financed by the World Bank, FAO, the German Agency for Technical Cooperation (GTZ), and the Government of Cameroon (7).

Entomological surveys indicated a re-infestation of about 1000 km² in 1988 (4, 5). Therefore, another aerial spraying campaign was launched in March 1989. The 1991 MSEG annual report confirmed the re-infestation of more than 3000 km² in the Faro and Deo Division. In 1991-92 and 1994, two aerial spraying campaigns cleared more than 4000 km² of the tsetse re-infested land (6). After eighteen years (1976-1994) of tsetse control activities using aerial spraying, 3,200,000 ha of pastures had been cleared (18). Three pyrethroids were used during these campaigns: Deltamethrin ULV[®] (3.2 g/L), Fendena[®] (alphacypermethrin: 6 g/L) and Solfac[®] (cyfluthrin: 7.5 g/L). The only organochloride compound used was Thiodan ULV[®] (endosulfan: 25 g/L).

Re-invasion of sprayed areas and tsetse dispersion

In 1989, after fourteen years of aerial spraying campaigns, tsetse flies were cleared in the major part of the Adamawa plateau. However, in some areas re-invasion of tsetse was difficult to prevent because of the reasons described hereafter (5).

Access difficulty of some areas

Some regions of the Adamawa plateau are difficult to access due to a network of rivers and ravines (58). Another factor, which affected the efficiency of the helicopter, is the hilly terrain in the Adamawa highlands. Numerous steep hills with deep river beds are difficult or dangerous to spray even with a helicopter. Furthermore, in order to avoid water pollution, insecticides were not sprayed near water courses (22). Finally, even when insecticides were applied, they did not always reach the resting sites of *G. m. submorsitans*.

Persistence of the insecticides used

In order to follow up the ecological recommendations and the limited choice imposed by the World Bank, four insecticide products were used separately or in association. However, due to the length of the rainy season in the Adamawa, the insecticides used should have had a persistence of at least two months (6). This was not always the case. Particularly with Solfac[®], tsetse flies were detected shortly after spraying (18), which meant that the adult fly population was probably decimated, but that there was a limited effect on the cohorts of flies which were present as pupae in the ground and which still had to emerge.

Movement of cattle herds between infested and cleared areas

Cattle markets and transhumance are potentially dangerous activities, which are not always compatible with the goal of tsetse eradication (5). Since there were a lot of commercial exchanges of cattle between the markets of Tchabal, Mbabo and Banyo, the cattle herds had to pass through tsetse re-invaded zones which increased the risks of introducing tsetse flies into cleared zones (3). Similar risks are associated with the transhumance. At the beginning of the dry season the Ministry of Livestock, Fisheries and Animal Industries (MINEPIA) usually organizes the departure of the herds into transhumance from the cleared into the infested zone (Koutine Plain). Cattle are supposed to be treated with isometamidium before departure. The return of the herds takes place at a particular fixed date after the curative treatment of animals and compulsory individual spraying with Butox[®] at the post of Woulde or Sadeck (by MSEG staff). In 1990, however, because of the increasing pressure of tsetse during the end of the dry season and at the beginning of the rains, cattle owners liked to return faster and secretly (without insecticide treatment) from the infested plain to the plateau. This obviously resulted in the introduction of tsetse onto the plateau.

Tsetse invasion via roads

The road from Tignere to Kontcha constitutes "a privileged way" for tsetse to penetrate the cleared zone. This track is an important road in the dry season. It crosses the highly infested zone of Koutine Plain. The highest tsetse threat originates from the forest area where the flies have never been controlled and which borders the tsetse-infested game reserves of Faro (2, 6). Vehicles climb the cliff at a slow speed allowing tsetse to follow them (attraction by mobile objects) and to be carried into the cleared zone. In spite of limited resources, MSEG maintained the Sadeck checkpoint on top of the cliff where vehicles are inspected and sprayed (dieldrin) by two agents. Between 5 and 20 tsetse were caught every month on vehicles depending on the season, which is an indication of the potential role this road played in the re-invasion phenomenon (5). Rogers and Randolph (21) reported that, in theory, only one pregnant female tsetse needs to cross any barrier once to re-establish a population of flies. Sadeck and Garbaya checkpoints are separated by two river networks, one of which was highly infested. Forest galleries being very close, tsetse easily gained altitude, mainly where galleries were dense and water was abundant (5).

Problems with re-invasion barriers

Various methods can be employed to reduce the re-invasion of tsetse flies. In general, the aim of each tsetse control campaign should be to finish each phase at an easily defendable line (buffer zone or barrier), which may be either natural or man-made (23). A chronic lack of financial resources during the last four years of the program did not allow MSEG to play its role in clearing some re-invaded zones and in the protection of the clean zone against re-invasion (4, 5). Moreover, barriers can be made efficient, but can never guarantee total success against re-invasion; movements across barriers commonly occur and are frequently associated with animals, humans or vehicles (21).

■ 1993-1994: CREATION OF A RE-INVASION BARRIER

In 1990, Cuisance and Boutrais (6) proposed to combine the use of screens and traps barriers with insecticidal treatment of cattle herds in the buffer zone (Figure 2) as barriers against re-invasion from the north. However, the reduction of MSEG's funding did not allow the implementation of this recommendation until 1993. In 1993, with limited resources due to the suspension of an International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) loan, a barrier was created on a small scale using 1014 screens impregnated with deltamethrin (28 March - 29 May 1993). Each of the three defense lines consisted of two rows (sometimes four) of screens impregnated with insecticides at an interval of 50-100 m. On each row, the screens were placed at 150 m interval. Inside each row, insecticide-impregnated biconical traps were added to reinforce the barriers (traps are more attractive than screens for some of the tsetse species present). From December 1993 onwards, about 3500 screens and 140 traps were progressively deployed along open tracks. In June 1994, sentinel traps were put in place and 23 fly rounds were organized in order to assess the efficacy of these barriers. To increase the efficiency of screens and traps two olfactory products (octenol and acetone) were used.

All screens and traps were impregnated with K-Othrin[®] (deltamethrin) by soaking and were retreated twice by pulverization

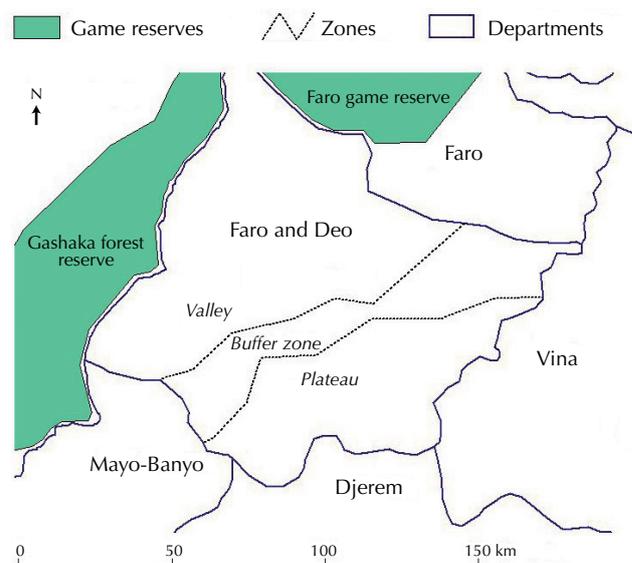


Figure 2: Map of the study area indicating the three zones (valley, buffer zone and plateau) of the Faro and Deo Division, Adamawa, Cameroon.

between December 1993 and July 1994. Deployment of the barriers took almost one year (December 1993 to December 1994). According to Cuisance (5) the barriers were effective and played a non-negligible role in preventing re-invasion of tsetse. The efficacy of the barriers was confirmed by some livestock owners who stated that without the barriers livestock keeping would not be possible. Indeed, only one tsetse was found inside the barrier, while at a distance of some meters of the first rows of screens, many flies were captured (6).

Unfortunately, in the absence of local branches, MSEG had to manage the maintenance of this barrier from Ngaoundere, with a limited follow-up as a result (6). As a consequence, thefts and degradation of screens and traps were reported from 1993 onwards (18). In the absence of monitoring teams, clearing of the vegetation in the immediate surroundings of screens and traps was not conducted. In December 1994, about 90% of the barrier was destroyed by a bush fire during the dry season. The loss was estimated at about 28,300,000 FCFA (43,300 €). Besides economic losses, this massive destruction demoralized the senior staff and technicians who had worked hard to order the material, install it and make the barrier work efficiently (6).

■ SITUATION AT THE END OF 1994

At the end of the tsetse eradication campaigns in 1994, the territory was divided into the following three zones from South to North (Figure 2):

- the plateau, which was cleared of most tsetse flies (*G. m. submorsitans*) in 1994, with the exception of some small pockets. Large ranches with big cattle herds were present on the plateau. There was only limited transhumance to the tsetse-infested valley in the dry season and, if it occurred, often only involving part of the herds. Cattle were regularly dipped with insecticides during the rainy season;
- the buffer zone, designated by MSEG as a barrier to tsetse invasion from the valley to the Adamawa plateau (3). After the destruction of the screens and traps barrier it was advised that all stationary herds should be treated regularly with insecticides (pyrethroids). According to MSEG and the authors' observations, insecticides (sprays, pour-on applications for breeders, dipping for ranches) were used frequently although the treatment frequency varied according to the breeder's financial resources. Some treated all year round while others treated only during the dry or the rainy season. The most commonly used products were pyrethroids (Butox[®], Cypermil[®], Didétéki[®], Ectopor[®] and Eradick[®]);
- the valley. Koutine Plain is an agricultural zone where the cattle keepers of the plateau and some herds from neighboring Nigeria spend the dry season (transhumance). The highest tsetse threat originates from the forest area where the flies have never been controlled. This forest area borders the tsetse-infested game reserves of Faro (3). In the West, the valley is bordered by the tsetse-infested Gashaga reserve forest in Nigeria (Figure 2). In 1994, *G. m. submorsitans*, *G. fuscipes fuscipes* and *G. tachinoides* were present in the valley. *G. m. submorsitans* was present in the buffer zone and on the plateau (6).

■ 2004 – 2009

From 1994 until 2003 no entomological or parasitological surveys were carried out. In 2003, however, a project (funded by the Flemish Inter-University Council) was launched to assess the situation in the Faro and Deo division ten years after the end of the eradication campaigns. Cross-sectional and longitudinal entomological

and parasitological surveys were carried out in the three zones of the study area (valley, buffer and plateau) during 2004-2005.

The results indicated that the monthly incidence of trypanosomosis on the plateau was still relatively low (0–2.1%). This finding agrees with the observation that no tsetse flies were detected on the plateau. In the valley and the buffer zone, however, the trypanosomosis incidence varied between 3.7 and 20%, and 1.8 and 13.4%, respectively. Tsetse flies, mainly *G. m. submorsitans* and a few *G. tachinoides* were caught in the buffer zone and in the valley (15). These data clearly show that there is a significantly lower risk of infection on the plateau than in the buffer zone or the valley. This suggests that the impact of the tsetse eradication campaigns is still present.

More comprehensive entomological surveys in 2005 confirmed the absence of tsetse flies on the plateau, whereas *G. m. submorsitans* was present in the valley and the buffer zones, and *G. tachinoides* only in the valley (14). In the valley, the index of apparent abundance of tsetse flies was substantially higher in the areas close to the game reserves than in the transhumance area. In the transhumance area of the valley, the abundance of tsetse seemed to be associated with the presence of cattle with the highest index of apparent abundance recorded during the dry season when cattle were present and the lowest during the rainy season when cattle had moved onto the plateau. (14).

In 2005, the presence of trypanosome strains resistant to isometamidium chloride and diminazene aceturate was reported for the first time in Cameroon. Two different techniques were used: a field test (isometamidium-block treatment) and the standard mouse test (16). Later on, a survey using molecular tools to assess the prevalence of drug resistant trypanosome populations in cattle of the Faro and Deo Division showed that all of the 25 examined *T. congolense* isolates, and 3 out of 13 *T. brucei* isolates were resistant to diminazene aceturate. Using the single dose mouse test, all of the 14 tested *T. congolense* isolates and 3 out of 13 *T. brucei* isolates were shown to be resistant to isometamidium. Resistance to both trypanocidal drugs is thus widespread in the study area (13). It remains to be examined, however, whether multiple drug resistance is present at the level of the cloned individual trypanosome.

The information collected between 2004 and today has important implications for managing the tsetse and trypanosomosis risk in the area. The following recommendations can therefore be made:

- the regular insecticide treatment of all cattle herds in the buffer zone should be continued to prevent re-invasion of the plateau by tsetse flies;
- a mandatory insecticide treatment scheme at the time of transhumance (which had been initiated by the Government long ago already) should be continued;
- sensitization campaigns should be organized to encourage livestock keepers to improve their tsetse control activities, to promote rational trypanocidal drug use and to apply correct dosages of trypanocides or seek appropriate support from professional veterinary services;
- to delay further development of drug resistance, the use of trypanocidal drugs on the plateau and in the buffer zone should be reduced as much as possible by avoiding mass treatments at the onset and at the end of transhumance and by limiting treatments to animals which really need it, i.e. sick and anemic (PCV < 20) cattle;
- the quality of generic trypanocides available in the Adamawa should be controlled by the government. It is well known that substandard drugs which contain subtherapeutic concentrations of active ingredients contribute substantially to the development of drug resistance.

■ FUTURE PROSPECTS

The Pan-African Tsetse and Trypanosomiasis Eradication Campaign (PATTEC) was launched in 2000 by the African Heads of States. The PATTEC action plan (11) seeks to apply area-wide principles to eliminate each pocket of tsetse infestation at a time. It would thus create a series of tsetse-free zones that can eventually be linked over a much larger area with the ultimate goal to eradicate tsetse from the African continent. Cameroon, in collaboration with Chad, the Central African Republic and Nigeria, is currently preparing a plan for a regional tsetse eradication program. The benefits of this large-scale control program are expected to be high

for Cameroon and the region and may result eventually in a permanent solution for the tsetse and trypanosomosis problem on the Adamawa plateau.

Acknowledgments

This study was carried out with the financial support of the Flemish Interuniversity Council within the framework of a collaborative project between the University of Dschang, the University of Antwerp and the Institute of Tropical Medicine, Antwerp. We would like to thank Dr H. Hamadama, Head of MSEG, for providing research facilities.

REFERENCES

- BANSER J.T., 1979. The evolution of tsetse and trypanosomiasis control in Cameroon. In: Proc. 16th International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control. Yaoundé, Cameroon, ISCTRC, p. 459-461.
- BOUTRAIS J., 1978. Deux études sur l'élevage en zone tropicale humide (Cameroun). Paris, France, Orstom, 194 p. (Travaux et documents n° 88)
- BOUTRAIS J., CUISANCE D., 1995. Les éleveurs de la zone tampon au nord de l'Adamaoua (Cameroun). Rapport de mission. Maisons-Alfort, France, Cirad-emvt, 59 p.
- CUISANCE D., 1989. La lutte contre les glossines dans l'Adamaoua (Cameroun). Compte-rendu de situation en février 1989 et propositions de programme. Maisons-Alfort, France, Cirad-lemvt, 33 p.
- CUISANCE D., 1991. Lutte contre les glossines dans l'Adamaoua (Cameroun). Bilan de la situation et recommandations. Maisons-Alfort, France, Cirad-lemvt, 53 p.
- CUISANCE D., BOUTRAIS J., 1995. Evaluation de la situation et de la stratégie de lutte contre les glossines et les trypanosomoses dans l'Adamaoua (Cameroun). Rapport de mission. Maisons-Alfort, France, Cirad-emvt, 63 p.
- CUISANCE D., TACHER G., CLAIR M., NDOKI N.N.J., MULLER P., 1987. Lutte contre les glossines. Bilan et perspectives. Yaoundé, Cameroun, ministère de l'Elevage, des Pêches et Industries animales, 289 p. (CMR 85/004)
- DE WISPELAERE G., 1994. Contribution of satellite remote sensing to the mapping of land use and of potential *Glossina* biotopes. Case study of the Adamawa plateaux in Cameroon. Rome, Italy, FAO, p. 74-89. (Animal production and health, No 121)
- HAMADAMA H., 2001. Rapport sur la situation de la trypanosomose animale au Cameroun. In : FAO Réunion des coordinateurs chargés du contrôle de la trypanosomose africaine en Afrique centrale et en Afrique de l'Ouest, Ouagadougou, Burkina Faso. Rome, Italie, FAO.
- HURAUULT J., 1993. Comment a été vécue à Banyo et à Tibati la crise résultant de l'invasion des glossines (1990-1991). Rapport de mission. Yaoundé, Cameroun, Minepia, 53 p.
- KABAYO J.P., 2002. Aiming to eliminate tsetse from Africa. *Trends Parasitol.*, **18**: 473-475.
- LETOUZEY R., 1969. Etude phytogéographique du Cameroun. Paris, France, Le Chevalier, 513 p.
- MAMOUDOU A., DELESPAUX V., CHEPNDA V., HACHIMOU Z., ANDRIKAYE J. P., ZOLI A., GEERTS S., 2008. Assessment of the occurrence of trypanocidal drug resistance in trypanosomes of naturally infected cattle in the Adamawa region of Cameroon using the standard mouse test and molecular tools. *Acta Trop.*, **106**: 115-118.
- MAMOUDOU A., ZOLI A., HAMADAMA H., BOURDANNE, ABAH S., GEERTS S., ZESSIN K.-H., KYULE M., VAN DEN BOSSCHE P., 2008. Seasonal distribution and abundance of tsetse flies (*Glossina* spp.) in the Faro and Deo division of the Adamawa Plateau in Cameroon. *Med. vet. Entomol.*, **22**: 32-36.
- MAMOUDOU A., ZOLI A., MBAHIN N., TANENBE C., BOURDANNE, CLAUSEN P.-H., MARCOTTY T., VAN DEN BOSSCHE P., GEERTS S., 2006. Prevalence and incidence of bovine trypanosomosis on the Adamawa plateau in Cameroon ten years after the tsetse eradication campaign. *Vet. Parasitol.*, **142**: 16-22.
- MAMOUDOU A., ZOLI A., TANENBE C., ANDRIKAYE J.P., BOURDANNE, MARCOTTY T., DELESPAUX V., CLAUSEN P.-H., GEERTS S., 2006. Evaluation sur le terrain et sur souris de la résistance des trypanosomes des bovins du plateau de l'Adamaoua au Cameroun à l'acéturate de diminazène et au chlorure d'isométramidium. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **59**: 11-16.
- MSEG, 1993. Annual report 1993. Ngaoundéré, Cameroun, Mission spéciale d'éradication des glossines, 38 p.
- NDOKI J.J.W., 1994. Annual report 1994. Ngaoundéré, Cameroun, Mission spéciale d'éradication des glossines, 59 p.
- PACE, 2005. Rapport du Programme national de contrôle des épizooties animales, délégation départementale du ministère de l'Elevage de Faro et Déo. Yaoundé, Cameroon, Pan-African Programme for the Control of Epizootics, 18 p.
- PNVRA, 2001. Rapport de la délégation départementale du ministère de l'Agriculture du Faro et Déo. Yaoundé, Cameroun, Projet national de vulgarisation agricole, 22 p.
- ROGERS D.J., RANDOLPH S.E., 2002. A response to the aim of eradicating tsetse from Africa. *Trends Parasitol.*, **18**: 534-536.
- SCHOLZ E., 1979. Tsetse fly eradication by means of helicopters in the Adamawa Highlands, Cameroon. In: 16th International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control. Yaoundé, Cameroon, ISCTRC, p. 443-444.
- WORLD BANK, 1987. The African trypanosomiasis methods and concepts of control and eradication in relation to development. Washington, DC, USA, World Bank, 107 p. (Paper No 4)

Accepté le 16.02.2010

Résumé

Mamoudou A., Zoli A., Van den Bossche P., Delespaux V., Cuisance D., Geerts S. Un demi-siècle de lutte contre la mouche tsé-tsé et les trypanosomoses animales sur le plateau de l'Adamaoua au Cameroun

L'invasion des glossines sur le plateau de l'Adamaoua se situe dans les années 1950 et a entraîné une mortalité élevée des bovins à cause de la trypanosomose et des émigrations massives des éleveurs de la zone infestée. Trois espèces de mouches tsé-tsé ont été relevées : *Glossina morsitans submorsitans*, *G. fuscipes fuscipes* et *G. tachinoides*. Entre 1960 et 1975, le Gouvernement camerounais a organisé des campagnes de traitement aux trypanocides de masse du bétail. Des activités de lutte contre les glossines ont ensuite été initiées. Entre 1976 et 1994, plusieurs campagnes régulières de pulvérisation aérienne ont été réalisées aboutissant à l'assainissement de 3 200 000 hectares de pâturage. Malheureusement des réinvasions ponctuelles de la mouche tsé-tsé dans la zone assainie n'ont pas pu être évitées. Afin de prévenir la réinvasion des glossines à partir de la plaine de Koutine (au niveau du plateau de l'Adamaoua), des barrières constituées de pièges et d'écrans ont été créées. Cependant des feux de brousse ont détruit la plupart des pièges et de écrans peu après leur mise en place en 1994. Ils ont alors été remplacés par un programme de traitements insecticides du bétail. Des enquêtes transversales et longitudinales parasitologiques et entomologiques en 2004 et 2005 ont montré que la barrière constituée de bétail traité aux insecticides avait réussi à maintenir le plateau relativement indemne de glossines. L'incidence de la trypanosomose enregistrée chez le bétail du plateau variait entre 0 et 2,1 p. 100. Cependant une prévalence élevée inquiétante de résistance aux produits trypanocides a été rapportée récemment dans le département du Faro et Déo. Dans le cadre de la campagne panafricaine d'éradication des mouches tsé-tsé et des trypanosomoses (Pattec), le Cameroun est actuellement en train de préparer un projet commun avec le Tchad, la République d'Afrique centrale et le Nigeria pour éradiquer les mouches tsé-tsé et les trypanosomoses.

Mots-clés : Bovin – *Glossina* – Trypanosomose – Insecticide – Lutte anti-insecte – Contrôle des maladies – Cameroun.

Resumen

Mamoudou A., Zoli A., Van den Bossche P., Delespaux V., Cuisance D., Geerts S. Medio siglo de control de la tse-tse y la tripanosomosis animal en la meseta de Adamaoua en Camerún

La invasión de las moscas tse-tse en la meseta de Adamaoua se dió en 1950 y resultó en una alta mortalidad de ganado debida a la tripanosomosis y a la emigración masiva de dueños de ganado de zonas infestadas. Se han registrado tres especies de moscas tse-tse: *Glossina morsitans submorsitans*, *G. fuscipes fuscipes* y *G. tachinoides*. Entre 1960 y 1975 el gobierno camerunés organizó, a gran escala, campañas de tratamiento tripanocida en el ganado. Luego, se iniciaron actividades para el control de la tse-tse. Entre 1976 y 1994, se llevaron a cabo varias campañas aéreas de rociado, las cuales resultaron en la limpieza de 3 200 000 ha de pastizales. Desafortunadamente, la reinvasión de moscas tse-tse en varias zonas limpias no pudo evitarse. Para prevenir la reinvasión de las moscas tse-tse desde la meseta de Koutine (norte de la meseta de Adamaoua), se puso en obra una barrera consistente de blancos y trampas. Sin embargo, fuegos forestales destruyeron la mayoría de los blancos y trampas poco tiempo después de ser puestos en 1994. Desde entonces, la barrera ha sido reemplazada por un programa de tratamientos insecticidas del ganado. Encuestas longitudinales y transversales, parasitológicas y entomológicas, entre 2004 y 2005, mostraron que la barrera de ganado tratado con insecticida ha logrado mantener la meseta relativamente libre de tse-tse. La incidencia de tripanosomosis en el ganado de la meseta fue reportada como variando entre 0 y 2,1%. Sin embargo, recientemente se observó una prevalencia alarmantemente alta de resistencia a drogas tripanocidas en la división de Faro y Deo. En el seno de la Campaña pan africana de erradicación de la tripanosomosis y de la mosca tse-tse (PATTEC), Camerún está actualmente preparando un proyecto conjunto con Chad, la República Centroafricana y Nigeria, para erradicar las moscas tse-tse y la tripanosomosis.

Palabras clave: Ganado bovino – *Glossina* – Tripanosomosis – Insecticida – Control de insecto – Control de enfermedades – Camerún.

Production laitière dans la zone sylvopastorale du Sénégal : étude des facteurs de variation et modes de gestion par les populations locales

A.T. Diop¹* A. Ickowicz² M. Diène³ J.C. Nzimulinda⁴

Mots-clés

Production laitière – Biomasse – Pâturage – Teneur en eau – Télédétection – Sénégal.

Résumé

Dans la région sahélienne du Sénégal, la production laitière des systèmes pastoraux connaît des variations interannuelles et intra-annuelles du fait que l'alimentation du cheptel est basée presque exclusivement sur les ressources naturelles. Les études menées à partir d'un dispositif de suivi dans les campements d'éleveurs et en station, et des données de la société Nestlé ont montré que la production laitière était fortement liée à la date de démarrage de la collecte, mais faiblement à la pluviométrie totale. La relation entre la production laitière totale et les indices de végétation normalisés (NDVI) était de type polynomial. Le pic de la production a été atteint au moment où la teneur en eau des fourrages a été de 70 p. 100. Des enquêtes auprès de pasteurs (hommes et femmes) appartenant à différentes ethnies et résidant dans les différents sous-systèmes de production (Walo, Djoloff et Ferlo) ont indiqué que la durée de lactation, le nombre de vaches et les espèces animales ont constitué les principaux facteurs de variation de la production laitière. En fonction de l'ethnie à laquelle ils appartenaient, différents acteurs ont été responsables de la gestion du lait. Le caillage et l'extraction du beurre ont constitué les deux modes de conservation, et cinq types de calebasses ont été utilisés lors du processus. Les produits laitiers occupaient encore une place importante dans les revenus agricoles et le lait caillé écrémé était le produit le plus commercialisé.

■ INTRODUCTION

Dans les régions sahéliennes d'Afrique où l'élevage est conduit principalement selon le mode extensif, la production laitière joue un rôle très important notamment chez les populations peules, comme celles de la zone sylvopastorale (ZSP) du Sénégal. Elle est la base de l'alimentation des populations qui en tirent aussi d'importants revenus (2, 4). Plusieurs études axées sur l'aptitude laitière des races bovines locales (zébu Gobra) et introduites

(Guzéra, Pakistanais, Montbéliard, etc.) à produire du lait ont été réalisées en station de recherche (6-9, 16, 17, 26). D'autres études menées dans les campements (4, 15) ont permis de décrire les fluctuations de cette production selon les saisons et leur exploitation par les populations.

Avec le développement des centres urbains, le lait est acheminé depuis les zones pastorales sous différentes formes (frais, caillé, beurre de vache) pour être commercialisé. Malgré la compétition de la poudre de lait importée, sa contribution à l'approvisionnement des villes est de plus en plus importante, notamment à travers la mise en place de ceinture laitière périurbaine et l'amélioration des possibilités de transport. Avec ce nouveau dynamisme qui caractérise la production laitière, il est nécessaire de mieux comprendre les relations qui la lient aux facteurs environnementaux. Une analyse plus fine des modes de gestion des produits laitiers issus des systèmes pastoraux devrait aussi permettre d'assurer une meilleure contribution à la demande nationale en lait.

1. Isra-Lnerv / PPZC, BP 2057, Dakar Hann, Sénégal.

2. Cirad, UMR Elevage des ruminants en régions chaudes, Montpellier, F-34398 France.

3. SRA/CRZ, Dahra, Sénégal.

4. UCAD/ISE, Dakar, Sénégal.

* Auteur par correspondance

Tél. : +221 832 56 15 ; fax : +221 832 36 79

E-mail : amtadiop@orange.sn

Les objectifs de la présente étude ont été, d'une part, d'avoir une meilleure connaissance de la dynamique de production laitière en fonction de l'état des ressources fourragères et en eau et, d'autre part, d'analyser les systèmes de gestion des produits laitiers à la suite des tentatives d'amélioration techniques et économiques initiées par différentes organisations.

■ MATERIEL ET METHODES

Cadre d'étude

La zone sylvopastorale constitue une des régions agroécologiques du Sénégal (figure 1). Elle est située dans la partie sahélienne selon la classification d'Aubreville (1). La moyenne pluviométrique annuelle sur l'ensemble de la ZSP a baissé de 414 mm, entre 1951 et 1970, à 270 mm, entre 1971 et 1990, pour remonter à 288,3 mm, entre 1991 et 2001. Dans la période entre juin et octobre 98,5 p. 100 des pluies sont enregistrées et le mois d'août est le plus humide de l'année, deux années sur trois.

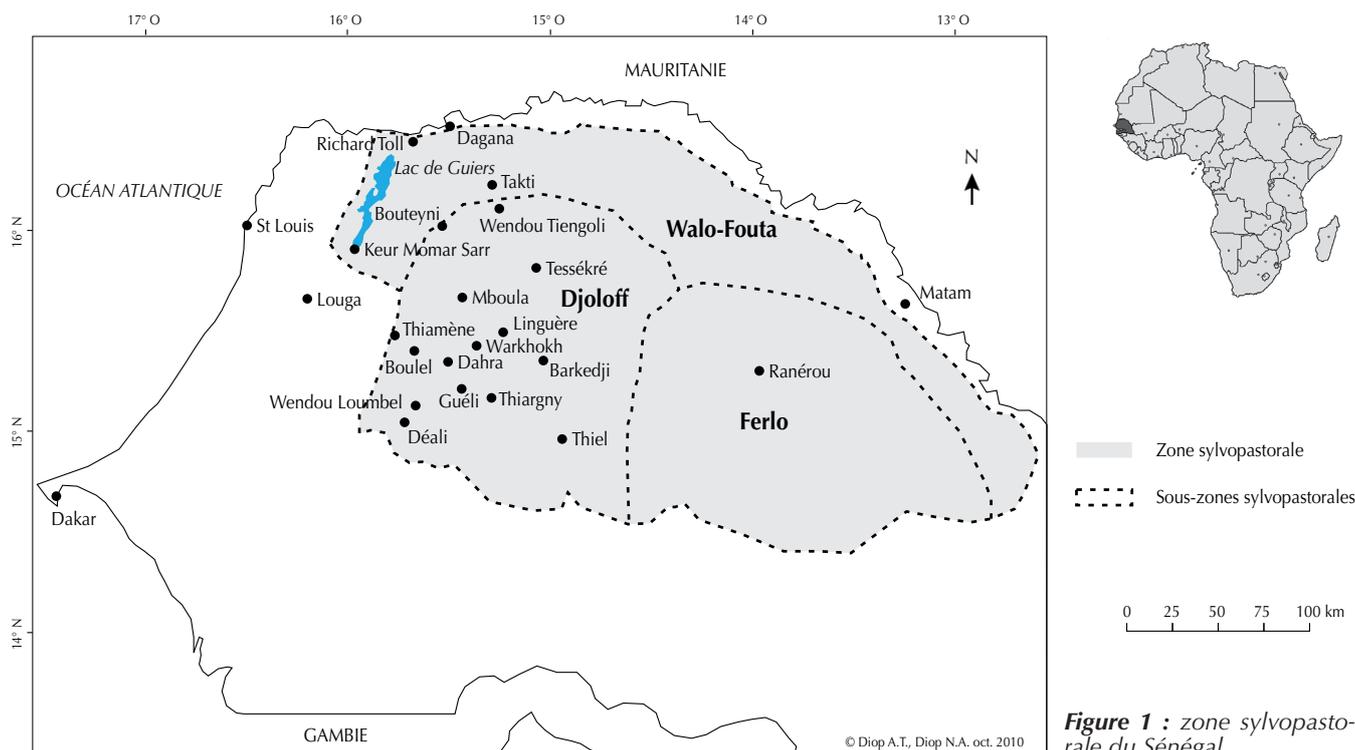
La végétation est une steppe arbustive composée d'un tapis herbacé à dominante d'espèces annuelles et d'une strate arbustive peu dense (27, 28). La biomasse herbacée est à son maximum à la fin de la saison des pluies (de la mi-septembre à début octobre). Elle varie selon les années de 100-200 à 2 000-3 000 kg de matière sèche/hectare (19). Le dessèchement progressif sur pied entraîne une perte de la valeur nutritive avec une disparition progressive de l'azote digestible en saison sèche (14). Les mares constituent la principale source d'abreuvement du cheptel et des humains en saison des pluies (4). En saison sèche, ce sont les puits mais surtout les forages qui sont fréquentés.

Les Peuls y sont dominants, suivis des Oulofs, puis des Maures. Mais de plus en plus de Sérères agropasteurs quittent le bassin arachidier pour s'y installer. L'élevage constitue l'activité première. Par exemple, dans la zone de Thiel, il représente 75,9 p. 100 des revenus des ménages ; il est suivi des activités agricoles (20,6 p. 100) et forestières (0,4 p. 100) (10). Il fournit une part

importante des productions animales du Sénégal avec 35 p. 100 de l'effectif national de bovins et 50 p. 100 des petits ruminants (21). Les bovins sont essentiellement des zébus peuls (race Gobra). D'autres races locales comme les zébus Maures et des races exotiques comme les Pakistanais et les Guzéra y sont aussi rencontrées.

Les troupeaux bovins comprennent entre 72 et 75 p. 100 de femelles (4, 12). L'âge à la première mise bas est en moyenne de 4,4 ans. L'intervalle entre vêlages est en moyenne de 22,4 mois. La plupart des naissances ont lieu de la fin de la saison sèche au début de la saison des pluies (mai, juin et juillet). La durée de gestation de la vache Gobra est de 293 jours. La moyenne du poids des animaux croît régulièrement avec l'âge de 5 à 12 ans, mais elle est moins représentative à partir de 13 ans (12). La production laitière totale moyenne de la femelle Gobra est de 400 à 500 kg au cours d'une lactation qui ne dépasse pas 5 à 6 mois. Chez les Pakistanaises, elle est de $1\,147 \pm 126$ kg pour une durée de lactation moyenne de 8 mois (9).

La complémentation des animaux avec des aliments concentrés était pratiquement inconnue jusqu'à la grande sécheresse de 1972-1973 (22). Elle s'est développée avec les activités de la Société de développement de l'élevage en ZSP (Sodesp). Les produits laitiers constituent un élément essentiel de l'alimentation des populations (3). Le lait est consommé frais avec le couscous (à base de mil et, de plus en plus, de riz), mais aussi sous forme de caillé (*kossam kadam* = produit de la fermentation du lait du fait de la présence naturelle de bactéries lactiques dans le milieu) (20). La matière grasse est souvent récupérée pour faire du beurre. A partir de 1991, la société Nestlé Sénégal a lancé un programme de collecte de lait dans sept localités (Boulal, Warkhokh, Déali, Thiargny, Guéli, Thiamène, Wendou Loubel). Les volumes collectés ont été cependant très faibles par rapport à ses objectifs. Le prix peu attractif (90 Fcfa/L au démarrage, 136 Fcfa/L en 2002, contre 200 Fcfa sur le marché) explique en partie cette défaillance des éleveurs. Compte tenu de la saisonnalité de la production laitière, la collecte était maintenue seulement pendant la saison des pluies, les lieux de collecte et de transformation (Dakar) étant distants de



300 kilomètres et la réfrigération obligatoire. Du fait d'un coût de collecte et de traitement non compétitif par rapport à l'utilisation de la poudre, Nestlé a arrêté l'opération en 2002.

Collecte de données sur la production laitière

Utilisation des données de collecte de lait du service agricole de Nestlé à Dahra

Une campagne de collecte de lait frais était ouverte chaque année au début de la saison des pluies et elle se terminait lorsque les quantités collectées devenaient faibles. L'hypothèse de travail retenue a consisté à considérer les quantités de lait collectées par Nestlé comme reflétant l'évolution de la production laitière dans la zone d'étude. Elle est fonction de multiples facteurs comme le nombre de vaches traitées, la durée de la traite, l'intensité de la traite par l'éleveur, l'effort de collecte de lait par la société, la disponibilité alimentaire en eau et en fourrage, la fraction de lait commercialisée, etc. Dans le cadre du présent travail, il a été envisagé l'effet global de ces facteurs sur le potentiel laitier de la ZSP, les variables comme les effectifs de vaches traitées et la quantité de lait produite par vache étant fortement liées au milieu. Les statistiques sur les quantités de lait de 1991 à 1999 ont été mises à la disposition des auteurs par la société à Dahra.

Mise en place d'un dispositif de suivi de la production laitière

Le Centre de recherche zootechnique (CRZ) de Dahra est situé au milieu de la ZSP. Pour les besoins de ses activités, il dispose d'un troupeau composé de Gobra (85 p. 100), de Guzéra (12 p. 100) et de métis Gobra - Guzéra (3 p. 100). Au début de chaque saison des pluies, une partie des vaches en lactation est regroupée. Comme pour le reste des bovins du CRZ, le troupeau fréquente les pâturages naturels de la zone clôturée du Centre. Pour les besoins de cette étude, 45 vaches de ce lot ont été suivies de juillet à novembre 1997. Elles n'ont pas reçu de complémentation pendant la période de suivi.

Quatre éleveurs résidant dans un campement d'éleveurs peuls à trois kilomètres de Dahra ont été choisis. Ce choix a été guidé à la fois par la facilité d'accès au campement et du fait que ces éleveurs avaient l'habitude de collaborer avec le CRZ. Le suivi de la quantité de lait a été fait tous les 15 jours durant les saisons des pluies de 1997 et de 2000. Il a porté à chaque passage sur la mesure de la production globale du matin d'un total de 41 vaches.

Collecte de données sur les facteurs environnementaux

Données pluviométriques

Selon la littérature (8, 16, 26), le facteur pluviométrique est le facteur le plus important dans l'évolution des performances de production du cheptel local dans les zones tropicales. Les données pluviométriques journalières du CRZ de Dahra ont ainsi été utilisées pour la période allant de 1992 à 1999.

Données de biomasse herbacée

Il s'agit, d'une part, des données du Centre de suivi écologique (CSE) et, d'autre part, de celles issues du dispositif de suivi mis en place pour les besoins de l'étude. Depuis 1984, la ZSP fait l'objet d'un suivi annuel par le CSE de l'évolution de l'indice de végétation (*normalized difference vegetation index* : NDVI), à partir des données du satellite météorologique NOAA pour l'élaboration de cartes de biomasse herbacée en fin de saison des pluies. Les auteurs ont basé leur travail sur ces données mises à leur disposition par le CSE (cumul des maximums de NDVI décadaire entre juin et octobre sur un rayon de 20 kilomètres autour de Dahra pour la période allant de 1991 à 1996).

D'autre part, les auteurs ont mis en place un dispositif de suivi de la biomasse herbacée au niveau des parcelles du CRZ et des parcours fréquentés par les troupeaux des campements faisant l'objet de suivi de production laitière : après chaque collecte de lait au niveau des troupeaux, des relevés de biomasse herbacée ont été réalisés (fauche totale de biomasse verte dans un carré d'un mètre de côté répétée 10 à 20 fois selon l'hétérogénéité du couvert). Par la suite, des échantillons ont été prélevés pour la détermination de la teneur en eau des herbacées.

Enquêtes auprès des populations pastorales sur leurs pratiques de production laitière

Au niveau de la ville de Dahra et autour des centres de collecte de la société Nestlé, une vingtaine de personnes pratiquant l'élevage laitier ont été rencontrées entre 1996 et 1998. Les entretiens ont porté sur leurs pratiques de production et de commercialisation des produits laitiers.

Par ailleurs, dans les différentes sous-unités de la ZSP (Djoloff, Ferlo et Walo-Fouta), des entretiens ont eu lieu durant l'année 2001, avec des personnes ressources, notamment des femmes de Boulal, Déali, Dahra, Tatki, et Ranérou.

■ RESULTATS ET DISCUSSION

Effet de la pluviométrie sur la production laitière

L'évolution de la production laitière par rapport à la pluviométrie et l'année de collecte (tableau I) a permis de faire les constats ci-après.

Les premières pluies ont été enregistrées à la semaine 25 et la collecte de lait a débuté 7,6 semaines ($\pm 0,8$; $n = 7$) plus tard, c'est-à-dire à la semaine 33 ($\pm 1,4$; $n = 7$). Aucun effet n'a été présent entre le début de la saison des pluies et le début de la collecte du lait ou la production laitière collectée. Cependant, le niveau de précipitation au démarrage de la collecte de lait a été relativement constant avec une quantité de pluie égale à 143,8 mm ($\pm 26,5$; $n = 7$). Les auteurs ont constaté que plus la collecte de lait commençait tôt, plus la production totale de lait était forte. En effet, la date de début de la collecte de lait (x) a été fortement en relation avec la production laitière totale ($y = - 889,54x + 31 591$; $r^2 = 0,9193$) ;

L'analyse de l'évolution de la collecte de lait en fonction de la pluviométrie pour l'année 1992 (très déficitaire) a montré que le pic de collecte était atteint trois semaines après l'arrêt des pluies, alors que pour les autres années, le pic était survenu en pleine période de pluies. Une relation linéaire existait cependant entre le pic de collecte de lait (y) et la date de début de collecte de lait (x) :

$$[y = 0,8056x + 1,5278 (r^2 = 0,6489)].$$

De 1993 à 1996, le pic de collecte a eu lieu en moyenne à 5,8 semaines ($\pm 1,9$; $n = 7$) après le début de collecte, soit à la semaine 39 ($38,8 \pm 1,7$) en moyenne, c'est-à-dire à la deuxième quinzaine de septembre. Le niveau des précipitations au pic de collecte a été de 293,2 mm (± 46 ; $n = 7$).

La chute de la production laitière est survenue dans la semaine qui a suivi celle du pic pour atteindre 50 p. 100 du niveau de collecte du pic après quatre semaines (± 1 ; $n = 7$). Sauf en 1994 où le niveau de collecte est resté à environ 25 p. 100 du pic jusqu'à l'arrêt de la collecte, la baisse du niveau de collecte a atteint 75 p. 100 de la collecte au pic en moyenne à six semaines ($\pm 0,7$; $n = 7$). Aucune relation entre l'intensité de la baisse du niveau de collecte de lait et les caractéristiques de la pluie n'a cependant été notée.

Tableau I

Evolution de la production laitière en fonction de la pluviométrie

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Début des pluies (n° de la semaine)	27	26	24	25	24	–	30	28
Début de collecte de lait (n° de la semaine)	35	34	32	31	32	–	34	31
Niveau de pluie au début de la collecte (mm)	154,4	188,7	135	117,4	120,9	–	138,5	95,8
Pic de collecte de lait (n° de la semaine)	42	39	38	38	37	–	39	38
Niveau de pluies au pic de collecte (mm)	228,8	307,1	258,8	359,2	314,8	–	225,3	459,5
Baisse de 50 % du niveau de collecte par rapport au pic (semaines)	4	3	6	3	4	–	5	5
Baisse de 75 % du niveau de collecte par rapport au pic (semaines)	5	7	13	6	6	–	6	7
Arrêt des pluies (n° de la semaine)	39	42	43	41	42	–	41	42
Arrêt de collecte de lait (n° de la semaine)	52	52	52	52	49	–	49	51
Production lait totale (hL)	600	800	3 050	3429	3 444	–	1 624	4 489
Rang d'année de collecte	1	2	4	5	6	–	7	8

« – » Données manquantes

La période d'arrêt des pluies n'a eu d'effet ni sur la période d'arrêt de collecte de lait, ni sur la production laitière totale (figure 2). En moyenne, elle est survenue à la semaine 41 ($\pm 1,3$; $n = 7$). Cependant la collecte de lait a continué jusqu'à la fin de l'année (semaine 52). Elle s'est étalée sur 13,2 semaines ($\pm 0,8$; $n = 7$) après le pic de collecte et 10 semaines ($\pm 0,7$; $n = 7$) après l'arrêt des pluies. A la fin de la saison des pluies, le niveau de collecte de lait a été de 53,1 p. 100 ($\pm 6,2$ p. 100) par rapport au pic de collecte, et au moment de l'arrêt de la collecte il a été de 9,8 p. 100 ($\pm 7,9$; $n = 7$).

Le rang de l'année de collecte de lait (x) a semblé cependant en relation avec la période d'arrêt de collecte de lait ($y = -0,3551x + 52,674$; $r^2 = 0,4514$).

Enfin, la pluie totale (x) a présenté une faible relation avec la production laitière totale ($y = 9,2974x - 678,24$; $r^2 = 0,4256$).

L'évolution de la pluviométrie par rapport à la collecte de lait, d'une part, au CRZ de Dahra et dans les campements d'éleveurs en 1997 (figure 3) et, d'autre part, au niveau des campements d'éleveurs en 2000 (figure 4) a montré que la saison des pluies a démarré plus tôt en 1997. La traite des animaux a cependant commencé plus tôt en

2000 (28 juillet au lieu d'août en 1997). Dans tous les cas, la hauteur d'eau enregistrée était aux alentours de 50 mm.

Les quantités de pluie ont été plus importantes en 2000 (359 mm) qu'en 1997 (287 mm). Ceci a probablement permis d'avoir dans les campements une durée de traite nettement plus longue en 2000 (cinq mois) qu'en 1997 (un peu plus de deux mois et demi). Par ailleurs, en 1997, les pluies se sont arrêtées à la semaine 41 (1^{re} décade d'octobre). Des difficultés logistiques ont fait que le suivi de la semaine 40 n'a pas pu se faire. A la semaine 42, les éleveurs ont indiqué que le pic de production était déjà passé. La semaine 42 se trouvant dans la phase de décroissance, cela a permis de situer le pic de production entre les semaines 39 et 41.

La production de lait la plus élevée enregistrée en 1997 a été de 1,6 L/vache/jour. Du fait que cette valeur ne correspond pas au pic de cette année, on peut dire que par rapport à l'année 2000 où le pic a été de 1,7 L, la production laitière maximale par jour et par vache a été presque la même pour les deux années.

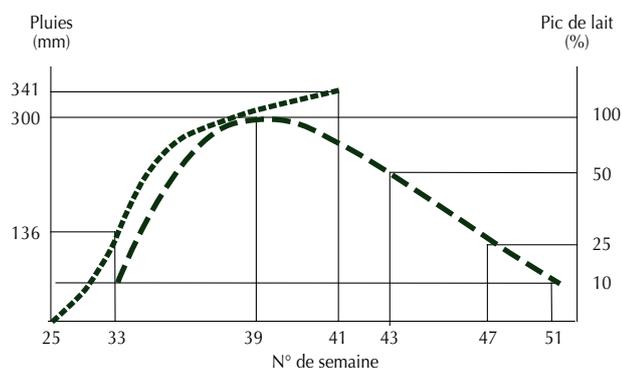


Figure 2 : relation entre l'évolution des pluies et la production laitière.

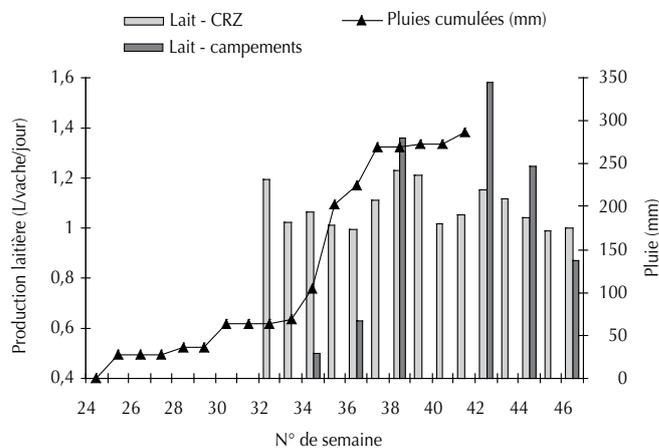


Figure 3 : évolution de la production laitière au niveau du Centre de recherche zootechnique (CRZ) de Dahra et des campements en relation avec la pluviométrie en 1997.

Les courbes d'évolution de la quantité de lait de traite ont eu une allure sinusoïdale au CRZ de Dahra et en cloche dans les campements lors des deux années. Un pic de collecte de lait dans les campements a eu lieu vers la première semaine d'octobre en 1997 et un peu plus tôt (vers la mi-septembre) en 2000. Un aplatissement du pic de lactation peut être observé par suite d'une meilleure alimentation et dans de rares cas par transmission génétique (16).

La différence notée entre le CRZ et les campements pouvait être attribuée à deux facteurs. Le cheptel du CRZ bénéficiait d'une alimentation en eau régulière et suffisante durant toute l'année. Ce qui n'était pas le cas du cheptel des campements qui, avec le tarissement des mares en fin de saison des pluies, devait passer d'un abreuvement quotidien à un abreuvement tous les deux jours aux forages. La disponibilité fourragère du CRZ, même si elle baissait qualitativement, demeurait suffisante quantitativement plusieurs mois après la fin de la saison des pluies.

Effet de la quantité de biomasse et de la teneur en eau des herbacées sur la production laitière

Le NDVI a très souvent atteint son niveau maximum au mois de septembre (figure 5). Cette période correspondait également au maximum de collecte pour la production laitière entre 1993 et 1996. La relation entre la production laitière (y) et le NDVI (x) pendant cette période a été de type polynomial ($y = -7 e^{-10} x + 3 e^{-5} x + 0,0793$; $r^2 = 0,6266$).

Durant les années 1991 et 1992, des écarts entre les dates de maximum du NDVI et celles de la production laitière ont été notées ; le maximum de collecte de lait a eu lieu avec un mois de retard environ. En outre, en 1992 et 1993, les courbes de productivité laitière ont été moins élevées que celles du NDVI. Les caractéristiques des pâturages (composition floristique, stade végétatif) étaient probablement à l'origine de ces déphasages.

En ZSP, la biomasse herbacée est évaluée depuis 1980 en utilisant le NDVI à partir des données du satellite NOAA (12, 16). Les cartes ainsi obtenues permettent aux services nationaux de développement de mieux planifier leurs activités, même si des études ont montré que la relation entre le NDVI et la biomasse était faible en ZSP (11, 23). Dans la perspective de la collecte de lait pour les industries de transformation ou pour la vente dans les centres urbains, la détermination du niveau de biomasse herbacée par le NDVI, en raison de la corrélation avec le niveau de production laitière maximum, offrirait une information importante pour

l'organisation de cette collecte. Des études complémentaires devraient alors être entreprises pour confirmer cette corrélation et améliorer cet indice pour parvenir à une meilleure prévision.

La courbe relative à la teneur en eau des herbacées des pâturages naturels et la quantité de lait traite par vache et par jour a montré que les quantités de lait collectées en 1997 et 2000 (figure 6) augmentaient progressivement pour atteindre un pic au moment où les fourrages avaient une teneur en eau d'environ 70 p. 100. Au démarrage de la traite, la teneur en eau des fourrages dépassait 90 p. 100. La baisse du volume de lait traité s'est poursuivie parallèlement à celle de la teneur en eau des fourrages.

En 1997, la traite a été interrompue à 0,87 L/vache/jour au moment où la teneur en eau des fourrages était de 31,5 p. 100 et en 2000 à 0,43 L/vache/jour avec une teneur en eau des fourrages de 20 p. 100. Pour les deux années, la teneur en eau des fourrages de 30 p. 100 correspondait à peu près à la même quantité de lait traite, entre 0,87 et 0,90 L/vache/jour.

L'importance de l'eau pour la lactation des vaches a été signalée par de nombreux auteurs. Le besoin supplémentaire en eau d'abreuvement est estimé entre 1,5 à 3 L pour un litre de lait produit par vache (15, 26). La consommation est influencée entre autres par la température ambiante, la teneur en matières sèches de la ration et le niveau de production de lait (30).

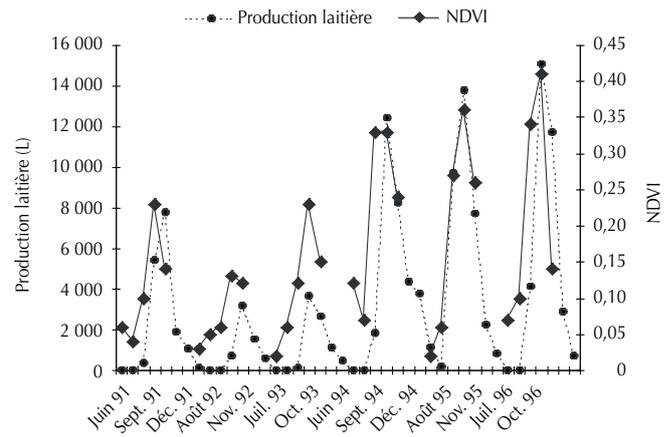


Figure 5 : évolution mensuelle de la production laitière et de l'indice de végétation (NDVI) de 1991 à 1996.

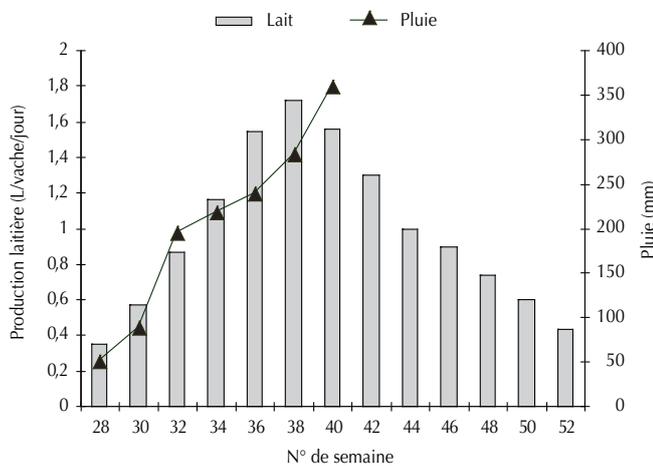


Figure 4 : évolution de la production laitière au niveau des campements en relation avec la pluviométrie en 2000.

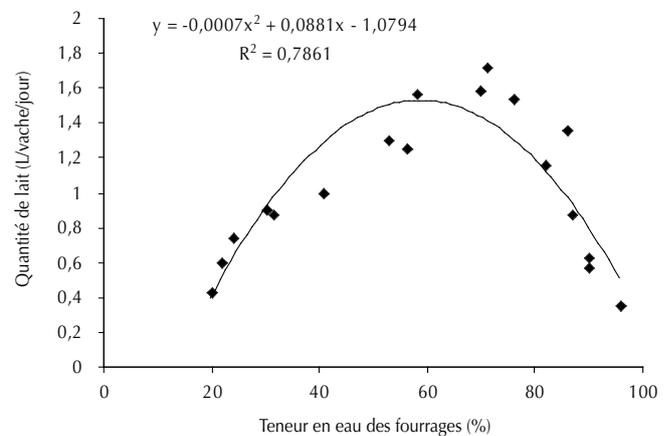


Figure 6 : évolution de la quantité de lait en fonction de la teneur en eau des fourrages en 1997 et 2000 en zone sylvopastorale au Sénégal.

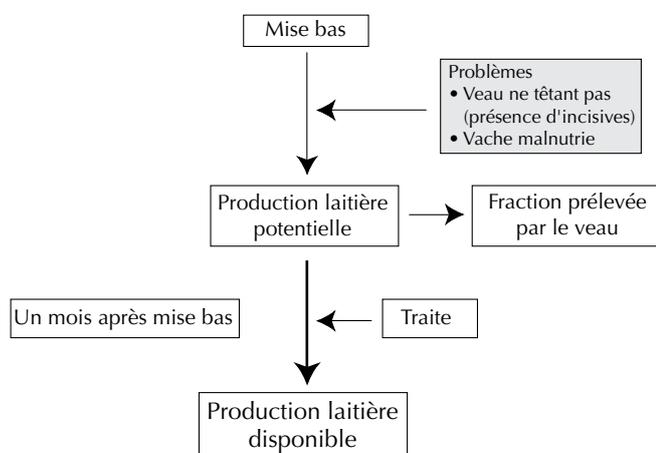
Ainsi, la production laitière des vaches en ZSP reste très liée aux caractéristiques des pâturages. Ces fourrages apportent des éléments nutritifs mais aussi de l'eau. Si leur teneur en eau diminue, il est nécessaire de pallier cette perte. Cependant, en ZSP, en même temps que l'eau des fourrages diminue, les mares s'assèchent, créant un déficit énorme dans les possibilités d'abreuvement des vaches et donc dans le maintien de la production laitière. De fait, l'éleveur arrête la traite dès que les mares s'assèchent, traduisant la situation par ces mots : « l'eau des forages ne permet pas d'avoir du lait ».

Facteurs zootecniques de variation de la production laitière

La figure 7 indique les facteurs de variation de la production laitière selon les éleveurs.

Espèces animales traitées

Selon les éleveurs, la production laitière du troupeau en ZSP était issue de la traite des femelles allaitantes des espèces bovines, ovines et caprines. Les camélidés étaient peu présents en comparaison aux autres espèces et leur lait utilisé surtout par les Maures. Selon les espèces animales traitées, des différences de pratiques ont aussi été signalées en fonction de l'ethnie des éleveurs : les Peuls, comme les Jenngelbe autour de Dahra et Thiel, et les Mbaaranaabe près de Déali traient uniquement les vaches mais pas les petits ruminants. D'autres, comme les Bisnaabe et les Pampinabe autour des forages de Tatki et de Widou, traient en plus les petits ruminants. Toutefois, certains parmi eux ne traient pas les brebis.



- Espèce
Bovin
Ovin, caprin : selon famille ; selon fraction d'appartenance ; en cas d'impossibilité d'accès au lait de bovin
- Effectif : en fonction du nombre d'animaux ayant mis bas
- Périodicité : 1 fois / jour (matin) ; 2 fois / jour (matin et soir)
- Période : saison des pluies (vaches et petits ruminants) ; saison sèche (petits ruminants)
- Durée lactation (vache) : de 1 à 2 ans
- Complémentation : selon possibilité de commercialisation du lait
- Possibilité de commercialisation (proximité d'un lieu de commercialisation) (« forage », centre urbain ; existence d'une structure de commercialisation)

Figure 7 : facteurs de variation de la production laitière dans la zone sylvopastorale du Sénégal.

La traite des brebis est d'abord une question de disponibilité en lait. Les éleveurs qui n'ont pas un nombre important de vaches sont obligés de traire les brebis. Certains éleveurs considèrent que la traite des brebis permet souvent d'éviter aux agneaux d'avoir une indigestion liée à l'ingestion d'une trop grande quantité de lait. En période de transhumance, les bergers qui conduisent les petits ruminants sont aussi obligés de consommer leur lait. Parfois, les vaches n'ont pas suffisamment de lait, surtout en période de déficit fourrager. Il importe alors d'avoir recours aux petits ruminants pour la consommation familiale. La traite des petits ruminants est de plus en plus courante pour améliorer le revenu des éleveurs, notamment ceux qui sont proches des centres urbains.

Périodicité et période de traite

Selon les résultats d'entretiens, la traite avait lieu principalement, durant la saison des pluies (*ndoungou*), une ou deux fois par jour selon les *galleegi*. Pour la plupart des éleveurs, au fur et à mesure que la saison sèche avançait, le lait de la vache était laissé presque entièrement au veau.

Durée de lactation

La traite démarrait un mois après la mise bas pour permettre aux veaux de se développer. Des perturbations dans la lactation ont été parfois notées, comme le veau refusant de téter par suite d'une stomatite à la naissance ou de la présence prématurée de dents. Les vaches étaient en lactation durant une à deux années.

Le sevrage a lieu dès que la vache est gravide. Ce sont les hommes ou les femmes qui s'en occupent. Plusieurs stratégies, semblables à celles signalées par Baron (3) en milieu éleveur mauritanien (Maures et Peuls), sont utilisées par les éleveurs pour empêcher la tétée d'un jeune animal. L'une d'elles consiste à séparer le jeune de sa mère en l'amenant par exemple dans un autre troupeau. Une autre est de créer un obstacle pour éviter l'accès au pis, soit avec un morceau de calebasse taillé au niveau des naseaux (*tognal*), soit avec un bois taillé (*tatal*) dans les naseaux (figure 8), soit en déposant des fèces de petits ruminants sur les mamelles de la vache.

Nombre de vaches à traire

Comme indiqué précédemment, la quantité de lait fournie par une vache dépasse en saison des pluies un litre par jour. La consommation de lait (frais et caillé) d'un adulte par jour est estimée à 1,5 L/individu pendant la saison de production (saison des pluies) (4, 5). Pour une famille de dix personnes, il serait donc nécessaire de traire à peu près 15 vaches, ce qui justifie la nécessité d'avoir beaucoup de vaches dans un troupeau.



Figure 8 : tatal - bois taillé destiné à empêcher l'accès du veau au pis de la vache.

Complémentation

Avec le développement de la commercialisation des produits laitiers, des quantités de lait de plus en plus importantes sont tirées du troupeau pendant la saison des pluies. Ceci amène certains *galleeji* à apporter des compléments aux vaches pour pouvoir vendre du lait pendant la saison sèche. A part certaines zones de forages (Boulal et Wendou Loumbel, par exemple) et des éleveurs qui se sont établis en zone périurbaine, cette pratique n'est pas très répandue. La traite est arrêtée dès que les pâturages ne sont plus suffisants pour l'alimentation du cheptel. Cependant, une pratique de plus en plus courante dans certaines familles d'éleveurs installés dans les villes comme Dahra consiste à amener, en saison sèche, des vaches en lactation au niveau de leur maison en ville pour les compléter. Le lait trait est vendu à 300 Fcfa/L au lieu de 150 Fcfa/L et les revenus permettent d'acheter le complément. Dès l'apparition du tarissement, la vache est ramenée dans le troupeau en extensif.

Acteurs responsables de la gestion des produits laitiers

Des différences en fonction de l'ethnie sont notées dans l'exploitation des produits laitiers. Ainsi, chez les Peuls, chaque épouse a un certain nombre d'animaux à traire et ce sont ces animaux-là dont elle s'occupe. C'est elle qui gère le lait collecté et assure la transformation et la commercialisation du surplus.

Chez les Oulofs, c'est la mère (épouse du chef de la concession) qui est responsable de la production laitière. Ainsi, après la traite, toutes les épouses vivant dans la même concession apportent leur lait et c'est elle qui procède à la répartition entre les différentes destinations. S'il reste du lait frais, il est caillé et la matière grasse est enlevée pour faire du beurre. Le caillot n'est pas vendu mais le plus souvent distribué.

Chez les agropasteurs sérères du bassin arachidier qui viennent en transhumance en ZSP pendant la saison des pluies ou ceux qui résident dans la zone, ce sont les hommes (bergers) qui font la traite, mais l'extraction du beurre est une activité des femmes.

Répartition de la production laitière de la vache

Les données de Schaffer (25 ; tableau II) indiquent que la quantité de lait consommée par les veaux d'un troupeau peut être estimée à 34 p. 100 de la production laitière totale du troupeau dans une zone comme Widou Thiengoli et Bouteyni, habitée principalement par des Peuls.

La quantité de lait utilisée par la famille est fonction du groupe ethnique, des possibilités de commercialisation et des quantités de lait offertes par le troupeau. Ainsi, au fur et à mesure que la saison sèche avance, la production laitière diminue. Toute la production

Tableau II

Destination de la production laitière totale au niveau de Widou Thiengoli et Bouteyni en zone sylvopastorale

Destination	% de la production
Autoconsommation	35,4
Laisseé au veau	34
Vente de lait frais/jour	6,4
Vente de lait caillé/jour (écrémé)	24,2
Total	100

Source : Schaffer, 1994

laitière de la vache est laissée au veau. C'est d'ailleurs à partir de cette période que l'on fait le plus appel à la production laitière des petits ruminants pour la consommation familiale et la vente.

Caillage et extraction du beurre : deux modes principaux de transformation et de conservation du lait

Les récipients utilisés pour la collecte et la transformation du lait sont faits avec des matériaux végétaux. Chez les Peuls, ce sont des Calebasses en bois. Certains arbres comme *Balanites aegyptiaca* transmettent leur goût au lait. *Sclerocarya birrea* est l'arbre le plus utilisé, mais à cause de fortes mortalités encourues chez cette espèce ces dernières années, il est de plus en plus rare. Chez les Sérères, ils sont faits avec le fruit de *Lagenaria siceraria* (une cucurbitacée). La calebasse utilisée pour la traite n'est pas la même que celle utilisée pour le caillage. Il y a ainsi autant de Calebasses que de destinations du lait.

Un bon caillage s'obtient avec une calebasse faite avec un bois mûr et ferme, et un couvercle en matériau végétal. Mais du fait de la rareté d'un tel matériau, des ustensiles en plastique sont de plus en plus utilisés. Les éleveurs considèrent cependant qu'ils ne permettent pas d'avoir un bon caillage car la buée descend dans le caillé et le rend moins ferme.

Différents types de Calebasses sont utilisés au cours des différentes étapes de collecte et de transformation du lait (figure 9) pour préserver sa qualité hygiénique et assurer un bon caillage : le *birdugal* (calebasse pour la traite des vaches une par une), le *larugal* (calebasse pour contenir tout le lait trait), le *kirdigal* (calebasse pour garder le lait frais réservé pour le repas et les visiteurs), le *penndigal* (calebasse pour cailler le lait issu de la traite), et le *kuturngal* (calebasse pour recueillir la matière grasse).

L'extraction du beurre se fait avec une baratte ou une gourde qui est un procédé plus rapide. En général, le beurre de vache (*nebbam*) est extrait par les femmes mais les hommes en transhumance

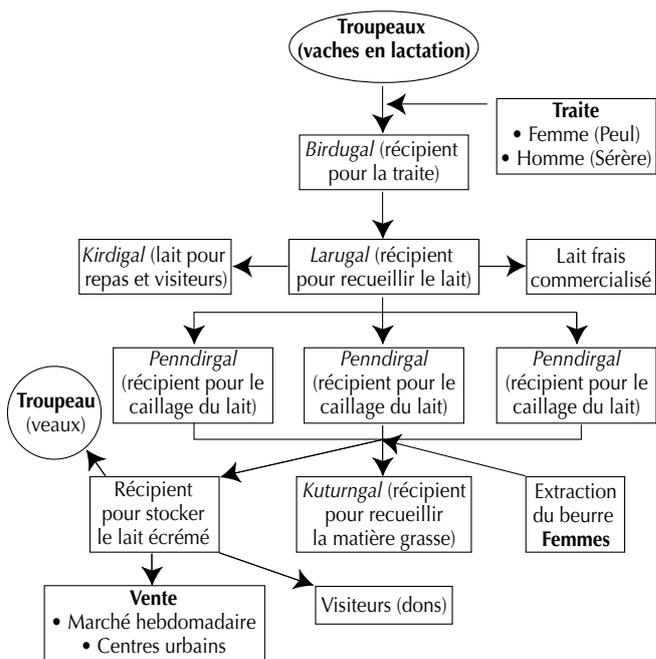


Figure 9 : destination de la production laitière traite des troupeaux de la zone sylvopastorale.

peuvent être amenés à le faire. La quantité de lait frais nécessaire pour faire un litre de beurre est estimée à 25 à 30 litres (24).

Le lait des petits ruminants présente des avantages comparé à celui de la vache. Le caillé est comparable à celui du lait reconstitué à partir de la poudre de lait et il ne change pas à l'état frais si de l'eau y est rajoutée. Il est très énergétique et permet aussi à l'enfant d'éviter les diarrhées. Ce constat (densité du lait plus grande que celle de la vache et excellente valeur nutritionnelle, notamment pour les enfants) a été fait aussi par Waelti et coll. (29).

Le lait est apprécié selon sa teneur en matière grasse qui augmente progressivement d'environ 2,5 g/L/semaine pour atteindre au moment du tarissement environ 80 à 90 g/L/semaine, tandis que celle en lactose diminue après la saillie (18). Pour cette raison, le lait d'un animal adulte ou d'une vieille vache est considéré comme étant meilleur que celui d'une jeune femelle ; il en est de même du lait d'une vache gravide en lactation.

Commercialisation des produits laitiers

Parmi les revenus d'origine agricole, les produits laitiers occupent, dans la zone de forage de Thiel, la troisième place (8 p. 100) après la vente de bovins et de petits ruminants et avant les revenus tirés des productions agricoles (10). Le beurre reste en ZSP une source importante de revenus malgré la faible production (3,2 L/mois/ménage en saison des pluies et 0,2 L/mois/ménage en moyenne en saison sèche).

Les activités relatives à la commercialisation de lait frais sont menées par un nombre très réduit de familles. Cependant, à partir de la ville de Dahra, un dispositif de commercialisation du lait frais s'est mis en place en 1991. Les quantités collectées ont baissé du fait du retrait de la société Nestlé. Des organisations non gouvernementales et des privés ont pris le relais mais les quantités faisant l'objet de commercialisation sont encore très faibles.

La commercialisation du lait caillé écrémé est plus répandue. Elle a lieu notamment les jours de marché hebdomadaire. Chez les Peuls, ce sont les femmes qui s'en occupent, mais chez les Sérères en transhumance en ZSP, ce sont les hommes. Différents ustensiles sont utilisés lors de la vente (calebasses en bois ou en plastique et bidons). En 2001, le prix était environ de 200 Fcfa/L au niveau du marché hebdomadaire de Dahra.

■ CONCLUSION

La production laitière en ZSP est en relation étroite avec la quantité d'eau que renferment les fourrages dans les pâturages naturels. Les mares qui sont le lieu d'abreuvement du cheptel constituent aussi un autre élément important dans la quantité de lait traite. Ainsi, dans la stratégie d'amélioration de la production laitière, la place de l'eau d'abreuvement doit être mieux prise en compte.

Les bovins continuent à fournir l'essentiel de la production laitière en ZSP. Cependant, les petits ruminants, notamment les chèvres, font de plus en plus l'objet de traite, ce qui contribue à augmenter les possibilités de traite, notamment en saison sèche.

L'utilisation de la complémentation alimentaire en saison sèche est pour l'instant limitée aux localités proches des centres urbains du fait des possibilités de vente du lait à des prix plus rémunérateurs. Le renforcement de la production laitière pendant cette période constitue un enjeu essentiel dans la bataille contre l'importation concurrente de produits laitiers dans de telles zones d'élevage.

Le beurre de vache constitue le produit le plus vendu. Le lait caillé fait l'objet d'une commercialisation de plus en plus importante sur

les marchés hebdomadaires. La poursuite de la commercialisation du lait frais se fait difficilement sous l'impulsion d'organisations non gouvernementales et d'organisations de producteurs.

Remerciements

Les auteurs remercient M. Alioune Seck, responsable de la société Nestlé à Dahra, d'avoir bien voulu mettre à leur disposition les statistiques de la société. Ils remercient également MM. Gustave Gintzburger et Bernard Toutain du Cirad d'avoir accepté de relire le manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBREVILLE A., 1949. Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Paris, France, Société d'éditions géographiques et coloniales, 351 p.
- BA C., 1989. Place du lait dans les systèmes pastoraux sahéliens ; exposés introductifs. In : Séminaire régional sur les systèmes de production du lait et de la viande au Sahel, Dakar, Sénégal, 22-26 nov. 1989, p. 24-31.
- BARON J., 1955. Etude des procédés utilisés par les Maures pour empêcher les jeunes animaux de téter. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **8** : 15-23.
- BARRAL H., BENEFICE E., BOUDET G., DENIS J.P., DE WISPELAERE G., DIAITE I., DIAW O.T., DIEYE K., DOUTRE M.P., MEYER J.F., NOEL J., PARENT G., PIOT J., PLANCHENAUT, SANTOIR C., VALENTIN C., VALENZA J., VASSILIADES G., 1983. Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo ; synthèses de fin d'étude d'une équipe de recherches pluridisciplinaires. Paris, France, Orstom, 172 p.
- BERNUS E., 1984. L'homme et l'animal concurrents - Problèmes d'écologie pastorale sahélienne. In : Le développement rural en questions ; paysages, espaces ruraux, systèmes agraires ; Maghreb, Afrique noire, Mélanésie. Paris, France, Orstom, p. 111-122. (Coll. Mémoires n° 106)
- DENIS J.P., 1971. L'intervalle entre les vêlages chez le zébu Gobra (Peulh sénégalais). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **24** : 635-647.
- DENIS J.P., 1978. Note sur le sex-ratio chez le zébu Gobra au CRZ de Dahra. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **31** : 443-445.
- DENIS J.P., THIONGANE A.I., 1974. Analyse de la lactation de vaches Pakistanaïses au Sénégal. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **27** : 331-346.
- DENIS J.P., VALENZA J., 1971. Extériorisation des potentialités génétiques du zébu peulh sénégalais. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **24** : 409-418.
- DIA T., 1997. Etude des revenus dans les unités pastorales du PAPEL : le cas de Thiel. Document de travail. Dahra, Sénégal, ISRA/CRZ, 2 p.
- DIOUF A., LAMBLIN E.F., 2001. Monitoring land-cover changes in semi-arid regions ; remote sensing data and field observations in the Ferlo, Sénégal. *J. arid Environ.*, **48**: 129-148.
- FAYOLLE A.F., COSTIOU P., GRANGE M., 1974. Valorisation du cheptel bovin zone sylvopastorale de la République du Sénégal - Rapport d'enquêtes. Dakar Hann, Sénégal, Lnerv, p. 126 p.
- GASTON A., DIEYE H., BERGES J.C., CITEAU J., 1987. Evaluation de la productivité primaire herbacée annuelle au Sahel sénégalais. Saison des pluies 1986. *Veille climat.*, **17** : 49-54.
- GUERIN H., 1987. Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels sahéliens et sahélo-soudaniens : étude méthodologique dans la région du Ferlo au Sénégal. Thèse Doct. Ing., ENSA, Montpellier, France, 284 p.
- KING J., 1989. Influence du climat et de l'alimentation sur les besoins en eau du bétail en Afrique tropicale. Addis-Abéba, Ethiopie, Cipea, 103 p. (Rapport de recherche n° 7)
- LABOUCHE C., 1957. La physiologie de la lactation en milieu tropical. II. Influence de la saison sur la vitesse de chute de la production laitière (observations recueillies en zone subguinéenne de la presqu'île du Cap vert). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **10** : 249-256.
- LABOUCHE C., 1957. La physiologie de la lactation en milieu tropical. I. Etude des courbes de lactation recueillies en zone subguinéenne de la presqu'île du Cap vert (Sénégal). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **10** : 27-39.

18. LABOUCHE C., PEYTAVIN A., 1957. Sur la composition chimique des laits tropicaux : influence du stade de la lactation sur les teneurs en graisse, lactose, calcium et phosphore. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **10** : 373-382.
19. LAKE L.A., NDOUR N., THIOBANE M., BA A., 2003. Evolution of vegetal production in Sahelian natural range lands: the case of North West Senegal in the 1990s. *Sécheresse*, **14**: 5-13.
20. MEYER C., DUTEURTRE G., 1998. Equivalents lait et rendements en produits laitiers : modes de calculs et utilisation. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **51** : 247-257.
21. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE, 2000. Recensement national de l'Agriculture - 1998/99. Rapport général du recensement de l'agriculture pluviale, vol. 4. Dakar, Sénégal, ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, 536 p.
22. POUILLON F., 1984. Evaluation de l'élevage bovin dans la zone sahélienne du Sénégal. Etude sociologique. Paris, France, ministère de la Coopération, p. 69-112.
23. PREVOST Y., 1990. Analyse spatiale de la pression animale comme facteur de désertification dans le nord du Sénégal. Télédétection et sécheresse. Paris, France, John Libbey Eurotext, p. 241-251.
24. SANTOIR C., 1982. Contribution à l'exploitation du cheptel. Région du Ferlo (Sénégal). Dakar, Sénégal, Orstom, 48 p.
25. SCHAFFER J., 1994. Economie pastorale dans le Ferlo des forages ; Bouteyni et Widou Thiengoly en 1994. Rapport de recherche PAPF. Saint Louis, Sénégal, GTZ, 67 p.
26. SIMONNET H., 1955. L'eau : besoins de l'organisme, métabolisme, influence de l'abreuvement sur la production animale. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **8** : 179-208.
27. STANCIOFF A., STALJANSSENS M., TAPPAN G., 1986. Cartographie et télédétection des ressources de la République du Sénégal : étude de la géologie, de l'hydrologie, des sols, de la végétation et des potentiels d'utilisation. Brookings, SD, USA, Remote Sensing Institute, South Dakota State University, 653 p.
28. VALENZA J., DIALLO A.K., 1972. Etude des pâturages naturels du Nord Sénégal. Etudes agrostologiques. Maisons-Alfort, France, Lemvt, 311 p.
29. WAELTI P., KONE I., BARRY A., DIARRA M., NIANGADO O., 2004. Production laitière des petits ruminants, lutte contre la malnutrition et diversification des revenus dans la commune de Cinzana (Mali). *Etud. Rech. sahé.*, **8-9** : 117-125.

Accepté le 15.02.2010

Summary

Diop A.T., Ickowicz A., Diène M., Nzimulinda J.C. Milk Production in the Sylvopastoral Zone of Senegal: Variation Factors and Local Populations' Management System

In the Sahelian region of Senegal, milk production in pastoral systems is subjected to inter- and intra-annual variations because the animal feed is almost exclusively based on natural resources. Studies conducted from a monitoring set-up in pastoralist settlements and in station, and data from Nestle Company have shown that milk production was highly related to the milk collection date, but with a low correlation with the total amount of rainfall. The relationship between total milk production and the normalized difference vegetation index (NDVI) was polynomial. The production peak was reached when the water content in forage was 70%. Surveys on pastoralists (men and women) belonging to different ethnic groups and living in different production subsystems (Walo, Djoloff and Ferlo) showed that the duration of lactation, number of cows and animal species were the main factors of variation of milk production. The actors in charge of milk production management differed depending on the ethnic group. Milk curdling and butter making were the two preserving methods used, and five types of gourds were used in the process. Dairy products still held a major place in farmers' incomes and skim milk curd was the most marketed product.

Keywords: Milk production – Biomass – Pasture – Moisture content – Remote sensing – Senegal.

Resumen

Diop A.T., Ickowicz A., Diène M., Nzimulinda J.C. Producción lechera en la zona silvo-pastoril de Senegal: estudio de los factores de variación y de los modos de gestión de las poblaciones locales

En la región sahelina de Senegal, la producción lechera de los sistemas pastorales conoce variaciones inter anuales e intra anuales, debido al hecho de que la alimentación del hato está basada casi exclusivamente en los recursos naturales. Los estudios llevados a cabo a partir de un dispositivo de seguimiento en los campamentos de criadores y en estación y los datos de la sociedad Nestlé han mostrado que la producción lechera está fuertemente relacionada con la fecha de inicio de la colecta, y más débilmente a la pluviosidad total. La relación entre la producción lechera total y los índices de vegetación normalizados (NDVI) fueron de tipo polinomio. El pico de la producción se alcanzó en el momento en donde el contenido de agua en los forrajes fue de 70%. Encuestas llevadas a cabo con los pastores (hombres y mujeres), pertenecientes a diferentes etnias y residentes en los diferentes sistemas de sub producción (Walo, Djoloff y Ferlo), indicaron que la duración de la lactación, el número de vacas y las especies animales constituyeron los principales factores de variación de la producción lechera. En función de la etnia a la cual pertenecían, diferentes actores fueron responsables de la gestión de la leche. La cuajada y la extracción de la mantequilla constituyeron los dos modos de conservación y cinco tipos de calabazas fueron utilizadas durante el proceso. Los productos lecheros ocuparon aún así un lugar importante en los ingresos agrícolas y la comercialización de la leche cortada descremada fue la más común.

Palabras clave: Producción lechera – Biomasa – Pastizal – Contenido de humedad – Teledetección – Senegal.

Reliability of a Twelve-Month Retrospective Survey Method for Estimating Parturition and Mortality Rates in a Traditional African Livestock Farming System

M. Lesnoff¹

Keywords

Cattle – Sheep – Goat – Birth rate – Mortality – Statistical method – Rapid rural appraisal – Tropical zone – Senegal.

Summary

Parturition and mortality annual rates are basic data for quantifying productivity of livestock populations in tropical extensive farming systems. Herd monitoring with ear-tagged animals is a gold standard for estimating these parameters in the field. Alternatives are cross-sectional retrospective surveys, based on farmers' interviews and their short- or long-term recall of the herds' demography. The present study evaluated a retrospective method (12MO) for estimating parturition and mortality rates over the last twelve months before the survey. The bias of different approximation methods was calculated for different available databases on cattle and small ruminants monitored in Senegal. The main result was the potentially high bias variability (particularly for the mortality rate of small ruminants for which the relative bias ranged from -60 to 96% in age class "0 to 1 year"), although the median bias remained acceptable (the median relative bias was $\leq 6\%$ in absolute value). Retrospective surveys such as 12MO should be used sparingly (for instance to approximate immediate impacts of large shocks or of innovations) and their results interpreted with caution. Whenever possible, herd monitoring surveys (with or without animals' identification) over a period of several years should be preferred.

■ INTRODUCTION

Parturition and mortality annual rates are basic data for quantifying productivity of livestock populations in tropical extensive farming systems (14, 18, 23, 26). These parameters are estimated from data collected in the field. In developing countries, collecting data is a difficult task due to the dispersion and mobility of the herds and the fact that farmers do not keep written records about their herds. Herd monitoring with ear-tagged animals and periodic visits of trained surveyors are a gold standard (12, 35). Alternatives are cross-sectional retrospective surveys, based on farmers' interviews and their short- or long-term recall of the herds' demography (4, 14, 26, 31, 34). Retrospective surveys have been used for a long time (the earliest document found by the author describing the retrospective approach dates back to 1975 although the approach was used before that; 5) and in many contexts (2, 7, 27, 29, 30, 32).

Their attractiveness may be related to their ability to implement quick diagnoses, and to be less cumbersome than herd monitoring and more suitable for surveying nomadic herds or large areas.

Nevertheless, retrospective surveys yield approximate results, with two sources of bias: (1) recall errors from the farmers when demographic data are collected (e.g. omission of animals or events for tax avoidance, cultural reasons or lapse of memory), and (2) mathematical approximations used in calculating demographic rates (these approximations are necessary since only partial information is available). Reliability of retrospective surveys has been poorly evaluated in the past, although a few studies are available (6, 20, 21). The present study evaluated a retrospective method whose objective was to estimate the herd's demography over the last twelve months preceding the survey. This method has been known for a long time (14, 18, 26, 34) but it was recently revisited in several research projects in West Africa. A standard tool ("12MO", abbreviation of "12-month retrospective survey") was calibrated and documented (24, 25). One objective was to define and document a robust method simple enough to be implemented in the field so as to allow it being transferred to local structures (research institutes, technical services, NGOs, etc.).

1. CIRAD, UPR Systèmes d'élevage, campus international de Baillarguet, TA 30 / A, F-34398 Montpellier Cedex 5, France ; Institut d'économie rurale, programme Bovins, Bamako, Mali.
E-mail: matthieu.lesnoff@cirad.fr

Quantification of the recall bias is difficult. It requires expensive specific protocols and the bias can be highly variable depending on the capacity of field enumerators. The study only focused on the bias due to mathematical approximations in 12MO.

MATERIALS AND METHODS

General approach

Evaluation concerned the bias of parturition and mortality (all deaths except slaughtering) instantaneous hazard rates (Annex 1) when approximated from data recorded with 12MO. Different calculation methods were evaluated and summarized (with notations used) in Table I.

The bias was calculated on available cattle and small ruminant herd monitoring databases (described further on). For each method, in a given 12-month period and animal category (species, sex and age class), a reference rate h_{ref} (gold standard) was calculated and compared to the approximate h . Absolute and relative biases of h were (in percentage) $100 * (h - h_{ref})$ and $100 * (h/h_{ref} - 1)$, respectively. When the bias was positive, h_{ref} was overestimated.

Reference rate

For the 12-month period and animal category, the reference rate h_{ref} was defined as the sum of the monthly crude rates:

$$h_{ref} = \sum_{j=1}^{12} h_j = \sum_{j=1}^{12} (m_j / T_j)$$

where m_j and T_j were the number of occurrences of the considered demographic event (parturition or mortality) and the time of presence of the animals in month j . This monthly-based calculation overcame the problems of competing risks between demographic events (Annex 1) and of seasonal variations of risks in the 12-month period.

Approximation methods

12MO principle and Lexis diagram representation

In 12MO (24, 25), the field surveyor individually enumerates all the animals present in the herd at the date of survey, describes their characteristics and, for each female, records its reproductive history (number of abortions, parturitions and offspring) over the last twelve months. Then, the surveyor records all the animals' entries (purchases, gifts, etc.) and exits (natural deaths, slaughtering, sales, etc.) that have occurred in the last twelve months in the herd.

The standard 12MO questionnaire is composed of two subquestionnaires (Q1 and Q2) (24, 25). The purpose of Q1 (Figure 1) is to enumerate individually all the animals in the herd and describe their characteristics, and for each female enumerated to record data reflecting its reproductive performance over the last twelve months. The purpose of Q2 (Figure 2) is to enumerate and describe all herd entries and exits over the twelve months preceding the survey. Data are recorded by annual age class: class "0" represents exact ages from 0 to 1 year, class "1" represents exact ages > 1 to 2 years, etc.

In a Lexis diagram (e.g. 33) that plots the age of animals as a function of time, the last 12-month reproductive history of the females present in a given annual age class at the date of survey corresponds to a parallelogram (or, in the case of age class 0, a triangle) (Figure 3) referred to as "vertical cell" in Lesnoff et al. (23). For instance, the vertical cell j reflects the 12-month reproductive history of a female of age class j (exact age ranging from j to $j + 1$ year) at date of survey (Figure 3).

Table I

Notation and formulae of the approximation methods used to estimate parturition and mortality rates with the retrospective method (12MO) data (when the index i was omitted, the quantity was the sum over the age classes)

Notation	
Item	Definition
$[t-1, t]$	12-month period between times $t-1$ (beginning) and t (end). For 12MO data, t represented the date of survey
Age class i	Exact age between i and $i+1$ years
r	Exact age (year) defining the reproductive females
$n_{t-1, i}, n_{t, i}$	Num. of animals present in age class i at $t-1$ and t
m_i	Num. of demographic events related to age class i and period $[t-1, t]$: vertical cell i in Figure 3 for parturition rate, square cell i in Figure 4 for mortality and offtake rates
T_i	Time of presence of animals in age class i and period $[t-1, t]$: vertical cell i in Figure 3 for parturition rate, square cell i in Figure 4 for mortality and offtake rates
b	Num. of births in period $[t-1, t]$

Formulae for parturition rate $h = m / T$	
Method	Formula
M1	$m = \left(\sum_{i>r} m_i \right) + \frac{m_r}{2}, T = \left(\sum_{i>r} n_{t,F,i} \right) + \frac{n_{t,F,r}}{2}$
M2	$m = \sum_{i \geq r} m_i, T = \left(\sum_{i>r} n_{t,F,i} \right) + \frac{n_{t,F,r}}{2}$
M3	$m = \sum_{i>r} m_i, T = \sum_{i>r} n_{t,F,i}$

Formulae for mortality and offtake rate $h_i = m_i / T_i$	
Method	Formula
M1	$T_i = (n_{t-1, i} + n_{t, i})/2$ where $n_{t-1, i} = n_{t, i}$
M2	$T_i = (n_{t-1, i} + n_{t, i})/2$ where $n_{t-1, i} = n_{t, i} - m_{entry, i} + m_{exit, i}$
M3	$T = (n_{t-1} + n_t)/2$ where $n_{t-1} = n_t - b - m_{entry} + m_{exit}$ and $b = n_{t, 0} - m_{entry, 0}/2 + m_{death, 0}/2 + m_{exit, 0}/2$ $T_i = (n_{t, i}/n_t) * T$
M4	$T_i = (n_{t-1, i} + n_{t, i})/2$ where $n_{t-1, i-1} = n_{t, i} - (m_{entry, i-1}/2 + m_{entry, i}/2) + (m_{exit, i-1}/2 + m_{exit, i}/2)$

DATA ENTRY NAME: _____ DATE: | | / | | / | |

Q1. HERD CENSUS

IDFARM: [] [] [] [] [] [] NAME ENUMERATOR: [] [] [] [] [] [] [] [] DATE SURVEY: [] [] / [] [] / [] [] [] []

SPECIES: _____ REGION/PROVINCE: [] [] [] [] [] [] [] []

NUMFARM: [] [] [] [] DISTRICT: [] [] [] [] [] [] [] [] TYPE OF HABITATION: [] [] [] []

NAME FARMER: _____ VILLAGE: [] [] [] [] [] [] [] []

N°	CHARACTERISTICS OF ANIMALS PRESENT IN THE HERD						12MO IF FEMALE, REPRODUCTION IN THE LAST 12 MONTHS										
	BREED	SEX (F. M)	BORN IN HERD (1=YES, 2=NO)	AGE	IF FEMALE		ABOR- TION	PARTU- RITION	PARTURITION N°1				PARTURITION N°2				
					NB. TOT. ABOR- TION	NB. TOT. PARTU- RITION			NB. STILL- BORN	NB. BORN ALIVE	NB. STILL- BORN	NB. BORN ALIVE	NB. STILL- BORN	NB. BORN ALIVE			
															DO NOT FILL IN IF NB. PARTURITION = 0	DO NOT FILL IN IF PARTURITION = 1 OR 2	

Page: [] [] [] []

Figure 1: Subquestionnaire Q1 of the retrospective method (12MO). Information is recorded by annual age class: class "0" represents exact ages from 0 to 1 year, class "1" represents exact ages > 1 to 2 years, etc. Empty columns correspond to eventual auxiliary information recorded during the survey.

DATA ENTRY NAME: _____ DATE: | | / | | / | |

Q2. ENTRIES AND EXITS

IDFARM: [] [] [] [] [] [] NAME ENUMERATOR: [] [] [] [] [] [] [] [] DATE SURVEY: [] [] / [] [] / [] [] [] []

SPECIES: _____ REGION/PROVINCE: [] [] [] [] [] [] [] []

NUMFARM: [] [] [] [] DISTRICT: [] [] [] [] [] [] [] [] TYPE OF HABITATION: [] [] [] []

NAME FARMER: _____ VILLAGE: [] [] [] [] [] [] [] []

Q2.1: ENTRIES (CROSS IF NO ENTRY)

SYNTHESIS

TYPE ENTRY	TOTAL	(a)
1=PURCHASE, BARTER	[] [] [] [] [] []	[] [] [] [] [] []
2=ARRIVAL IN LOAN/CONTRACT	[] [] [] [] [] []	[] [] [] [] [] []
3=COMING BACK OF A LOAN/CONTRACT	[] [] [] [] [] []	[] [] [] [] [] []
4=GIFT, INHERITANCE, DOWRY, etc.	[] [] [] [] [] []	[] [] [] [] [] []
NB. TOTAL OF ROWS FOR THE HERD:		[] [] [] [] [] []

DETAILS

N°	BREED	SEX (F. M)	AGE AT DATE OF ENTRY	TYPE ENTRY

(a) If other type of entry, select the closest within the proposed types
 (b) Do not count loans or contracts lasting less than one month (e.g. ploughing contracts)

Q2.2: EXITS (CROSS IF NO EXIT)

SYNTHESIS

TYPE EXIT	TOTAL	(a)
1=NATURAL DEATH (ALL DEATH OTHER THAN SLAUGHTERING)	[] [] [] [] [] []	[] [] [] [] [] []
2=SLAUGHTERING (ORD. + EMER.)	[] [] [] [] [] []	[] [] [] [] [] []
3=SALE, BARTER (LIVING ANIM.)	[] [] [] [] [] []	[] [] [] [] [] []
4=DEPARTURE IN LOAN/CONTR.	[] [] [] [] [] []	[] [] [] [] [] []
5=SENDING BACK LOAN/CONTR.	[] [] [] [] [] []	[] [] [] [] [] []
6=GIFT, DOWRY, etc.	[] [] [] [] [] []	[] [] [] [] [] []
7=WITHDRAWAL, THEFT, etc.	[] [] [] [] [] []	[] [] [] [] [] []
NB. TOTAL OF ROWS FOR THE HERD:		[] [] [] [] [] []

DETAIL

N°	BREED	SEX (F. M)	AGE AT DATE OF EXIT	TYPE EXIT	TYPE SLAUGHTERING

Page: [] [] [] []

Figure 2: Subquestionnaire Q2 of the retrospective method (12MO). Information is recorded by annual age class: class "0" represents exact ages from 0 to 1 year, class "1" represents exact ages > 1 to 2 years, etc. Empty columns correspond to eventual auxiliary information recorded during the survey.

Information on entries and exits is recorded in a different way and does not correspond to vertical cells in the Lexis diagram. For each event (entry or exit), the surveyor asked the farmer what was the age of the animal at the date of event. This corresponds to a square cell (Figure 4). For instance, square *j* in Figure 4 reflects entries and exits recorded at exact age ranging from *j* to *j* + 1 year.

These Lexis diagram decompositions are used to define the approximation methods.

Parturition rate

The parturition rate was calculated globally for reproductive females (defined by females older than a given exact age *r*). In the Lexis diagram (Figure 3), this reflects the area above the horizontal line defined by exact age *r* (this line divides vertical cell *r* into two equal parts). The parturition rate was approximated by:

$$h = m / T$$

where *m* was the number of parturitions recorded in the last twelve months for the reproductive females and *T* the time of presence of the reproductive females in the herd. Three methods of approximation (M1 to M3) were evaluated, which varied according to how the data were used in vertical cell *r*. All methods assumed that females enumerated at date of survey lived in the herd during the last twelve months.

M1 assumed that parturitions and time of presence in cell *r* were uniformly distributed in the cell. Half of the parturitions and time of presence in cell *r* were considered:

$$m = \left(\sum_{i>r} m_i \right) + \frac{m_r}{2} \quad T = \left(\sum_{i>r} n_{t,F,i} \right) + \frac{n_{t,F,r}}{2}$$

M2 assumed that parturitions in cell *r* occurred after exact age *r* (*T* was calculated as in M1):

$$m = \sum_{i>r} m_i \quad T = \left(\sum_{i>r} n_{t,F,i} \right) + \frac{n_{t,F,r}}{2}$$

M3 did not consider vertical cell *r*:

$$m = \sum_{i>r} m_i \quad T = \sum_{i>r} n_{t,F,i}$$

Mortality rate

The mortality rate was calculated by the annual age class *i*, reflecting the area in square *i* in the Lexis diagram (Figure 4). The mortality rate was approximated by:

$$h_i = m_i / T_i$$

where *m_i* was the number of deaths which occurred in the last twelve months, and *T_i* the time of presence of the animals in the age class *i*. Four methods of approximation (M1 to M4) were evaluated, which varied depending on how *T_i* was calculated. All methods were based on estimations of time of presence by the mean herd size (20, 23). Mean herd sizes were approximated by arithmetic means between herd sizes at the beginning and the end of the 12-month period. With 12MO data (for which time *t* represented the date of survey), herd sizes twelve months before the survey (time *t*-1) were unknown and had to be estimated.

M1 assumed no size variation in the age class *i* between *t*-1 and *t*:

$$T_i = (n_{t-1,i} + n_{t,i})/2 \quad n_{t-1,i} = n_{t,i}$$

M2 neglected animals' shifts between age classes between *t*-1 and *t*:

$$T_i = (n_{t-1,i} + n_{t,i})/2$$

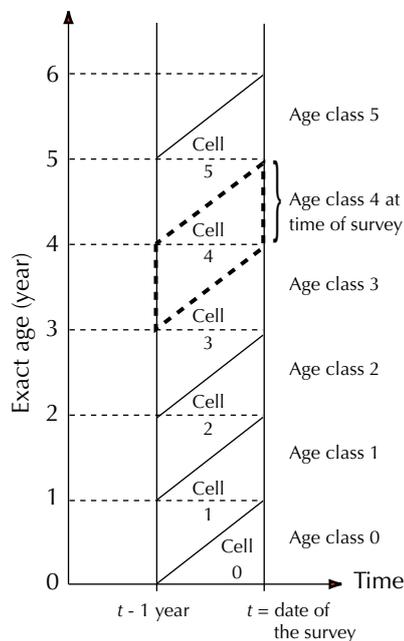


Figure 3: Vertical demographic cells used for calculating the 12-month parturition rate with the retrospective method data. Cell *j* reflects the reproductive history over the last twelve months of a female in age class *j* (exact age ranging from *j* to *j* + 1 years) at date of survey (as an example, cell 4 is bounded by dotted lines).

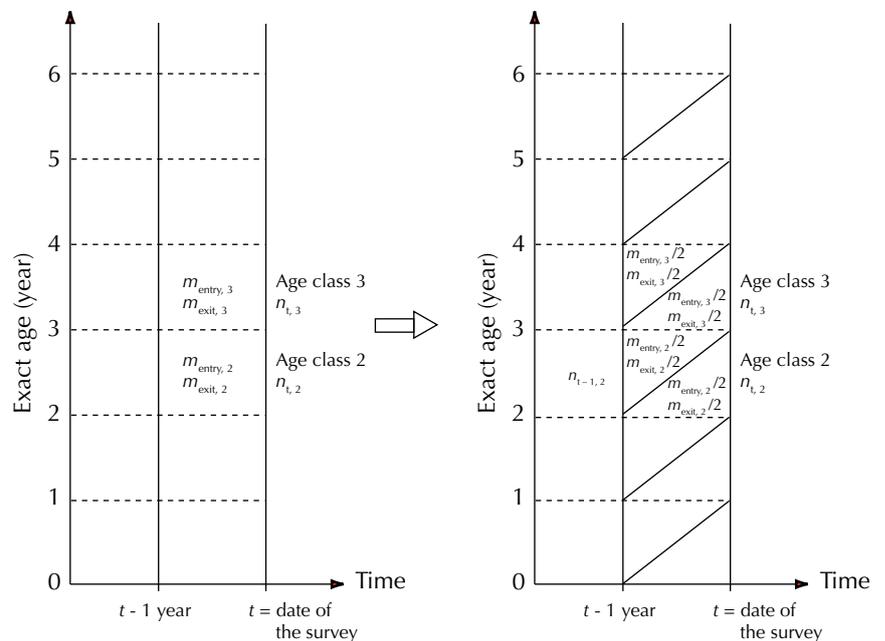


Figure 4: Left part – Square demographic cells used for calculating the 12-month mortality rate with the retrospective method data. Right part – Breakdown of the squares of the Lexis diagram into two triangles (used in the approximation method M4, and in M3 for calculation of the number of births). For instance, the number of animals present in age class 2 twelve months before the survey was estimated by $n_{t-1,2} = n_{t,2} - (m_{entry,2} - m_{exit,2}) / 2 - (m_{entry,3} - m_{exit,3}) / 2$.

$$n_{t-1,i} = n_{t,i} - m_{\text{entry},i} + m_{\text{exit},i}$$

M3 was elaborated by Lesnoff (19). The first step was to calculate $T = (n_{t-1} + n_t)/2$, where $n_{t-1} = n_t - b - m_{\text{entry}} + m_{\text{exit}}$ (b represented the number of births and was approximated by $b = n_{t,0} - m_{\text{entry},0}/2 + m_{\text{death},0}/2 + m_{\text{exit},0}/2$, following the same principle as below in M4). The second step was to assume that the proportion of each age class (relatively to the herd) was constant in the 12-month period, which implied $T_i/T = n_{t,i}/n_t$. T_i were then estimated by $T_i = (n_{t,i}/n_t) * T$

M4 broke down each square of the Lexis diagram into two triangles (Figure 4), assuming that events occurred uniformly in the square (as in common life table methods), which gave by construction:

$$T_i = (n_{t-1,i} + n_{t,i})/2$$

$$n_{t-1,i-1} = n_{t,i} - (m_{\text{entry},i-1}/2 + m_{\text{entry},i}/2) + (m_{\text{exit},i-1}/2 + m_{\text{exit},i}/2)$$

Data sets

Data used in the study were collected during past research programs in Senegal jointly implemented by the Senegalese Institute of Agricultural Researches (ISRA) and the French Agricultural Research Centre for International Development (CIRAD). Extensively managed cattle and small ruminant herds (located from North to South Senegal) were sampled and monitored using the same protocol (11). For several years, herds were visited every 15 days by trained surveyors; dates and characteristics of all the demographic events that occurred in the herds were precisely reported and stored in a relational database. Data have already been described and analyzed in other contexts (8-10, 13, 16, 17, 19, 28, 36).

Table II

The eleven data sets used to estimate the bias in parturition and mortality rates when using the approximation methods

Site	Species	Monitoring period	Num. of herds ^a	Num. of animals ^a	
				Female	Male
Senegal River	Goat	1987-88	36	1060	304
	Sheep	1987-88	155	923	347
Louga	Goat	1984-95	45	674	162
	Sheep	1984-95	138	1714	593
Kaolack	Goat	1995-96	65	349	85
	Sheep	1995-96	140	2357	826
Kaymor	Goat	1984-93	85	677	249
	Sheep	1984-93	77	489	175
Kolda	Cattle	1994-97	12	450	224
	Goat	1984-95	85	576	247
	Sheep	1984-95	93	632	276

^a Average number per month (over the study period)

Data were collected in five study sites. Senegal river Delta and Louga are located in North Senegal and are classified in the Sahelian climatic type with an average annual rainfall less than 500 mm. Kolda is located in Upper-Casamance in South Senegal and is classified in the Sudano-Guinean climatic type with an average annual rainfall of 1110 mm. Kaolack and Kaymor are located in Middle Senegal with an average annual rainfall of 800 mm. In each site, herds were monitored continuously with the same protocol (well-trained field surveyors visited the herds every 15 days and recorded all the demographic events that occurred between two visits).

The evaluation used eleven data sets corresponding to five geographical sites (Senegal River Delta, Louga, Kaolack, Kaymor and Kolda) and three species (cattle, goats and sheep) (Table II). The duration of the study periods varied from two to twelve years depending on the site and species (Table II).

Calculations

In each site, species and animal category (sex, age class), calculations were as follows. To take into account possible seasonal variations of the bias, successive 12-month periods were built (within the study period) by moving a 12-month “window” of one month each time (as in the smoothing “moving averages method”; for instance, $K=37$ successive 12-month periods were built on cattle in Kolda site during 1994-97). Reference rate h_{ref} and approximation h were calculated for each 12-month period. Distributions of observed h_{ref} are presented in Figures 5 and 6. Approximation methods were ranked based on the empirical mean square error of h (MSE, i.e. empirical mean over the K 12-month periods of the squared bias). MSE takes into account both mean and variability of the bias. Noting $B = h - h_{\text{ref}}$ and using the sum of squares decomposition:

$$\begin{aligned} \text{MSE} &= (1/K) * \sum_{k=1}^K (B_k)^2, \\ &= (1/K) * \left[\sum_{k=1}^K \left(\frac{\sum_{k=1}^K B_k}{K} \right)^2 + \sum_{k=1}^K \left(B_k - \frac{\sum_{k=1}^K B_k}{K} \right)^2 \right] \\ &= [\text{Mean}(B_k)]^2 + \text{Var}(B_k). \end{aligned}$$

The method showing the lowest MSE was considered as the most reliable. MSE were presented on log scale for reducing range heterogeneities in figures. The distribution (location and variability) of the relative bias was then described with summary statistics and graphical analyses.

For cattle, the bias of the parturition rate was calculated for age class “> 4 years” (in exact age) and, for small ruminants, for age class “> 1 year” (in exact age). The bias of the mortality rate was preliminarily calculated by annual age class and then summarized for two distinct age classes (exact age): “0 to 1 year” and “> 1 year”. Results for male small ruminants older than 1 year were not considered (most males were slaughtered or sold by farmers and mortality data were too few to be representative). More generally, goats and sheep showed similar patterns and were grouped under “small ruminants”. For the same reason, results were not detailed by geographical site.

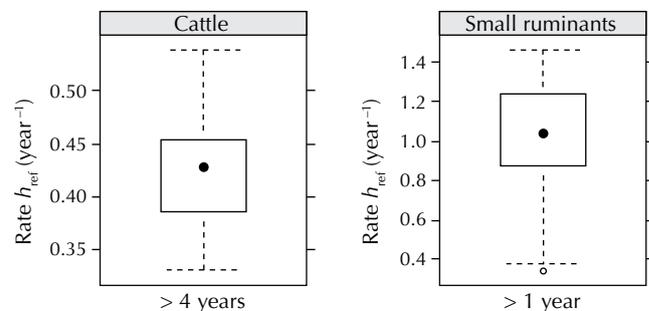


Figure 5: Box-and-whisker plots of the distribution of the reference parturition rate. The point located in a box represents the median. The two “hinges” of the box are the first and third quartile (the box length is the interquartile range (IQR)). The “whiskers” extend out from the box to the most extreme data point which is $\leq 1.5 \times \text{IQR}$ away from the box. Data points outside of the whiskers (“outliers”) are represented by circles.

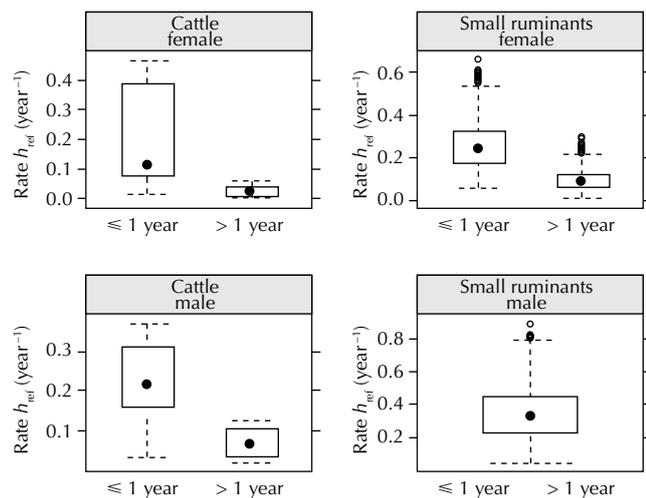


Figure 6: Box-and-whisker plots of the distributions of the reference mortality rate.

RESULTS

Parturition rate

M1 showed the lowest MSE for cattle and M3 for small ruminants (Figure 7). Cattle M1 relative bias ranged from -8 to 6%, with a median of 2%. Small ruminants M3 relative bias was higher and ranged from -21 to 23%, with a median of 1% (Figure 7).

Mortality rate

M4 showed the lowest MSE for all species, sex and age class, except for male small ruminants in age class “0 to 1 year” where M3 was slightly lower (Figure 8). Bias results were only presented for M4 which was the retained method (Figure 9). For cattle, the median relative bias was always < 6% in absolute value. Variability was higher for males than for females, and for age class “0 to 1 year” than for “> 1 year”. For instance, the relative bias in age class “0 to 1 year” ranged from -15 to 29% depending on sex, while it ranged from -11 to 17% in age class “> 1 year”. Small

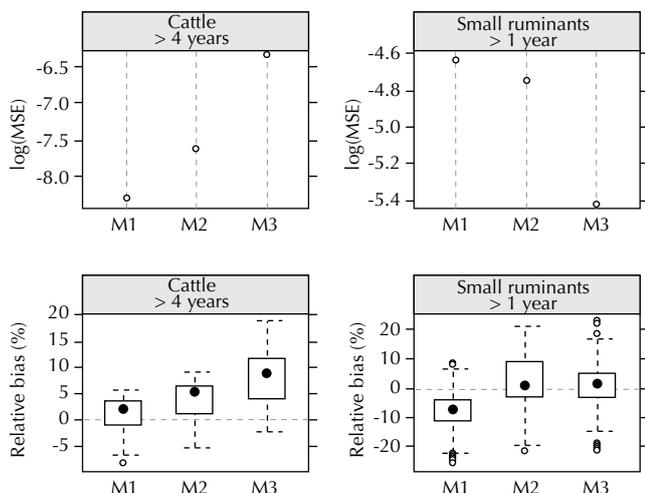


Figure 7: Mean square error (MSE) (in log scale) and box-and-whisker plots of relative bias (%) for the three approximation methods (M1 to M3) used to estimate the parturition rate with the retrospective method data.

ruminants showed a similar pattern (with the median relative bias always < 7% in absolute value) but with higher variability, particularly for males in age class “0 to 1 year” where the relative bias ranged from -60 to 96%.

DISCUSSION

For the parturition rate, evaluation results showed that M1 should be recommended for cattle and M3 for small ruminants. For the mortality rate, M4 (or eventually M3 in some cases) should be

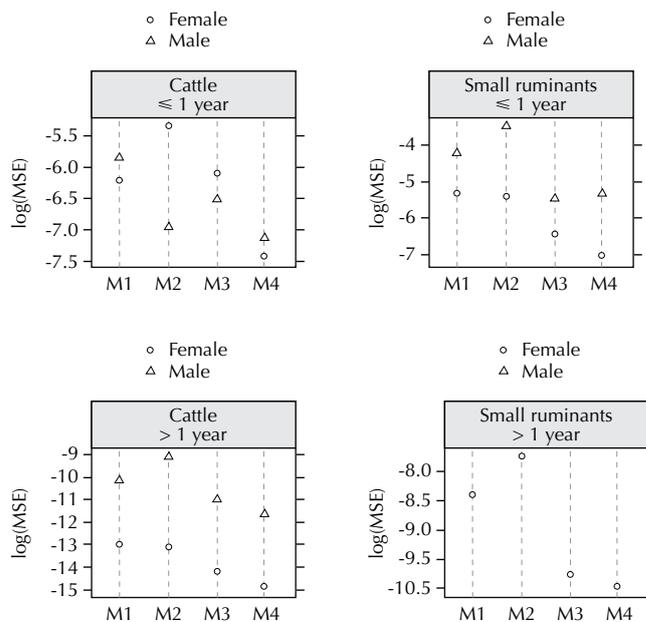


Figure 8: Mean square error (MSE) (in log scale) of the four approximation methods (M1 to M4) used to estimate the mortality rate with the retrospective method data.

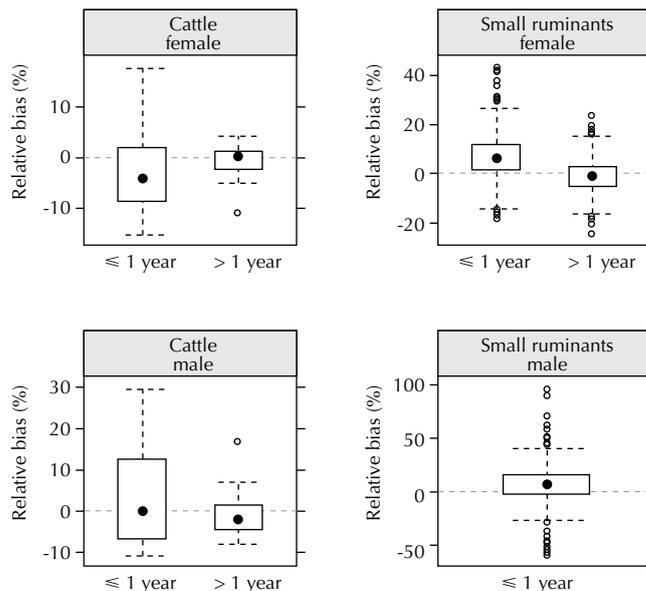


Figure 9: Box-and-whisker plots of relative bias (%) for method M4 (which showed the lowest mean square error) used to estimate the mortality rate with the retrospective method data.

recommended. These results depended on the demographic traits of the livestock populations and therefore on the data considered, which were limited to sedentary herds extensively managed in agro-pastoral systems in Senegal. More data (in various farming systems) should be analyzed to confirm the conclusions. The rarity of gold-standard longitudinal on-farm data in tropical livestock systems remained, however, a limiting constraint for such evaluations (20).

With the recommended methods, median relative biases were in general negligible (in absolute value: $\leq 2\%$ for parturition rate and, for mortality rate, $\leq 6\%$ in age class "0 to 1 year", and $\leq 2\%$ in age class " ≥ 1 year"). Assuming for example true mortality rates of 0.40, 0.20 and 0.10 year⁻¹ in age class "0 to 1 year", a positive relative bias of 6% generates estimated rates of 0.424, 0.212 and 0.106 year⁻¹, respectively.

Nevertheless, an important result was that the bias was highly variable, resulting from multiple causes already discussed in Lesnoff (20) and Lesnoff et al. (23) for estimation of times of presence of animals in the herds. Approximation methods used in 12MO considered either herd demographic equilibrium (no size variation) or demographic events uniformly distributed over the 12-month period. In traditional farming systems, however, herd sizes can show high size variations and seasonality in demographic events. Depending on the date of the survey, events have different time distributions (e.g. peaks of parturitions, mortality, etc.) in the defined 12-month period, which generate bias variability. The way of calculating the parturition rate (based on recording the 12-month reproductive history of females present at date of survey) limits this effect, and the bias variability was lower than for the mortality rate. In the study, the highest bias variability was for small ruminants (particularly for the mortality rate in age class "0 to 1 year"), which was not surprising since small ruminant herds have a faster demographic turnover than cattle (due to the high fecundity and mortality) with marked seasonal peaks of events (e.g. massive offtake for Muslim feasts) and size variations (19).

CONCLUSION

It must be remembered that cross-sectional retrospective surveys yield approximate results, which was confirmed by the present evaluation. Such surveys are also sensitive to the quality of the field work and the perspicacity of the enumerators, currently faced with cumbersome recording activities, which will worsen recall biases. 12MO could be used to assess immediate (approximate) impacts of large shocks (disease outbreak, drought, etc.) or of innovations on herd productivity in traditional farming systems. In the last case, a "control" herd group (with no innovation) should be compared to a herd group receiving the innovation, assuming an equal bias in both groups. Nevertheless, using 12MO is more questionable (and not recommended by the author) when a "reference" biotechnical diagnosis on the herd productivity is expected. Besides the potential biases, 12MO only focused on the last 12-month period before the survey, while demographic rates varied from year to year. In addition, demographic results limited to a 12-month period can be sensitive to dates delimiting the period (22). When possible, herd monitoring surveys (with or without animals' identification) over a period of several years should be preferred.

REFERENCES

- ANDERSON D.R., BURNHAM K.P., 1976. Population of the Mallard. VI. The effect of exploitation on survival. Resource Publication 128. Washington, DC, USA, Department of the Interior, Fish and Wildlife Service.
- BEBE B.O., UDO H.M.J., ROWLANDS G.J., THORPE W., 2003. Smallholder dairy systems in the Kenya highlands: cattle population dynamics under increasing intensification. *Livest. Prod. Sci.*, **82**: 211-221.
- CHIANG C.L., 1984. The life table and its application. Malabar, FL, USA, Robert E. Krieger Publishing.
- CIRAD-IEMVT, 1989. Les enquêtes sur la productivité du bétail. Maisons-Alfort, France, Cirad-Iemvt. (Fiche technique n° 5)
- COX D.R., OAKES D., 1984. Analysis of survival data. New York, NY, USA, Chapman and Hall.
- DOLLFUS L., 1991. Paramètres de productivité et analyses démographiques - Elevage bovin traditionnel en Afrique sahélienne et soudanienne. Mém. stage Dess Productions animales en régions chaudes. Maisons-Alfort, France, Cirad-Iemvt.
- DUMAS R., 1980. Contribution à l'étude des petits ruminants du Tchad. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **33**: 215-233.
- EZANNO P., ICKOWICZ A., BOCQUIER F., 2003. Factors affecting the body condition score of N'Dama cows under extensive range management in Southern Senegal. *Anim. Res.*, **52**: 37-48.
- 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 de performances individuelles des petits ruminants en milieu traditionnel africain. Aspects méthodologiques. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **39**: 29-40.
- FAUGERE O., MERLIN P., FAUGERE B., 1991. Méthodologie d'évaluation de la santé et de la productivité des petits ruminants en Afrique : l'exemple du Sénégal. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **10**: 103-130.
- ICKOWICZ A., MBAYE M., 2001. Sudanian forest and cattle feeding in Senegal: potential and limits. *Bois For. Trop.*, **270**: 47-61.
- ILCA, 1990. Livestock systems research manual. Working paper 1, Vol. 1. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA.
- KALBFLEISCH J.D., PRENTICE R.L., 1980. The statistical analysis of failure time data. New York, USA, Wiley.
- LANCELOT R., LESNOFF M., TILLARD E., MCDERMOTT J.J., 2000. Graphical approaches to support the analysis of linear multilevel models of lambs pre-weaning growth in Kolda (Senegal). *Prev. vet. Med.*, **46**: 225-247.
- LANCELOT R., MCDERMOTT J., PATOUT O., NDIAYE M., NDOUR M., 1997. Diagnosis of zootechnic and economic constraints in a small ruminant farming system in Senegal. *Epidémiol. Santé Anim.*, **31-32**: 02.A21.
- LANDAIS E., SISSOKHO M.M., 1986. Bases méthodologiques du contrôle des performances animales pour l'analyse zootechnique et démographique : collecte des données et choix des variables. In : Landais E., Faye J., eds, Méthodes pour la recherche sur les systèmes d'élevage en Afrique intertropicale. Maisons-Alfort, France, Cirad-Iemvt, p. 433-485. (Etudes et synthèses n° 2)
- 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., 2008. Evaluation of 12-month interval methods for estimating animal-times at risk in a traditional African livestock farming system. *Prev. vet. Med.*, **85**: 9-16.
- LESNOFF M., LANCELOT R., 1997. Estimation and impact of measurement errors for small ruminants demographic data collected during retrospective interviews of farmers in Senegal. In: 8th Int. Symp. Veterinary Epidemiology and Economics, Paris, France, 8-11 July 1997.
- LESNOFF M., LANCELOT R., 2009. Evaluation of crude annual parturition rate estimates in a small-holder African ruminant farming system. *Animal*, **3**: 1347-1353.
- LESNOFF M., LANCELOT R., MOULIN C.-H., MESSAD S., JUANES X., SAHUT C., 2010. Calculation of demographic parameters in tropical livestock herds - A discrete time approach with LASER animal-based monitoring data. Montpellier, France, CIRAD / SupAgro. <http://livtools.cirad.fr>

24. LESNOFF M., MESSAD S., JUANES X., 2009. 12MO: A cross-sectional retrospective method for estimating demographic parameters in tropical small-holder farming systems. Montpellier, France, Cirad. <http://livtools.cirad.fr>

25. LESNOFF M., SALEY M., ADAMOU K., N'DJAJA OUAGA H., AYANTUNDE A., GERARD B., 2008. 12MO: A retrospective method for estimating demographic parameters in tropical ruminant livestock populations. Montpellier, France, CIRAD, Nairobi, Kenya, ILRI.

26. 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. (Coll. Précis d'élevage)

27. MEYER C., ROMIER G., LESNOFF M., LE MASSON A., MESSAD S., FAYE B., 1997. Enquête sur l'élevage du bétail de République centrafricaine. Montpellier, France, Cirad-émvt.

28. MOULIN C.H., FAUGERE O., FAUGERE B., 1994. L'élevage traditionnel des petits ruminants au Sénégal. III. Pratiques de conduite et d'exploitation des animaux chez les éleveurs de la communauté rurale de Kaymor (Sine-Saloum, Sénégal). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **47** : 223-234.

29. PEACOCK C.P., 1983. A rapid appraisal of goat and sheep flock demography in East and West Africa: method, results and application to livestock research and development. Working Document 28. Nairobi, Kenya, ILCA.

30. PLANCHENAU D., 1988. Résultats de l'enquête sur la situation de l'élevage bovin, ovin et caprin au Tchad. Maisons-Alfort, France, Cirad-lemvt.

31. PLANCHENAU D., 1991. Survey on the productivity of livestock in Cameroon. Manual for investigators. Maisons-Alfort, France, Cirad-lemvt.

32. PLANCHENAU D., 1992. Enquête productivité du bétail camerounais. Rapport final. Maisons-Alfort, France, Cirad-lemvt.

33. PRESSAT R., 1983. L'analyse démographique. Concepts, méthodes, résultats. Paris, Presses universitaires de France.

34. SEDES, 1975. Etude de la structure et de la dynamique des troupeaux bovins : méthodologie pratique. Paris, France, Sedes.

35. 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. *Prod. Anim.*, **10** : 67-78.

36. TOURRAND J.F., LANDAIS E., 1996. Productivité des caprins dans les systèmes de production agricole du delta du fleuve Sénégal. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **49** : 168-173.

Accepté le 05.02.2010

Annex 1

INSTANTANEOUS HAZARD RATE

In the area of demography, rate of occurrence of an event may represent two distinct mathematical parameters: an instantaneous hazard rate (h) or a probability (p). Several terms have been used for h – hazard function, instantaneous hazard rate or intensity of risk. The below description of h uses the example of mortality. The instantaneous hazard rate for mortality $h_{\text{death}}(t)$ is the risk of natural death per unit of time, at time t : the quantity $h_{\text{death}}(t)dt$ is the expected proportion of surviving animals at time t that will die within the small interval $(t, t + dt)$. More formally, one considers the random variable T that represents the lifetime of an animal. In the absence of any other cause of removal apart from death, the probability that an animal surviving at time t will die within the time interval $(t, t + dt)$ is $P(t \leq T < t + dt \mid T \geq t)$, where “ \mid ” is the conditional operator. To obtain a rate per unit of time, this conditional probability is divided by the length of the time interval dt . The instantaneous hazard rate is the limit of this value when dt tends towards 0:

$$h_{\text{death}}(t) = \lim_{dt \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + dt \mid T \geq t)}{dt}$$

In the area of livestock raising, the instantaneous offtake rate $h_{\text{offtake}}(t)$ is defined in the same way as $h_{\text{death}}(t)$. The total instantaneous hazard rate of removal (assuming removals arise only from death and offtake) is $h_{\text{total}}(t) = h_{\text{death}}(t) + h_{\text{offtake}}(t)$. An instantaneous hazard rate can be greater than 1 and is expressed in unit time^{-1} (whereas a probability p ranges from 0 to 1 and has no unit).

When rates h are constant, p can be estimated on the basis of h and vice-versa. For instance, if one assumes that the only cause of removal is death and that h_{death} is constant for the period $(t, t + \Delta t)$, the probability of natural death p_{death} during that period can be calculated based on formulae by Chiang (1984), Cox and Oaks (1984), and Kalbfleisch and Prentice (1980):

$$p_{\text{death}} = 1 - \exp(-h_{\text{death}} \Delta t).$$

Hence, an instantaneous hazard rate for death of 0.50 year^{-1} (that means that 0.5 death is expected per 365 animal-days of presence) is associated with an annual probability of dying of 0.39 (with no offtake), which means that 39%, not 50%, of a cohort of animals will die on average in a year.

When there are other causes of removal (e.g. offtake), which are referred to as competing risks for death, the probability of death decreases and becomes an “apparent” probability of death (this is due to the fact that animals removed as offtake will “escape” the daily natural death risk, which here is $h_{\text{death}}/365$, in the population). It can be computed based on formulae by Anderson and Burnham (1976), and Chiang (1984):

$$p_{\text{death}} = \frac{h_{\text{death}}}{h_{\text{death}} + h_{\text{offtake}}} [1 - \exp(-(h_{\text{death}} + h_{\text{offtake}}) \Delta t)] \leq 1 - \exp(-h_{\text{death}} \Delta t)$$

For example, the death rate $h_{\text{death}} = 0.50 \text{ year}^{-1}$ corresponds to an annual death probability $p_{\text{death}} = 0.39$ when there is no offtake ($h_{\text{offtake}} = 0$), and to $p_{\text{death}} = 0.33$ when $h_{\text{offtake}} = 0.40 \text{ year}^{-1}$. In the first case, 39% of a cohort of animals will die on average over the year and, in the second case, only 33%.

When data are grouped by animal category and by period of time and the instantaneous hazard rate is constant, it can be estimated by $h = m/T$, where m is the number of events (of a given type) that occurred in the period, n the number of animals present at the beginning of the period and T the total time of presence of these animals during the period, which in epidemiology is called the time at risk.

Résumé

Lesnoff M. Evaluation d'une méthode d'enquête rétrospective sur une période de douze mois pour estimer les taux de mise bas et de mortalité du bétail dans un système d'élevage africain traditionnel

Les taux annuels de mise bas et de mortalité sont des données de base nécessaires pour quantifier la productivité des cheptels domestiques tropicaux élevés en milieux extensifs. Les suivis de troupeaux avec bouclage des animaux sont une méthode de référence pour estimer ces paramètres sur le terrain. Les méthodes transversales rétrospectives, basées sur des entretiens avec les éleveurs et leur mémoire à court ou long terme de la démographie des troupeaux, sont des alternatives. La présente étude a évalué une méthode rétrospective (12MO) pour estimer les taux de mise bas et de mortalité pour la période des douze derniers mois précédents l'enquête. Le biais de différentes approximations utilisées dans les calculs a été évalué d'après plusieurs jeux de données disponibles et collectées sur les bovins et les petits ruminants au Sénégal. Le principal résultat de l'étude a été la variabilité potentiellement élevée du biais (en particulier pour le taux de mortalité des petits ruminants pour lequel le biais relatif a varié entre -60 et 96 p. 100 dans la classe d'âge « 0 à 1 an »), malgré un biais médian acceptable (la médiane de biais relatif a été ≤ 6 p. 100 en valeur absolue). Les méthodes rétrospectives telles que 12MO devraient être utilisées avec parcimonie (par exemple pour évaluer approximativement l'impact immédiat de chocs importants ou d'innovations) et leurs résultats interprétés avec précaution. Lorsque cela est possible, les suivis de troupeaux (avec ou sans identification des animaux) sur plusieurs années consécutives devrait être privilégiés.

Mots-clés : Bovin – Ovin – Caprin – Taux de parturition – Mortalité – Méthode statistique – Diagnostic rural rapide – Zone tropicale – Sénégal.

Resumen

Lesnoff M. Fiabilidad de un método de encuesta retrospectiva durante un periodo de doce meses para la estimación de las tasas de parto y mortalidad en un sistema de crianza animal africano tradicional

Las tasas anuales de mortalidad y de parto son datos básicos para cuantificar la productividad de las poblaciones ganaderas en los sistemas de crianza extensivos tropicales. El seguimiento del hato con animales marcados en la oreja es la regla de oro para la estimación de estos parámetros en el campo. Las alternativas son encuestas retrospectivas transversales, basadas en entrevistas con los finqueros y su memoria a corto o largo plazo sobre la demografía del hato. El presente estudio evaluó un método retrospectivo (12MO) para la estimación de las tasas de parto y mortalidad durante los últimos doce meses anteriores a la encuesta. Se calcularon los sesgos de los diferentes métodos de aproximación para las diferentes bases de datos disponibles en ganado y pequeños rumiantes seguidos en Senegal. El resultado principal fue el sesgo de variabilidad potencialmente alto (particularmente para la tasa de mortalidad en pequeños rumiantes, para los cuáles el sesgo relativo varió de -60 a 96% en clase de edad "0 a 1 año"), aunque el sesgo medio se mantuvo aceptable (sesgo medio relativo fue $\leq 6\%$ en valor absoluto). Las encuestas retrospectivas como 12MO deben ser usadas con moderación (por ejemplo para aproximaciones de impactos inmediatos provocados por choques importantes o de innovaciones) y sus resultados deben interpretarse con cautela. Cuando es posible, deben preferirse las encuestas de seguimiento de hatos (con o sin identificación de los animales) durante un periodo de varios años.

Palabras clave: Ganado bovino – Ovino – Caprino – Tasa de parto – Mortalidad – Método estadístico – Diagnóstico rural rápido – Zona tropical – Senegal.

Facteurs de variation non génétique de la productivité des brebis de race Noire de Thibar

I. Ben Salem ^{1*} M. Rekik ¹ H. Hammami ²
M. Ben Hamouda ³ R. Aloulou ⁴ L. Sâadoun ²

Mots-clés

Ovin – Brebis – Taux de natalité –
Taille de portée – Viabilité –
Productivité – Tunisie.

Résumé

Afin de mesurer les performances reproductives et de productivité (poids total de la portée) de la brebis Noire de Thibar, et de déterminer l'influence de facteurs non génétiques sur ces paramètres, une base de données initiale, constituée par 101 000 agneaux contrôlés pour leur croissance dans le cadre du programme national d'amélioration des ovins à viande, a été utilisée. Une base de données indexée par brebis a ensuite été générée avec un total de 64 137 agnelages représentant 12 années (1991-2002), 25 fermes et 48 troupeaux. Le taux de mise bas moyen dans les troupeaux de la race Noire de Thibar a été de $80,1 \pm 12,9$ p. 100 avec des effets importants ($p < 0,001$) de la ferme et de l'année de mise bas. A la naissance, la taille de portée moyenne par brebis mettant bas a atteint $1,32 \pm 0,47$; elle a baissé à $1,23 \pm 0,55$ à 70 jours après l'agnelage. Toutes les principales sources de variation retenues dans le modèle (ferme, année de mise bas, mois de mise bas et âge de la brebis), ainsi que leurs interactions ont significativement affecté la taille de la portée aux différents stades après la mise bas. La survie des agneaux par portée entre la naissance et 70 jours a été observée pour 89,9 p. 100 des brebis ; seulement 5,8 p. 100 des brebis ont perdu la totalité des agneaux de leur portée. Une analyse de la variance a révélé que les facteurs année de mise bas, mois de mise bas, âge de la brebis, sexe de la portée et taille de la portée ont eu un effet très significatif sur les proportions de brebis présentant des niveaux différents de survie des agneaux au sein de la portée. En moyenne, la productivité des brebis Noires de Thibar à 10, 30 et 70 jours après l'agnelage a été respectivement de $6,6 \pm 2,2$, $10,3 \pm 3,5$ et $18,6 \pm 6,6$ kg. Les principales sources de variations (ferme, année de mise bas, mois de mise bas, âge de la brebis et taille de la portée), ainsi que certaines interactions de deuxième niveau ont eu des effets significatifs ($p < 0,001$) sur les caractères de productivité étudiés. La catégorie des brebis âgées de quatre ans ayant eu des portées de triplets tous mâles a été associée aux niveaux de productivité les plus élevés à 70 jours. Ce travail préliminaire sur les caractères reproductifs et de productivité des brebis Noires de Thibar est essentiel à l'élaboration d'un index de sélection femelle qui pourra être incorporé dans un éventuel schéma d'amélioration génétique de cette race.

■ INTRODUCTION

Quel que soit le système de production, la productivité des brebis est la principale préoccupation des élevages ovins à travers le monde (31). Son amélioration constitue un objectif important de l'industrie de la production de viande ovine. Le nombre et le poids des agneaux sevrés par brebis ayant mis bas sont des caractères de nature composite qui sont essentiels dans la détermination de la production totale d'agneaux par brebis. Ils peuvent ainsi être considérés comme des indices phénotypiques naturels synthétisant les différents paramètres zootechniques plus élémentaires comme les taux de mise bas, la taille de la portée, la survie néonatale et le

1. Service de Zootechnie, Ecole nationale de médecine vétérinaire, 2020 Sidi Thabet, Tunisie.
2. Direction d'amélioration génétique, Office de l'élevage et des pâturages, Sidi Thabet, Tunisie.
3. Institution de la recherche et de l'enseignement supérieur agricoles, Tunis, Tunisie.
4. Institut supérieur agronomique de Chott Meriem, Chott-Meriem, Sousse, Tunisie.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +216 71 552 200 ; fax : +216 71 552 441 ; e-mail : bensalemimen@yahoo.fr

pois des agneaux au sevrage (17). Les voies d'amélioration de la productivité sont nombreuses. Certaines s'adressent à l'amélioration des performances reproductives (18) alors que d'autres, dans le cas des élevages à viande, ciblent les performances de croissance des agneaux (15).

Il existe une autre approche, celle d'intégrer à la fois les caractères de reproduction et la croissance dans le concept unique de la productivité par femelle reproductrice. Cette approche a donc l'avantage de considérer, en même temps, les aptitudes reproductives de la mère (prolificité), ses qualités maternelles (potentiel d'allaitement, survie des individus dans la portée), ainsi que le potentiel de croissance de ses descendants (16). Cette voie est particulièrement intéressante dans les systèmes à faibles intrants de la rive sud de la Méditerranée. En effet, dans un tel contexte, les contraintes liées à l'environnement de l'élevage des filières extensives des petits ruminants peuvent agir d'une manière continue durant tout le cycle de production des troupeaux affectant ainsi les différentes composantes de la productivité des brebis. La notion de productivité peut ainsi faire émerger des modalités d'action globales des facteurs de l'environnement, plus difficiles à décrire lorsque les composantes de la productivité sont analysées séparément.

En Tunisie, qui compte près de quatre millions de brebis (29), peu d'études ont porté sur la productivité des races autochtones au sein de leur écosystème d'élevage. A la connaissance des auteurs, la seule estimation de productivité est celle rapportée par Jmal (20) qui la situe à 20,3 kg, 90 jours après la mise bas, pour la Barbarine à Queue grasse dans des troupeaux pilotes. Beaucoup moins importante que la Barbarine en termes d'effectifs, la race Noire de Thibar, avec environ 80 000 à 90 000 femelles reproductrices, est présente uniquement dans l'étage bioclimatique subhumide (32) et occupe ainsi le milieu d'élevage le plus propice en Tunisie. La race est une création du début du XX^e siècle, issue d'un croisement entre la Queue fine de l'Ouest et la Mérinos de la Crau (21). Selon Chafik (12), la Noire de Thibar présente des caractéristiques zootechniques intéressantes, notamment en rapport avec sa prolificité, mais ne bénéficie pour l'instant d'aucun schéma d'amélioration.

Afin de renforcer les outils d'une évaluation génétique des brebis Noires de Thibar en se basant sur la productivité, les objectifs du présent travail ont été de quantifier les performances de reproduction et de productivité de ces brebis, et d'analyser les différentes sources de variation qui reflétaient le mode d'action du milieu sur les paramètres étudiés.

■ MATERIEL ET METHODES

Animaux, milieu et conduite

Dans cette étude ont été utilisées les données des brebis Noires de Thibar inscrites au contrôle officiel de croissance, conformément aux dispositions de l'International Committee of Animal Recording (6), avec absence de contrôle de la paternité. Un total de 64 137 agnelages représentant 12 années (1991-2002) provenant de 48 troupeaux appartenant à 25 fermes ont été exploités. En raison de la restructuration de certaines fermes du secteur étatique au secteur privé et de l'apparition de certains foyers de maladies contagieuses (fièvre aphteuse et brucellose), le contrôle des performances a dû être suspendu et n'a pas pu se dérouler normalement durant certaines campagnes dans certaines fermes.

Les brebis inscrites au programme de contrôle de la croissance sont élevées dans des troupeaux de 200 à 250 femelles en moyenne appartenant à des fermes privées, des unités coopératives de production ou des domaines agricoles étatiques avec une conduite du type semi-intensif. Le système d'alimentation est principalement

intégré à celui de la production céréalière (pâturage sur chaumes, jachères et orge en vert...). Les animaux reçoivent en plus un apport fourrager sous forme de foin, d'ensilage et de concentré en quantités variables à différents stades du cycle de production (avant la mise à la lutte, fin de la gravidité et début de la lactation).

Les troupeaux sont soumis à un rythme d'un agnelage par an avec des luttés de contre-saison s'effectuant entre les mois de mars et de juin, et des mises bas qui s'échelonnent entre les mois de juillet et de décembre. Les femelles sont mises à la reproduction pour la première fois à l'âge de 18 mois au stade antenaise. Enfin, les services de contrôle de croissance procèdent annuellement aux opérations de réforme et au choix des femelles de renouvellement avec un taux de remplacement de l'ordre de 18 p. 100 dans les troupeaux de cette étude (figure 1).

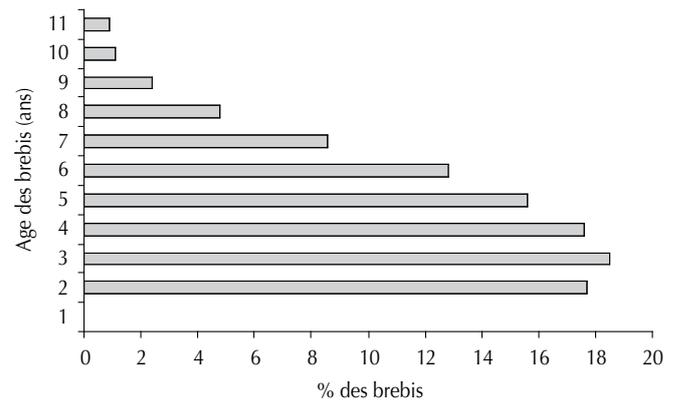


Figure 1 : pyramide d'âge des brebis dans les élevages contrôlés de la race Noire de Thibar.

Paramètres étudiés

La base de données recueillie a permis d'étudier les paramètres suivants relatifs à la productivité des brebis Noires de Thibar :

- le taux de mise bas défini par le rapport du « nombre de femelles mettant bas » sur le « nombre de femelles mises à la lutte » x 100. Le taux de mise bas a été calculé par troupeau et par an, et il a été relatif à une mise à la lutte s'échelonnant sur deux à trois mois selon les élevages ;
- la taille de la portée aux âges types, calculée en additionnant le nombre d'agneaux nés d'une même brebis et vivants à la naissance (TPN), à 30 (TP30) et à 70 (TP70) jours après la mise bas ;
- le poids de la portée aux âges types (PP10, PP30 et PP70) qui, pour une brebis donnée, représente la somme des poids individuels des agneaux issus d'une même mise bas aux âges correspondants, c'est-à-dire à 10, 30 et 70 jours après la mise bas.

Bien que le facteur sexe ne soit pas appréhendé de manière explicite dans les études de productivité pondérale, il en a été tenu compte dans ce travail eu égard à son effet mis en évidence sur les poids aux âges types et les gains moyens quotidiens individuels des agneaux (2, 5, 20). Ainsi, pour la variable sexe de la portée (SXP) trois niveaux de variation ont été définis : les portées composées exclusivement d'individus de sexe mâle, les portées composées exclusivement d'individus de sexe femelle, et les portées composées d'individus des deux sexes.

Analyses statistiques

Taux de mise bas

L'influence des facteurs de variation du taux de mise bas dans les troupeaux de race Noire de Thibar a été étudiée à l'aide d'un

modèle linéaire (modèle 1) qui a tenu compte des facteurs fixes suivants :

$$Y_{ijkl} = \mu + FE_i + AMB_j + TR_k (FE)_i + FE \times AMB_{i*j} + E_{ijkl}$$

où Y_{ijkl} représentait le taux de mise bas à l'échelle du troupeau appartenant à la i^e ferme (de 1 à 25), au cours de la j^e année de mise bas (de 1991 à 2002). $TR_k (FE)_i$ représentait l'effet du troupeau hiérarchisé par ferme et $FE \times AMB_{i*j}$ celui de l'interaction ferme et année de mise bas.

Paramètres de productivité

Les facteurs de variation des paramètres de productivité numérique (taille de la portée) ont été analysés avec le modèle linéaire suivant (modèle 2) :

$$Y_{ijklm} = \mu + FE_i + AMB_j + MB_k + AB_l + FE \times MB_{i*k} + AMB \times MB_{j*k} + E_{ijklm}$$

où Y_{ijklm} représentait la taille de la portée à la naissance, à 30 et à 70 jours après la mise bas de la brebis m appartenant à la i^e ferme (de 1 à 25), ayant mis bas au cours de la j^e année de mise bas (de 1991 à 2002) et du k^e mois de mise bas (entre juillet et décembre). AB_l représentait l'effet du l^e âge de la brebis (de 2 à 11). $FE \times MB_{i*k}$ était celui de l'interaction ferme et année de mise bas, et $AMB \times MB_{j*k}$ l'effet de l'interaction année et mois de mise bas.

Enfin, les variables pondérales (poids de la portée) ont été étudiées selon le modèle 3 :

$$Y_{ijklmnop} = \mu + FE_i + AMB_j + MB_k + AB_l + SXP_m + TPN_n + TR_o (FE)_i + FE \times AMB_{i*j} + AMB \times MB_{j*k} + SXP \times TPN_{m*n} + E_{ijklmnop}$$

où $Y_{ijklmnop}$ représentait les poids de la portée à 10, 30 et 70 jours de la brebis p dans la i^e ferme (de 1 à 25), ayant mis bas au cours de la j^e année de mise bas (de 1991 à 2002) et du k^e mois de mise bas (entre juillet et décembre). AB_l représentait l'effet du l^e âge de la brebis (de 2 à 11), SXP_m celui du m^e sexe de la portée (mâle, femelle, mixte), TPN_n l'effet de la n^e taille de la portée à la naissance (simple, double, triple), $TR_o (FE)_i$ l'effet du troupeau hiérarchisé par la ferme, et $FE \times AMB_{i*j}$, $AMB \times MB_{j*k}$ et $SXP \times TPN_{m*n}$ les effets respectifs des interactions entre ferme et année de mise bas, entre année et mois de mise bas, et entre sexe et taille de la portée.

En plus de la détermination des sources de variation, les solutions des moindres carrés issues du modèle 2 et relatives aux effets fixes de l'âge de la mère, ainsi que celles relatives au modèle 3 et concernant les effets fixes du sexe de la portée, de la taille de la portée à la naissance et de l'âge de la mère ont été calculées pour décrire et quantifier l'effet intrinsèque de ces facteurs sur les tailles et les poids de la portée.

L'analyse du taux de mise bas ainsi que des paramètres de productivité numérique et pondérale a été effectuée en adoptant la procédure du modèle linéaire généralisé (GLM) du logiciel SAS (33).

■ RESULTATS

Taux de mise bas

Le taux moyen de mise bas des brebis Noires de Thibar a été de $80,1 \pm 12,9$ p. 100 (tableau I). Le taux de mise bas a été influencé ($p < 0,001$) par les sources de variation suivantes : la ferme, l'année de mise bas et l'interaction entre ces deux facteurs. Le facteur troupeau hiérarchisé par ferme s'est révélé non significatif au seuil de $p < 0,05$.

Taille de la portée

Le tableau II montre les tailles de la portée moyennes à la naissance, à 30 et à 70 jours après la mise bas des brebis Noires de Thibar élevées dans le nord de la Tunisie. L'analyse statistique a mis en évidence l'influence très significative de toutes les sources de variation retenues dans le modèle (la ferme, l'année de mise bas, le mois de mise bas, l'âge de la brebis, les interactions entre la ferme et l'année de mise bas, et entre l'année et le mois de mise bas) pour les tailles de la portée à la naissance, à 30 et à 70 jours après la mise bas.

Tableau I

Sources de variation du taux de mise bas des troupeaux de race Noire de Thibar

Paramètre	Nb. d'observations	Moy. ± E.T.	R ²	Effet fixe	P
Taux de mise bas (%)	261	80,12 ± 12,90	0,88	FE	***
				AMB	***
				TR (FE)	NS
				FE x AMB	***

E.T. : écart-type ; FE : ferme ; AMB : année de mise bas ; TR : troupeau
*** P < 0,001

Tableau II

Sources de variation des tailles de la portée des brebis de race Noire de Thibar

Caractère	Nb. d'observations	Moy. ± E.T.	R ²	Effet fixe	P
TPN	64 137	1,32 ± 0,47	0,09	FE	***
				AMB	***
				MB	***
				AB	***
				FE x AMB	***
				AMB x MB	***
TP30	61 161	1,27 ± 0,51	0,10	FE	***
				AMB	***
				MB	***
				AB	***
				FE x AMB	***
				AMB x MB	***
TP70	55 611	1,23 ± 0,55	0,11	FE	***
				AMB	***
				MB	***
				AB	***
				FE x AMB	***
				AMB x MB	***

E.T. : écart-type ; FE : ferme ; AMB : année de mise bas ; MB : mois de mise bas ; AB : âge de la brebis ; TPN : taille de la portée à la naissance ; TP30 et TP70 : taille de la portée respectivement à 30 et 70 jours après la mise bas
*** P < 0,001

La figure 2 montre l'effet de l'âge de la brebis sur le nombre d'agneaux nés. Les tailles de portée des brebis dont l'âge était compris entre 5 et 6 ans ont été les plus importantes. Dans le cas de la présente étude, les brebis âgées de 5 ans ont été prises comme base de comparaison ; les résultats ont indiqué ensuite qu'elles étaient en outre celles dont les performances ont été maximales à la naissance, à 30 et à 70 jours après la mise bas. Les performances les plus faibles ont été observées chez les brebis primipares.

La TPN a été en moyenne de 1,35 en juillet, août et septembre, soit supérieure respectivement de 0,08 et de 0,23 agneaux aux TPN d'octobre et des mois cumulés de novembre et décembre (figure 3). A 70 jours après la mise bas, ces écarts ont augmenté et sont devenus respectivement de 0,10 et 0,39 agneaux.

Paramètres de productivité

Les poids de la portée à 10, à 30 et à 70 jours après la mise bas ont été respectivement de 6,6 ± 2,2, 10,3 ± 3,5 et 18,4 ± 6,6 kg (tableau III). L'application des différents modèles d'analyse a mis en évidence l'existence de plusieurs sources de variation des caractères

de productivité pondérale de la brebis Noire de Thibar. Les coefficients de détermination des différents modèles ont varié entre 0,55 et 0,61 en fonction du paramètre étudié. La ferme, l'année de mise bas, le mois de mise bas, l'âge de la brebis et la taille de la portée à la naissance ont été des sources de variation importantes pour la productivité pondérale (p < 0,001). Le facteur sexe de la portée a eu un effet significatif uniquement sur les poids de la portée à 30 et à 70 jours. A 70 jours, les poids des portées formées par des mâles seuls ont été plus élevés que ceux des portées de sexe mixte et composées de femelles seules. Comparées aux portées composées de femelles seules (prises comme référence), les différences de poids ont atteint à 70 jours après l'agnelage 0,6 et 1,0 kg, respectivement pour les portées de sexe mixte et celles de sexe mâle. Les interactions entre la ferme et l'année de mise bas, entre l'année et le mois

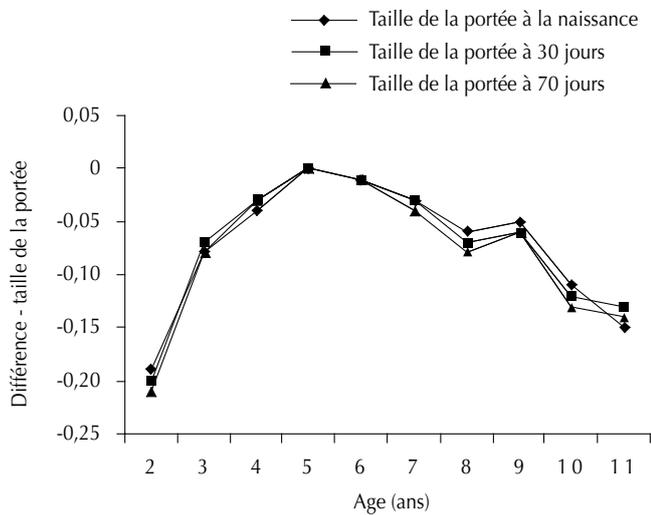


Figure 2 : effets de l'âge sur les tailles de la portée à la naissance, à 30 et à 70 jours après la mise bas de la brebis Noire de Thibar.

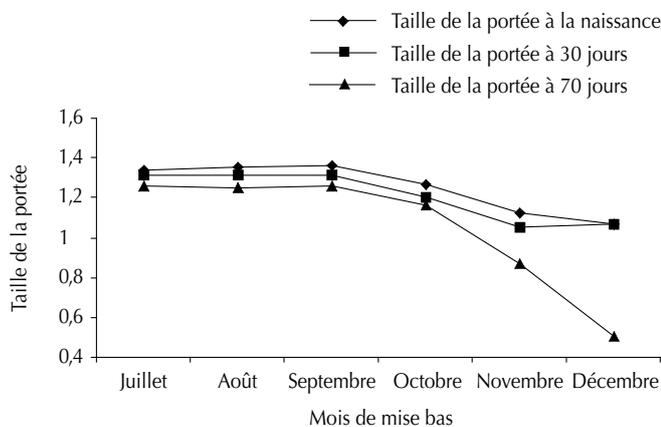


Figure 3 : effet du mois de mise bas sur les tailles de la portée à la naissance, à 30 et à 70 jours après la mise bas pour la brebis Noire de Thibar.

Tableau III

Sources de variation des poids de la portée des brebis de race Noire de Thibar

Caractère	Nb. d'observations	Moy. ± E.T.	R ²	Effet fixe	P
PP10 (kg)	59 272	6,6 ± 2,2	0,55	FE	***
				AMB	***
				MB	***
				AB	***
				SXP	NS
				TPN	***
				FE x AMB	***
				AMB x MB	***
				TR (FE)	***
				SXP x TPN	NS
PP30 (kg)	59 272	10,3 ± 3,5	0,60	FE	***
				AMB	***
				MB	***
				AB	***
				SXP	*
				TPN	***
				FE x AMB	***
				AMB x MB	***
				TR (FE)	***
				SXP x TPN	*
PP70 (kg)	52 107	18,6 ± 6,6	0,61	FE	***
				AMB	***
				MB	***
				AB	***
				SXP	*
				TPN	***
				FE x AMB	***
				AMB x MB	***
				TR (FE)	***
				SXP x TPN	NS

E.T. : écart-type ; FE : ferme ; AMB : année de mise bas ; MB : mois de mise bas ; AB : âge de la brebis ; SXP : sexe de la portée ; TPN : taille de la portée à la naissance ; TR : troupeau ; PP10, PP30 et PP70 : poids de la portée respectivement à 10, 30 et 70 jours après la mise bas

*** P < 0,001 ; * P < 0,05 ; NS : non significatif

de mise bas, et le facteur troupeau intra-ferme ont également affecté de manière très significative tous les caractères étudiés. L'interaction sexe x taille de la portée n'a eu d'effet significatif ($p < 0,05$) que pour le poids de la portée à 30 jours.

Les effets moyens de la taille de la portée à la naissance sur les poids de la portée à 10 et à 70 jours après la mise bas sont indiqués dans le tableau IV. Pour ces deux caractères de productivité, une nette supériorité des portées doubles et triples a été constatée par rapport aux portées simples. Cette supériorité s'est accrue au fur et à mesure de l'éloignement de la date de mise bas. Ainsi, les brebis ayant eu des portées doubles ou triples ont produit, 70 jours après l'agnelage, respectivement 8,7 et 12,5 kg de plus que les brebis ayant eu un seul agneau.

La figure 4 illustre l'effet net de l'âge de la brebis sur les poids de la portée. Les performances de productivité les plus élevées ont été observées dans la catégorie d'âge comprise entre 3 et 6 ans avec un maximum atteint à l'âge de 4 ans. Après 6 ans d'âge, les performances de productivité des brebis ont diminué. Les estimations des moindres carrés de l'interaction entre la taille et le sexe de la portée pour la productivité pondérale à 30 jours après la mise bas sont consignées dans la figure 5. Pour les portées composées d'un seul agneau, les mâles ont réalisé des performances plus élevées. Quand la portée a été composée de deux agneaux, les performances les plus élevées ont été attribuées aux portées mixtes, suivies des mâles

Tableau IV

Estimation des moindres carrés des effets de la taille de la portée à la naissance sur les poids de la portée des brebis Noires de Thibar

TPN	PP10 (kg)	PP70 (kg)
Simple	-4,39	-12,51
Double	-1,36	-3,84
Triple	0	0

TPN : taille de la portée à la naissance ; PP10 et PP70 : poids de la portée à 10 et 70 jours après la mise bas

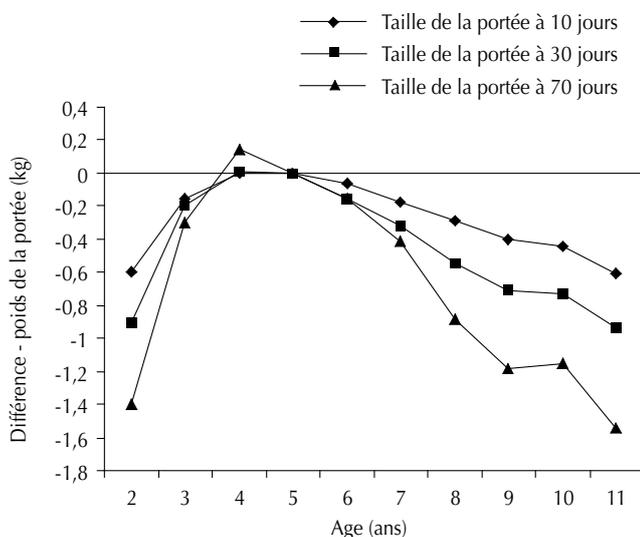


Figure 4 : effets de l'âge de la brebis Noire de Thibar sur les poids de la portée à 10, 30 et 70 jours après la mise bas.

et enfin des portées formées uniquement de femelles. Les portées à trois agneaux, quel qu'ait été le nombre de mâles ou de femelles, ont eu des performances semblables.

DISCUSSION

Paramètres de reproduction

En comparant la Noire de Thibar aux autres races à viande en Tunisie, en l'occurrence la Barbarine et la Queue fine de l'Ouest d'après l'étude de Chafik (12), son taux de mise bas est apparu plus faible. Cependant, lorsque la comparaison entre les trois génotypes est restreinte au nord de la Tunisie (12), dans son berceau d'élevage, le taux de mise bas de la Noire de Thibar, avec une moyenne de 93,6 p. 100, est le plus élevé. A l'opposé, son taux de mise bas peut baisser à moins de 75 p. 100 dans le centre de la Tunisie où les conditions climatiques sont plus difficiles que dans le nord du pays. En ce qui concerne la taille de portée à la naissance, la moyenne obtenue dans cette étude pour les brebis de race Noire de Thibar a été supérieure à celles des deux autres races à viande tunisiennes. En effet, une taille de portée moyenne de 1,27 et de 1,13 est rapportée pour la Barbarine, respectivement par Ben Gara (4) et Jmal (20), et de 1,19 pour la Queue fine de l'Ouest par Lassoued et Rekik (25). Néanmoins, la race Noire de Thibar demeure moyennement prolifique comparée à d'autres races étrangères. Abdulkhalik et coll. (1), Boujenane et coll. (8), et Long et coll. (26) rapportent des tailles de portée à la naissance respectivement de 1,49, 2,00 et 1,50 pour les races Columbia, D'Man et Suffolk.

Cette étude a montré un effet important de la ferme et de l'année aussi bien sur le taux de mise bas que sur la taille de la portée. Ce résultat classique qui illustre la dépendance des performances reproductives de l'environnement est aussi rapporté par d'autres auteurs pour d'autres races et dans d'autres régions du monde (10, 11, 30). Les fluctuations observées dans les paramètres de reproduction représentent, d'une part, le caractère aléatoire des variations climatiques au sud de la Méditerranée avec ses conséquences sur l'alimentation et l'état corporel des brebis. Ces mêmes fluctuations traduisent, d'autre part, des stratégies différentes de gestion

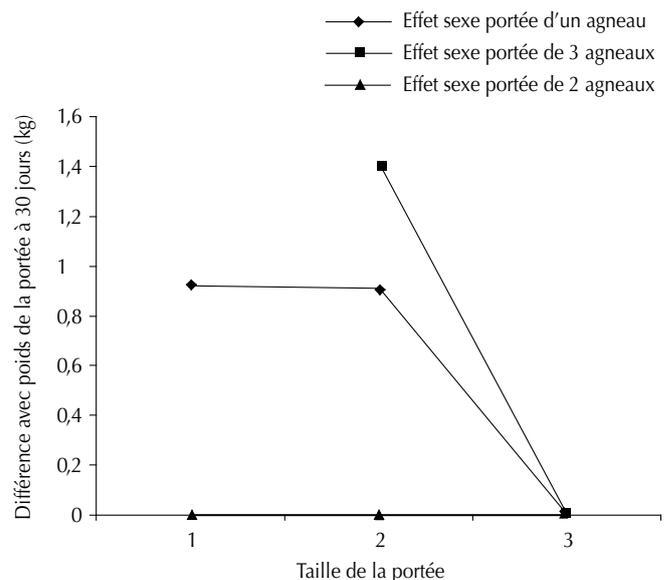


Figure 5 : effets de l'interaction taille et sexe de la portée sur le poids de la portée à 30 jours après la mise bas de la brebis Noire de Thibar.

de l'alimentation et de la reproduction entre les exploitations (23). C'est la résultante de l'ensemble de ces facteurs de nature climatique et ayant trait à la conduite qui serait à la base des larges variations observées des paramètres de reproduction (28).

Par ailleurs, comme le rapportent Fogarty et coll. (17), les écarts entre les performances de productivité numérique enregistrés dans les fermes de la présente étude peuvent suggérer l'existence d'interactions génotype x environnement, non seulement entre régions géographiques, mais aussi entre des systèmes de production qui diffèrent dans une même région.

Il est également important de souligner l'effet de la saison d'agnelage sur les performances de productivité numérique. Cet effet a aussi été rapporté par Boujenane et coll. (9), Clément et coll. (14), et Niaré (30).

Dans l'analyse de la variable TPN, l'effet de la saison d'agnelage doit être interprété selon la période de fécondation (22). Ainsi, par exemple, les faibles valeurs de TPN des mois de novembre et de décembre correspondent à des accouplements de juin et juillet, période au cours de laquelle les températures élevées peuvent être préjudiciables à la qualité spermatique et à la survie embryonnaire. De plus, les travaux effectués par Lassoued et Khaldi (24) sur la race Noire de Thibar montrent qu'en juin et juillet le taux d'ovulation de la race est faible, ne dépassant pas 1,25. Pour les tailles de portée à 30 et à 70 jours après la mise bas, l'effet de la saison d'agnelage se manifeste à travers la survie des jeunes dans la portée (19).

Productivité pondérale

A 10, 30 et 70 jours après la mise bas, les performances de productivité de la race Noire de Thibar les plus élevées ont été réalisées par les portées triples, composées uniquement de mâles et dont l'âge de la mère était de 4 à 5 ans. Par rapport à la Barbarine, la supériorité du poids de la portée de la Noire de Thibar à 70 jours après l'agnelage a été d'environ 1,4 kg, bien que les performances des deux races à 30 jours soient sensiblement les mêmes (10,3 kg) (20). Ce résultat confirme celui de Chalh (13), selon lequel les agneaux de la race Noire de Thibar ont une vitesse de croissance plus élevée entre 30 et 70 jours d'âge qu'au premier mois de vie. Ces poids de la portée aux âges types restent toutefois inférieurs à ceux rapportés par Aloulou et coll. (3) pour la race D'Man élevée en Tunisie qui est, par ailleurs, plus prolifique que la Noire de Thibar.

Les performances de productivité ont été très variables selon la ferme mais aussi selon le troupeau intra-ferme, un résultat corroboré par celui de Chalh (13) pour les caractères de croissance individuelle des agneaux de cette même race. Ces facteurs traduisent les effets de la localisation géographique, de la maîtrise de la conduite en général aux deux niveaux ferme et troupeau, et plus

particulièrement du système alimentaire adopté. En effet, la Noire de Thibar est élevée au sein de systèmes de production régionaux variés (fermes privées, unités coopératives de production, sociétés de mise en valeur et de développement agricole, institutions étatiques), répondant chacun aux caractéristiques socio-économiques et climatiques locales, et adoptant des degrés d'intensification différents. On peut ajouter le facteur humain (surtout au niveau du troupeau), lié à la technicité des éleveurs, qui est sans doute déterminant.

L'influence de l'année de mise bas sur la productivité reflète la disponibilité des ressources alimentaires, elles-mêmes étroitement dépendantes de la pluviométrie. Cette variation se répercute sur la production laitière des brebis et, par conséquent, sur le développement et la croissance de leurs agneaux (27). Cependant, les fluctuations des performances sont d'autant plus importantes que l'on s'éloigne de la date de mise bas ; ceci peut être attribué au fait qu'aux premiers stades de vie, l'agneau demeure fortement dépendant de la production laitière de sa mère qui réagit aux fluctuations climatiques et nutritionnelles en mobilisant ses réserves corporelles. Cet effet maternel explique l'importance très significative de l'âge de la mère ; quand celle-ci est très jeune (2 ans) ou arrive en fin de leur carrière (9 ans et plus), la croissance de ses agneaux est plus faible. La tendance obtenue ici pour la Noire de Thibar a été similaire à celles rapportées par Abdulkhalik et coll. (1), Boujenane et Bradford (7), et Bourfia et Touchberry (10), respectivement pour les races Columbia et D'Man.

■ CONCLUSION

Dans cette étude, qui valorise une très large base de données collectées dans des élevages intensifs, les performances de la race Noire de Thibar ont été modérées. Elles ne confirment pas les bonnes aptitudes zootechniques obtenues initialement dans les premiers noyaux de cette race établis dans les années 1960 (21), ni les résultats d'autres études qui s'étaient intéressées à un nombre très limité d'exploitations (12, 13).

Si, à l'échelle nationale, l'orientation était prise pour doter cette race d'un schéma d'amélioration génétique où la productivité des brebis était retenue dans un objectif de sélection, les résultats de cette étude représenteraient un pas important pour l'identification des sources de variation non génétiques qui affectent ce paramètre. Les variations observées traduisent probablement l'existence d'interactions génotype x système de production ; c'est cette variabilité qu'il faudrait cerner et exploiter dans les programmes d'amélioration de la race. Toutefois, l'absence d'un contrôle de paternité dans les élevages inscrits au contrôle des performances reste un obstacle important à la caractérisation génétique de la race, notamment à l'estimation des paramètres génétiques des caractères de productivité dont la connaissance demeure indispensable pour les prendre en compte dans un schéma de sélection.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABDULKHALIQ A.M., HARVEY W.R., PARKER C.F., 1989. Genetic parameters for ewe productivity traits in the Columbia, Suffolk and Targhee breeds. *J. Anim. Sci.*, **69**: 3250-3257.
2. ALOULOU R., 1990. Croissance pondérale de la race Barbarine dans le semi-aride Tunisien : coefficients de correction et paramètres génétiques. Mém. Cycle spécialisation, Institut national agronomique, Tunis, Tunisie, 59 p.
3. ALOULOU R., EL HENTATI H., REKIK M., BEN HAMOUDA M., 2004. Genetic parameters of weight productivity traits of D'Man ewes in Tunisia. In: 55th Annu. Meet. Eur. Assoc. Anim. Prod., Bled, Slovenia, 5-9 Sept. 2004.
4. BEN GARA A., 2000. Définition des objectifs de la sélection des ovins de race Barbarine en Tunisie. *Options méditerr.*, Ser. A, **43** : 111-116.
5. BEN HAMOUDA M., 1985. Description biométrique et amélioration génétique de la croissance pondérale des ovins de race Barbarine. Thèse Doct., Université de Gand, Belgique, 166 p.
6. BEN HAMOUDA M., 2005. Minimum sequential records to adequately fit growth curve in Fat-Tailed Barbarine lambs and implication on genetic evaluation. In: Proc. 34th Biennial Session of ICAR, Sousse, Tunisia, 28 May – 3 June 2004, 6 p.
7. BOUJENANE I., BRADFORD G.E., 1991. Genetic effects on ewe productivity of crossing D'Man and Sardi breeds of sheep. *J. Anim. Sci.*, **69**: 525-530.
8. BOUJENANE I., BRADFORD G.E., FAMULA T.R., 1991. Inheritance of litter size and its components in crosses between the D'Man and Sardi breeds of sheep. *J. Anim. Sci.*, **69**: 517-524.
9. BOUJENANE I., CISSE M.F., KANSARI J., HAZZAM R., 2002. Sheep productivity in autumn and spring lambing from three cross breeding systems. In: VIIth World Congr. Genetics applied to livestock production, Montpellier, France, 19-23 Aug. 2002.
10. BOURFIA M., TOUCHBERRY R.W., 1993. Diallel cross of three Moroccan breeds of sheep. II. Reproductive performance and productivity of purebred ewe. *J. Anim. Sci.*, **71**: 882-887.
11. BUNGE R., THOMAS D.L., STOOKEY J.M., 1990. Factors affecting productivity of Rambouillet ewes mated to ram lambs. *J. Anim. Sci.*, **68**: 2253-2262.
12. CHAFIK A., 2003. Comparaison des performances de production et de reproduction des races ovines à viande tunisiennes. Mém. Diplôme Etudes approfondies, Institut national agronomique, Tunis, Tunisie, 115 p.
13. CHALH A., 1996. Caractérisation génétique de la race ovine tunisienne « Noire de Thibar » sur la base des caractères pondéraux et approche d'indexation des futurs reproducteurs pour une meilleure croissance. Thèse Doct., faculté des Sciences, Tunis, Tunisie, 162 p.
14. CLEMENT V., POIVEY J.P., FAUGERE O., TILLARD E., LANCELOT R., GUEYE A., RICHARD D., BIBE B., 1997. Etude de la variabilité des caractères de reproduction chez les petits ruminants en milieu d'élevage traditionnel au Sénégal. *Revue. Elev. Méd. vét. Pays. trop.*, **50** : 235-249.
15. CROSTON D., 1995. Breeding strategy for the British sheep industry. Stratégies pour l'amélioration génétique des ovins et caprins. *Options méditerr.*, Ser A, **11** : 203-210.
16. DOYLE E.W., MORRICAL D.G., 1991. The National Sheep Improvement Program: A review. *J. Anim. Sci.*, **69**: 3872-3881.
17. FOGARTY N.M., DICKERSON G.E., YOUNG L.D., 1985. Lamb production and its components in pure breeds and composite lines. III. Genetic parameters. *J. Anim. Sci.*, **66**: 40-57.
18. GABINA D., 1995. Amélioration génétique des ovins à viande. L'élevage ovin en zones arides et semi-arides. *Options méditerr.*, Ser. A, **6** : 87-99.
19. GAMA L.T., DICKERSON G.E., YOUNG L.D., LEYMASTER K.A., 1991. Genetic and phenotypic variation in sources of preweaning lamb mortality. *J. Anim. Sci.*, **69**: 2744-2753.
20. JMAL S., 1995. Paramètres génétiques des caractères de la productivité de la brebis Barbarine dans le semi-aride Tunisien. Mém. Cycle spécialisation, Institut national agronomique, Tunis, Tunisie, 84 p.
21. KALLEL A., 1968. Le mouton Noir de Thibar. Thèse Doct. vét., faculté de Médecine et de Pharmacie, Toulouse, France.
22. KHALDI G., 1984. Variations saisonnières de l'activité ovarienne, du comportement de l'oestrus et de la durée de l'oestrus *post partum* des femelles ovines de race Barbarine. Influence du niveau alimentaire et la présence du mâle. Thèse Doct., université de Montpellier, France, 168 p.
23. LASSOUED N., ATTI N., 1996. Maîtrise des techniques d'élevage ovin en conditions difficiles. Tunis, Tunisie, secrétariat à la Recherche scientifique et à la Technologie, 16 p.
24. LASSOUED N., KHALDI G., 1995. Variation saisonnières de l'activité sexuelle des brebis de race Queue fine de l'Ouest et Noire de Thibar. L'élevage ovin en zones arides et semi-arides. *Options méditerr.*, Ser. A, **6** : 27-34.
25. LASSOUED N., REKIK M., 2001. Differences in reproductive efficiency between female sheep of the Queue fine de l'Ouest purebred and their first cross with D'Man. *Anim. Res.*, **50**: 373-381.
26. LONG E.T., THOMAS D.L., FERNANDO R.L., LEWIS J.M., GARRIGUS U.S., WALDRON D.F., 1989. Estimation of individual and maternal heterosis, repeatability and heritability for ewe productivity and its components in Suffolk and Targhee sheep. *J. Anim. Sci.*; **67**: 1208-1217.
27. MARIA G., GABINA D., ARRANZ J., URARTE E., 1991. Factors of variation and correlation coefficients of production and composition criteria of milk from Latxa ewes. *Invest. Agrar., Prod. Sanid. Anim.*, **6**: 189-198.
28. MARTIN G.B., MILTON G.T.B., DAVIDSON R.H., BANCHERO HUNZICKER G.E., LINDSAY D.R., BLACHE D., 2004. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. *Anim. Reprod. Sci.*, **82-83**: 231-246.
29. MINISTERE DE L'AGRICULTURE DE TUNISIE, 1995. Enquête sur les structures des exploitations agricoles en Tunisie. Tunis, Tunisie, direction générale de la Planification, du Développement et des Investissements agricoles.
30. NIARE T., 1995. Croissance présevrage des agneaux et productivité en milieu traditionnel soudano-sahélien au Mali. *Revue Elev. Méd. vét. Pays. trop.*, **48** : 195-202.
31. PARKER C.F., POPE A.L., 1983. The US sheep industry: Changes and challenges. *J. Anim. Sci.*, **57** (Suppl.2): 75.
32. REKIK M., ALOULOU R., BEN HAMOUDA M., 2006. Small ruminants breeds of Tunisia. In: Iniguez L. Ed., Characterisation of small ruminant breeds in West Asia and North Africa. Vol. 2: North Africa. Aleppo, Syria, ICARD, p. 91-140.
33. SAS, 1989. Users' Guide: Statistics, Vers. 6. Cary, N.C., USA, SAS Institute.

Accepté le 09.02.2010

Summary

Ben Salem I., Rekik M., Hammami H., Ben Hamouda M., Aloulou R., Sâadoun L. Non-Genetic Factors of Variation of the Productivity of the Noire de Thibar Ewe

An initial database containing growth records of 101,000 lambs obtained within the context of the national meat sheep improvement program was used to quantify reproductive and productivity (total litter weight) traits of ewes of the Noire de Thibar breed, and to determine the influence of non-genetic factors on these traits. A database was then generated: it comprised 64,137 lambings over a 12-year period (1991-2002), and 25 farms and 48 flocks. The mean fertility rate in the flocks was $80.1 \pm 12.9\%$ with highly significant effects ($p < 0.001$) of the farm and lambing year. At birth, the average litter size per lambing ewe was 1.32 ± 0.47 . It dropped to 1.23 ± 0.55 at 70 days after lambing. All main sources of variation (farm, lambing year, lambing month, and dam age) retained in the model as well as their interactions significantly affected the litter size at different stages after lambing. Survival of all the lambs in the litters between birth and 70 days post-lambing was observed in 89.9% of the ewes. Entire loss of the litter was observed in only 5.8% of the ewes. An analysis of variance revealed that factors such as the lambing year, lambing month, dam age, sex of the litter, and litter size at birth had a highly significant effect on the proportions of ewes with different levels of lambs' survival within litters. On average, the productivity of the Noire de Thibar was 6.6 ± 2.2 , 10.3 ± 3.5 and 18.6 ± 6.6 kg at 10, 30 and 70 days after lambing, respectively. The main factors of variation (farm, lambing year, lambing month, dam age, litter size), and some second-level interactions had highly significant effects ($p < 0.001$) on the studied productivity traits. Ewes aged four years and which had male triplets yielded the highest productivities at 70 days after lambing. This preliminary work on the reproductive and productivity traits of Noire de Thibar ewes is essential to develop a ewe selection index as part of a genetic improvement scheme for this breed.

Keywords: Sheep – Ewe – Birth rate – Litter size – Viability – Productivity – Tunisia.

Resumen

Ben Salem I., Rekik M., Hammami H., Ben Hamouda M., Aloulou R., Sâadoun L. Factores de variación no genética de la productividad de las ovejas de raza Negra de Thibar

Con el fin de medir los rendimientos reproductivos y la productividad (peso total de la camada) de ovejas Negras de Thibar y de determinar la influencia de los factores no genéticos sobre estos parámetros, se utilizó una base de datos inicial constituida de 101 000 corderos controlados para el crecimiento dentro del cuadro del programa nacional de mejoramiento de ovinos de carne. Seguidamente se generó una base de datos ajustada por oveja, con un total de 64 137 partos representando 12 años (1991-2002), 25 fincas y 48 hatos. La tasa de fertilidad media de los hatos de la raza Negra de Thibar fue de $80,1 \pm 12,9\%$ con efectos importantes ($p < 0,001$) de la finca y del año de parto. Al nacimiento, el tamaño de la camada promedio por oveja parida alcanzó $1,32 \pm 0,47$; ésta bajó a $1,23 \pm 0,55$ a 70 días después del parto. Todas las principales fuentes de variación retenidas en el modelo (finca, año de parto, mes de parto y edad de la oveja), así como sus interacciones afectaron significativamente el tamaño de la camada en los diferentes estadios post del parto. La sobrevivencia de los corderos por camada entre el nacimiento y los 70 días fue observada en 89.9% de las ovejas y solamente 5,8% de las ovejas perdieron la totalidad de los corderos de la camada. Un análisis de varianza reveló que los factores año de parto, mes de parto, edad de la oveja, sexo de la camada y tamaño de la camada, tuvieron un efecto muy significativo sobre la proporción de ovejas que presentan diferentes niveles de sobrevivencia de los corderos en el seno de la camada. En promedio, la productividad de la oveja Negra de Thibar a 10, 30 y 70 días post parto fue respectivamente de $6,6 \pm 2,2$, $10,3 \pm 3,5$ y $18,6 \pm 6,6$ kg. Las principales fuentes de variación (finca, año de parto, mes de parto, edad de la oveja y tamaño de la camada), así como ciertas interacciones de segundo nivel tuvieron efectos significativos ($p < 0,001$) sobre los caracteres de productividad estudiados. La categoría de las ovejas de cuatro años con camadas de trillizos, todos machos, se asoció a los niveles de productividad más elevados a 70 días. El presente estudio preliminar sobre los caracteres reproductivos y de productividad de la oveja Negra de Thibar es esencial para la elaboración de un índice de selección de hembras que podrá ser incorporado en un eventual esquema de mejoramiento genético de esta raza.

Palabras clave: Ovino – Oveja – Tasa de natalidad – Tamaño de la camada – Supervivencia – Productividad – Túnez.

Effets du niveau alimentaire sur la saisonnalité de l'activité sexuelle chez la brebis Timahdite : influence de la leptine et du système IGF

B. Archa¹ M. Chentouf² J.L. Bister^{3*}

Mots-clés

Ovin – Niveau d'alimentation – Reproduction – Périodicité – Saison – Protéine sanguine – Facteur de croissance IGF – Maroc.

Résumé

Les effets du niveau alimentaire sur la saisonnalité de la reproduction ont été étudiés chez la brebis Timahdite dans la région du Moyen Atlas du Maroc (33° N). Des brebis adultes (3-4 ans), non gravides et non allaitantes, ont été réparties en deux lots, NH (n = 10) et NB (n = 9), en fonction de régimes alimentaires correspondant respectivement à deux et une fois leurs besoins d'entretien. Durant une année, les chaleurs ont été observées deux fois par jour et des prises de sang ont été réalisées chaque semaine pour le dosage des niveaux plasmatiques en progestérone, et en facteurs de croissance comme la leptine, l'IGF-1 et ses protéines de liaison (IGFBP-2 et IGFBP-3). Le niveau alimentaire élevé a stimulé la fonction reproductrice des brebis NH, puisqu'elles ont présenté une saison de reproduction plus longue et ont manifesté un nombre de cycles normaux significativement plus élevé que les brebis du lot NB ($7,8 \pm 1,4$ vs $3,9 \pm 1,9$; $P < 0,05$). La leptine, l'IGF-1 et l'IGFBP-2 ont semblé impliqués dans cette stimulation de l'activité reproductrice. Les brebis NH ont présenté des teneurs plasmatiques significativement plus élevées que celles des brebis NB en leptine ($3,79 \pm 0,38$ vs $3,30 \pm 0,29$ ng/mL; $P < 0,05$) et en IGF-1 (76 ± 28 vs 58 ± 21 ng/mL; $P < 0,01$), alors que la teneur plasmatique en IGFBP-2 a été significativement plus élevée chez les brebis NB (99 ± 24 vs 68 ± 21 p. 100, $P < 0,01$). En revanche, aucune différence significative n'a été observée pour la teneur en IGFBP-3 (103 ± 52 vs 96 ± 17 p. 100; $P > 0,05$). Ce travail a permis de conclure que la brebis Timahdite présentait une activité reproductrice saisonnière modulée par l'alimentation.

INTRODUCTION

Chez les animaux domestiques, la productivité peut être limitée par la saisonnalité de la reproduction. Certaines races de brebis ou de chèvres montrent une variation saisonnière de leur activité de reproduction durant l'année (22, 35, 45). Chez les petits ruminants,

il est bien connu que cette saisonnalité est sous le contrôle photopériodique avec des jours croissants inhibiteurs et des jours décroissants stimulateurs de l'activité sexuelle (19). Cependant, d'autres paramètres environnementaux, tels que la disponibilité alimentaire et les interactions sociales (20), seraient vraisemblablement des régulateurs potentiels de la saisonnalité de la reproduction.

La nutrition est considérée comme un facteur important affectant la fonction de reproduction chez les ruminants domestiques (11). Chez le mouton, elle affecte l'âge à la puberté, la fertilité, le taux d'ovulation et la survie de l'embryon (2). Plusieurs facteurs métaboliques sont impliqués dans la régulation de la fonction ovarienne. Ceux-ci incluent des hormones et des facteurs de croissance, tels que la leptine et les facteurs de croissance apparentés à l'insuline - 1 (IGF-1) et leurs protéines de liaison (41).

1. Département des productions animales et du pastoralisme, Ecole nationale d'agriculture, Meknès, Maroc.

2. Inra, unité de recherches Productions animales, Tanger, Maroc.

3. Laboratoire de physiologie animale, Faculté universitaire Notre-Dame de la Paix, Fundp, 61 rue de Bruxelles, 5000 Namur, Belgique.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +32 81 72 43 75 ; fax : +32 81 72 44 20

E-mail : Jean-loup.Bister@fundp.ac.be

La leptine, principalement produite par les adipocytes, serait le messager informant le système nerveux central sur le niveau de réserves corporelles (6, 7). Des récepteurs de la leptine ont été détectés au niveau de l'hypothalamus et de la glande hypophysaire indiquant son action à ce niveau (8). Chez la vache, l'inhibition de la sécrétion d'hormone lutéinisante (LH) par la restriction alimentaire peut être inversée par un traitement avec la leptine, montrant une association positive entre la sécrétion de LH et la leptine (1). Le système des IGF hépatiques joue un rôle important dans la différenciation et la croissance cellulaire et constitue le médiateur principal de l'hormone de croissance (37). La libération des IGF par leurs protéines porteuses (IGFBP) est contrôlée par l'action des protéases d'IGFBP spécifiques (30). L'IGF-1, qui est aussi sécrété par les cellules de la granulosa (25), stimule le développement folliculaire en agissant en synergie avec l'hormone folliculostimulante (FSH) au niveau des follicules dominants chez la vache (14). L'IGF-1 stimule aussi la prolifération des cellules de la granulosa au niveau des petits follicules antraux chez le mouton (27) et stimule la sécrétion stéroïdienne par les cellules de la granulosa des grands follicules ovins (28, 4). Il y a une relation certaine entre la variation des concentrations d'IGF-1, induite par la nutrition, et l'activité ovarienne (42).

L'objectif de ce travail a été d'étudier l'incidence du niveau alimentaire sur la saisonnalité de l'activité sexuelle, sur la croissance corporelle et sur les niveaux plasmatiques de leptine, d'IGF-1 et des IGFBP chez les brebis de race Timahdite.

■ MATERIEL ET METHODES

Animaux et traitements

L'étude a été conduite à la ferme d'application de l'Ecole nationale d'agriculture de Meknès (33°53' N, 5°32' O). Dix-neuf brebis Timahdite adultes (3-4 ans), non gravides et non allaitantes, ont été hébergées dans une bergerie en conditions de lumière naturelle pendant une année. Les animaux ont été répartis en deux groupes de poids moyens similaires (30 ± 4 kg) et affectés aléatoirement à deux niveaux alimentaires : un niveau bas (NB) calculé pour couvrir les besoins d'entretien (n = 9) et un niveau haut (NH) égal au double des besoins d'entretien (n = 10). Le calcul de la ration a été basé sur les recommandations de l'Institut national de la recherche agronomique (17). La composition de la ration des deux groupes d'animaux est présentée dans le tableau I.

Tableau I

Composition des rations alimentaires des deux groupes d'animaux

	Niveau bas	Niveau haut
Ration quotidienne par animal	910 g paille de blé 110 g TT et 11 g CMV	910 g paille de blé 410 g d'orge, 115 g TT et 39 g CMV
UFL/j/animal	0,41	0,82
MAD (g/j/animal)	32	64
Ca (g/j/animal)	3	6
P (g/j/animal)	2,5	5

TT : tourteau de tournesol ; CMV : complément minéral vitaminique ; UFL : unité fourragère lait ; MAD : matière azotée digestible ; Ca : calcium ; P : phosphore

Les chaleurs ont été détectées deux fois par jour à l'aide d'un bélier vasectomisé muni d'un marqueur. Toute brebis qui est restée immobile et a accepté le chevauchement du bélier a été considérée en chaleurs, et l'observation d'une nette coloration au niveau de la croupe a été requise. Des pesées mensuelles de tout le troupeau ont été réalisées. Tous les animaux ont été vaccinés contre l'entérototoxicité et traités contre les parasites internes et externes.

Prises de sang

Des prises de sang hebdomadaires au niveau de la veine jugulaire ont été réalisées à l'aide de tubes sous vide héparinés. Le plasma a été séparé par centrifugation, à 2 000 g pendant 15 min, et stocké et congelé à -20 °C jusqu'au moment des dosages radio-immunologiques (RIA) de la progestérone (P4), de la leptine, de l'IGF-1 et des IGFBP. Les dosages de la P4 ont concerné les cinquante et une prises de sang effectuées, et ceux de l'IGF-1 et de la leptine ont consisté en une prise de sang par mois pour tous les animaux. Enfin, les analyses des IGFBP ont porté sur six échantillons par animal choisis sur trois périodes : début, milieu et fin de la période d'essai.

Analyses hormonales

Les concentrations de la P4 ont été évaluées par la méthode RIA avec double anticorps, comme décrit par Bister et Paquay (5). Un taux de P4 supérieur ou égal à 1 ng/mL a été considéré comme le signe d'un corps jaune actif et donc d'une ovulation. La durée moyenne du cycle œstral est définie comme étant le nombre de jours entre deux détections de chaleurs. La durée moyenne de la saison d'anoestrus est définie comme le nombre de jours entre la dernière détection de chaleurs d'une saison de reproduction donnée et la première détection de chaleurs de la saison suivante (12). Trois catégories de cycles sexuels ont été définies : un cycle normal si les chaleurs ont été accompagnées d'une ovulation, un cycle à ovulation silencieuse si l'ovulation n'a pas été associée à un comportement œstral, et un cycle à œstrus anovulatoire si la détection de chaleurs n'a pas été accompagnée d'une ovulation.

Les concentrations plasmatiques de leptine ont été déterminées à l'aide du kit RIA multi-espèces (XL-85K, Linco Research, USA). Le seuil de détection minimal du dosage est de 1,0 ng/mL équivalent humain et les coefficients de variation de la sensibilité intra- et inter-dosage sont respectivement de 3,4 et 8,7 p. 100. Le dosage d'IGF-1 a été réalisé par la méthode RIA selon le protocole développé par Renaville et coll. (33) chez les bovins. Le seuil de détection est de 1 ng/mL et les coefficients de variation intra et inter-dosage sont respectivement de 12 et 16 p. 100 pour les faibles concentrations de la courbe standard (2,5 ng/mL) et 6,5 et 9 p. 100, respectivement, pour les fortes concentrations de la courbe standard (50 ng/mL). La détection des IGFBP dans les échantillons de plasma a été réalisée par la procédure du *western ligand blot* selon la méthode décrite par Renaville et coll. (33) chez les bovins.

Analyses statistiques

Les données ont été exprimées sous forme de moyenne (± écart type) de tous les animaux du même groupe. L'analyse statistique a été effectuée avec les procédures du modèle linéaire généralisé (GLM) et l'Anova du SAS (36). La comparaison des moyennes a été réalisée à l'aide du test statistique *t* de Student. L'analyse de corrélation de Pearson et la régression linéaire ont été réalisées pour évaluer de possibles corrélations entre le poids, le pourcentage des brebis en chaleurs et les concentrations d'hormones (leptine, IGF-1, IGFBP). La signification statistique a été acceptée avec $P < 0,05$.

■ RESULTATS

Effet du niveau alimentaire sur la saisonnalité de l'activité sexuelle

La figure 1 montre que l'activité sexuelle a été influencée à la fois par la photopériode et le niveau alimentaire. Elle a été stimulée par la diminution de la durée du jour et inhibée par l'augmentation de la durée du jour. Toutefois, l'effet dépressif d'une photopériode croissante a été moins marqué chez les brebis NH que chez les brebis NB. En effet, les brebis NB ont arrêté complètement de manifester des chaleurs à partir du mois de janvier, alors que chez les brebis NH, la moitié des animaux (5/10) ont continué de manifester des chaleurs durant les mois de février et mars, un peu moins en avril (4/10) et avec un minimum en mai (3/10). Si l'on considère qu'une saison moyenne correspond à la période pendant laquelle au moins la moitié des femelles présentent des cycles (estimation d'après la manifestation de chaleurs), elle a été plus longue chez les brebis NH (juillet à mars) que chez les brebis NB (août à décembre).

En moyenne, par brebis, le nombre total de cycles, toutes catégories comprises, et de cycles œstraux normaux a été plus élevé chez les brebis NH que chez les brebis NB ($P < 0,005$). Cependant, les deux lots de brebis ont présenté le même nombre moyen de cycles anormaux ($P > 0,05$; tableau II).

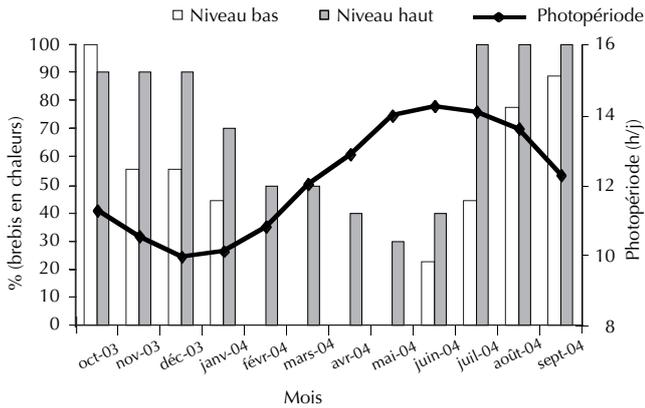


Figure 1 : fluctuations de la photopériode et histogramme des fréquences des brebis en chaleurs en fonction de leur niveau alimentaire bas (n = 9) et haut (n = 10).

Tableau II

Nombre moyen ± écart-type des différents cycles en fonction du niveau alimentaire

Lot	Total cycles	Cycles œstraux normaux	Œstrus anovulatoires	Ovulations silencieuses
NB (n = 9)	7,0 ± 2,7 ^b	3,9 ± 1,9 ^b	2,2 ± 1,2	0,9 ± 0,8
NH (n = 10)	11,2 ± 1,9 ^a	7,8 ± 1,4 ^a	2,5 ± 1,1	0,9 ± 1,0

NB : niveau alimentaire bas ; NH : niveau alimentaire haut

^{a,b} Les valeurs de la même colonne portant en exposant des lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$)

Effet du niveau alimentaire sur le poids vif

La courbe de croissance a montré que le niveau alimentaire affectait significativement l'évolution du poids moyen des animaux (figure 2). Au début de l'essai, les deux lots de brebis affichaient un poids moyen similaire de $29,2 \pm 4,9$ kg et $30,9 \pm 3,6$ kg. En fin d'essai, le poids moyen des brebis NB a été significativement plus bas que celui des brebis NH ($28,0 \pm 5,1$ kg vs $35,2 \pm 4,7$ kg ; $P < 0,05$). Il est à noter qu'une corrélation positive a été calculée entre le pourcentage des brebis en chaleurs et le poids vif des brebis ($r = 0,50$; $P < 0,05$)

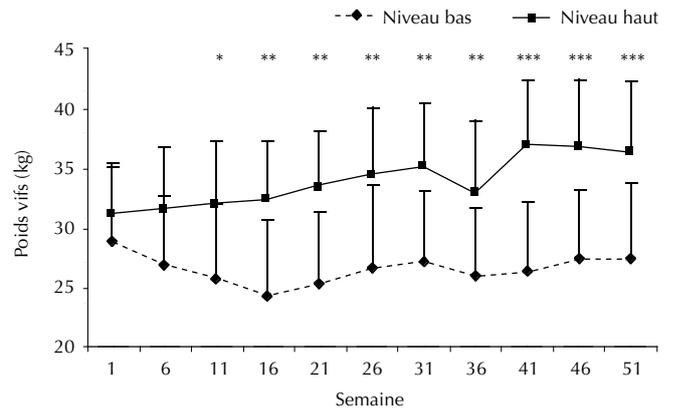


Figure 2 : évolution du poids vif moyen des brebis à niveau alimentaire bas (n = 9) et des brebis à niveau alimentaire haut (n = 10). * $P < 0,05$; ** $P < 0,005$; *** $P < 0,001$.

Effet du niveau alimentaire sur la teneur plasmatique en leptine

De manière globale, les concentrations plasmatiques moyennes en leptine (figure 3) ont été plus élevées ($P < 0,05$) chez les brebis NH ($3,98 \pm 0,97$ ng/mL) que chez les brebis NB ($3,34 \pm 1,17$ ng/mL). L'analyse des coefficients de corrélation de Pearson a montré que la teneur plasmatique en leptine était corrélée positivement au poids vif des animaux ($r = 0,78$; $P < 0,001$), d'une part, et au pourcentage des brebis en chaleurs ($r = 0,68$; $P < 0,05$), d'autre part.

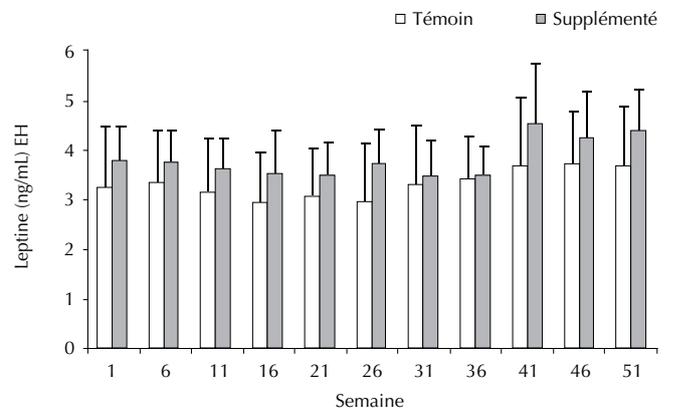


Figure 3 : évolution des teneurs plasmatiques moyennes (± écart-type) en leptine chez les deux lots de brebis en fonction de leur niveau alimentaire bas (n = 9) et haut (n = 10). EH : équivalent humain.

Effet du niveau alimentaire sur la teneur plasmatique en IGF-1

Au début de l'expérience, les deux groupes avaient des concentrations plasmatiques en IGF-1 similaires (50 ± 25 ng/mL vs 47 ± 15 ng/mL ; $P > 0,05$; figure 4). Ensuite, durant les vingt-six premières semaines, la moyenne en IGF-1 a été plus élevée chez les brebis NH que chez les brebis NB (76 ± 28 ng/mL vs 58 ± 21 ng/mL ; $P < 0,01$). A partir de la semaine 31 jusqu'à la fin de l'expérience, les teneurs en IGF-1 ont été similaires dans les deux groupes de brebis NH et NB (59 ± 25 ng/mL vs 57 ± 24 ng/mL ; $P > 0,05$). L'analyse des coefficients de corrélation de Pearson a montré que la teneur plasmatique en IGF-1 était corrélée positivement au poids corporel des animaux ($r = 0,30$; $P < 0,05$).

Effet du niveau alimentaire sur la teneur plasmatique en IGFBP-2 et IGFBP-3

Les résultats d'analyse des IGFBP ont révélé uniquement la présence d'IGFBP-2 et d'IGFBP-3 avec des taux variables (figures 5 et 6). L'analyse de la variance n'a pas montré de différences signifi-

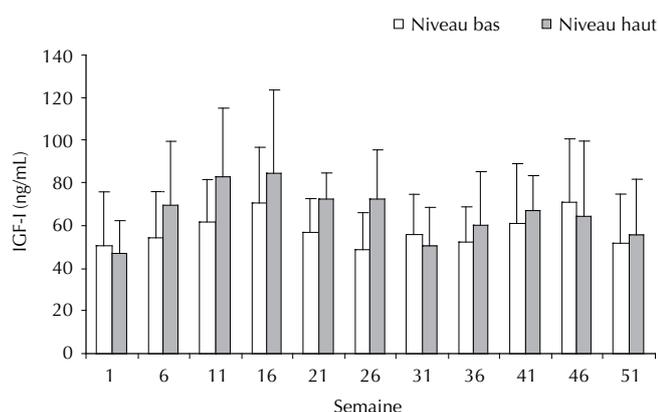


Figure 4 : évolution des teneurs moyennes (\pm écart-type) plasmatiques de l'IGF-1 chez les deux lots de brebis en fonction du niveau alimentaire bas ($n = 9$) et haut ($n = 10$).

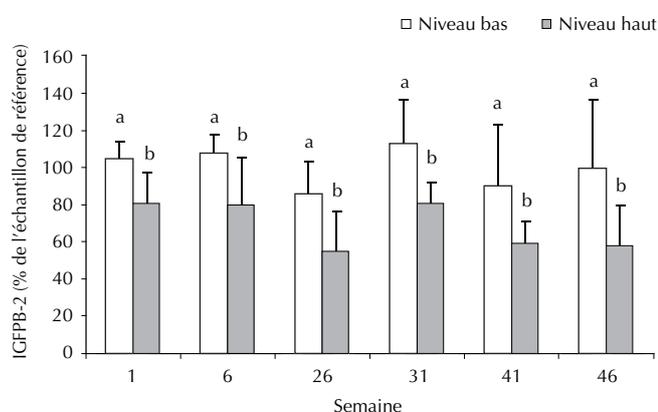


Figure 5 : évolution des teneurs moyennes (\pm écart-type) plasmatiques des IGFBP-2 chez les brebis à niveau alimentaire bas ($n = 9$) et à niveau alimentaire haut ($n = 10$). Les histogrammes de la même semaine surmontés de lettres différentes représentent des valeurs significativement différentes ($P < 0,05$).

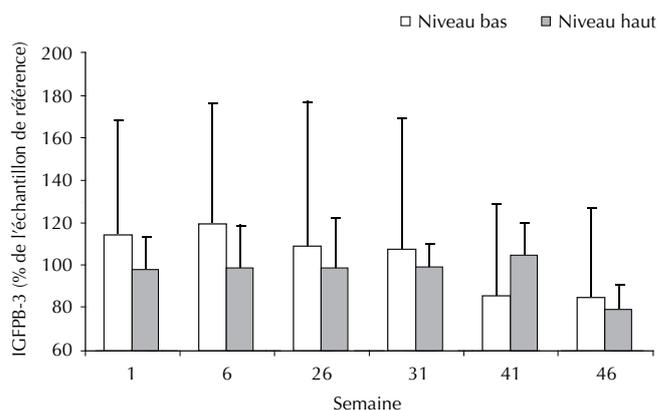


Figure 6 : évolution des teneurs moyennes (\pm écart-type) plasmatiques des IGFBP-3 chez les brebis à niveau alimentaire bas ($n = 9$) et à niveau alimentaire haut ($n = 10$)

ficatives au niveau du taux d'IGFBP-3 entre les deux groupes de brebis, les valeurs étaient en moyenne respectivement de 103 ± 52 p. 100 contre 96 ± 17 p. 100 ($P > 0,05$). En revanche, au niveau de l'IGFBP-2, les brebis ayant reçu un niveau alimentaire bas ont montré des valeurs supérieures à celles des brebis ayant reçu un niveau élevé (en moyenne 99 ± 24 p. 100 vs 68 ± 21 p. 100 ; $P < 0,01$). Par ailleurs, l'analyse des coefficients de corrélation de Pearson a révélé une corrélation négative entre la teneur d'IGF-1 et celle d'IGFBP-2 ($r = -0,41$; $P < 0,05$).

■ DISCUSSION

Ce travail a mis en évidence la saisonnalité de la reproduction chez la race ovine Timahdite dans les conditions naturelles du Maroc, et l'effet déterminant de la photopériode et modérateur du niveau alimentaire. L'activité sexuelle est stimulée par des jours décroissants et inhibée par des jours croissants (5, 6). La diminution de la photopériode constitue le signal de stimulation, qui passe par l'augmentation de la synthèse et de la sécrétion de mélatonine et de gonadolibérine (GnRH) (6). Aussi, les présents résultats ont mis en évidence l'effet modérateur de la nutrition déjà décrit par différents auteurs (11, 18). L'effet dépressif de la photopériode a été plus prononcé chez les brebis ayant reçu un niveau alimentaire bas que chez celles ayant reçu un niveau alimentaire élevé. Les auteurs ont calculé une corrélation positive entre le pourcentage des brebis en chaleurs ou ayant ovulé, et leur poids corporel.

Ainsi, les brebis NH ont présenté deux fois plus de cycles œstraux normaux par brebis par an que les brebis NB. Des résultats similaires ont été observés chez la chèvre (24, 45). Cependant, les deux lots de brebis ont présenté le même nombre moyen de cycles anormaux (ovulations silencieuses ou œstrus anovulatoires) par brebis. Des résultats similaires ont été rapportés chez les ovins et les caprins (5, 22, 45).

Globalement, les périodes de reproduction définies par cette étude pour la race Timahdite diffèrent de celles rapportées pour la même race (10). Ces différences seraient associées aux variations des conditions d'environnement interannuelles et locales, notamment climatiques et de disponibilité alimentaire.

Les petites élévations d'œstradiol, résultant de la croissance des follicules pendant la transition de la saison d'ancestrus à la saison de reproduction, pourraient expliquer le comportement de l'œstrus anovulatoire observé dans cette étude (5). La présence d'ovulations silencieuses pendant la saison sexuelle, observées aussi chez cer-

taines races de mouton (29), est difficile à interpréter ; cependant, l'échec de détection des chaleurs ne peut pas être exclu.

La teneur plasmatique en leptine a été corrélée positivement non seulement au poids des animaux, mais aussi à sa variation, confirmant ainsi les résultats d'une étude antérieure (6). D'autre part, cette sécrétion de leptine a également été corrélée significativement au pourcentage des brebis en chaleurs. En effet, la leptine, principalement produite par les adipocytes, peut servir de signal reliant le statut nutritionnel aux performances de reproduction (6, 7), puisque des récepteurs de leptine ont été trouvés au niveau de l'hypothalamus et de la glande hypophysaire, indiquant son action à ce niveau (8). Ainsi, des perturbations nutritionnelles entraînent du retard de puberté ou interfèrent avec les cycles œstraux normaux en altérant les fonctions endocrines chez la vache (16) et chez la brebis (13). Des études antérieures ont montré, chez la vache, que l'inhibition de la sécrétion de LH par la restriction alimentaire a été inversée par un traitement avec la leptine conduisant à une association positive entre la sécrétion de LH et la leptine (1).

La différence significative qui a été observée entre les niveaux plasmatiques d'IGF-1 des deux groupes de brebis a corroboré les résultats obtenus chez le bovin (9) et a montré que le niveau alimentaire haut a été à l'origine de l'augmentation de la teneur plasmatique en IGF-1. En revanche, la restriction alimentaire a réduit celle-ci. Ceci a été confirmé par la corrélation positive avec le poids corporel des brebis. Des résultats similaires ont été obtenus chez des génisses bien alimentées qui ont produit plus d'IGF-1 que celles ayant eu un déficit alimentaire (44). La réduction systémique de la concentration en IGF-1 après une période prolongée de restriction alimentaire pourrait être expliquée par la diminution des récepteurs hépatiques à la GH (3).

La biodisponibilité d'IGF-1 est contrôlée par les IGFBP dont les concentrations périphériques sont régulées par la consommation alimentaire (39). La présente étude a montré que les brebis ayant eu un niveau alimentaire bas ont eu des valeurs d'IGFBP-2 supérieures à celles des brebis du niveau haut, résultats concordant avec ceux de Renaville (32) et Massart (21) qui montrent que la restriction alimentaire chez des génisses favorise la synthèse d'IGFBP-2. De même, Renaville et coll. (34) rapportent que la restriction alimentaire résulte généralement en un excès d'IGFBP-2 qui réduit

la biodisponibilité d'IGF-1 au niveau des tissus périphériques. Il est supposé que l'augmentation d'énergie alimentaire fait diminuer la concentration d'ARNm codant l'IGFBP-2 et -4 dans les petits follicules antraux, ce qui augmente la biodisponibilité d'IGF-1 et d'IGF-II dans ces follicules (3, 43). De plus, l'étude a révélé que la teneur en IGF-1 était corrélée négativement à celle en IGFBP-2. Ceci est expliqué par la dégradation de l'IGFBP-2 par la protéine plasmatique placentaire A (PAPP-A) entraînant l'augmentation de la biodisponibilité d'IGF-1 (25). L'expression de l'acide ribonucléique messager (ARNm) de PAPP-A dans les cellules de la granulosa bovine et ovine était maximale dans les follicules préovulatoires et positivement corrélée à l'expression à la fois des récepteurs d'aromatase et de LH (26).

L'analyse de la variance n'a pas montré de différence significative au niveau du taux d'IGFBP-3 entre les deux groupes de brebis NH et NB. Les effets du niveau alimentaire sur ce paramètre sont controversés. Renaville (32) et Massart (21) rapportent que la restriction alimentaire chez des génisses réduit la synthèse hépatique d'IGF-1 et d'IGFBP-3. De même, Rausch et coll. (31) montrent que la teneur en IGFBP-3 est positivement corrélée à la prise alimentaire. L'augmentation du taux de croissance chez le bovin est associée aux niveaux élevés de l'IGFBP-3 (40). Par ailleurs, des brebis ayant un indice corporel élevé présentent un taux plasmatique d'IGFBP-3 plus important que celles à faible indice corporel (38). D'autres auteurs mettent en évidence chez les ovins (15) et chez les bovins (23) une réduction non significative du taux d'IGFBP-3 après une restriction alimentaire.

■ CONCLUSION

Ces résultats confirment la saisonnalité de l'activité reproductrice de la brebis Timahdite pour laquelle la photopériode joue un rôle déterminant. Cette saisonnalité est modulée par le niveau alimentaire. Le fait de doubler les apports nutritionnels d'entretien a permis de prolonger la période d'activité sexuelle et de doubler le nombre de cycles normaux en agissant sur les paramètres hormonaux et métaboliques qui contrôlent les fonctions de la reproduction chez le mouton, en particulier les teneurs plasmatiques en leptine, en IGF-1 et en IGFBP-2.

BIBLIOGRAPHIE

1. AMSTALDEN M., GARCIA M.R., STANKO R.L., NIZIELSKI S.E., MORRISON C.D., KEISLER D.H., WILLIAMS G.L., 2002. Central infusion of recombinant ovine leptin normalizes plasma insulin and stimulates a novel hypersecretion of luteinizing hormone after short-term fasting in mature beef cows. *Biol. Reprod.*, **66**: 1555-1561.
2. ARMSTRONG D.G., GONG J.G., WEBB R., 2003. Interactions between nutrition and ovarian activity in cattle: Physiological, cellular and molecular mechanisms. *Reproduction (suppl.)*, **61**: 403-414.
3. ARMSTRONG J.D., COHICK W.S., HARVEY R.W., HEIMER E.P., CAMPBELL R.M., 1993. Effect of feed restriction on serum somatotropin, insulin-like growth factor-1 (IGF-1) and GF binding proteins in cyclic heifers actively immunized against growth hormone releasing factor. *Domest. Anim. Endocrinol.*, **10**: 315-324.
4. BISTER J.L., NOEL B., PERRAD B., MANDIKI S.N.M., MBAYAHAGA J., PAQUAY R., 1999. Control of ovarian follicles activity in the ewe. *Domest. Anim. Endocrinol.*, **17**: 315-328.
5. BISTER J.L., PAQUAY R., 1983. Fluctuations in the plasma level of the follicle-stimulating hormone during estrous cycle, anestrus, gestation and lactation in the ewe: evidence for an endogenous rhythm of FSH release. *Theriogenology*, **19**: 565-582.
6. BISTER J.L., PIROTTE C., WERGIFOSSE F., VANDERMEIR M.A., PAQUAY R., 2004. Plasma leptin level in relation with the body weight and its evolution in the ewe. *Pflügers Arch Eur. J. Physiol.*, **447**: R1-R12.
7. BISTER J.L., WERGIFOSSE F., PIROTTE C., PIROT P., PAQUAY R., 2004. Leptin and fecundity in ewe. In: Proc. 15th Int. Congr. Animal Reproduction, Porto Seguro, Brazil, Aug. 2004, 316 p.
8. BJORBAEK C., KAHN B.B., 2004. Leptin signaling in the central nervous system and the periphery. *Recent Prog. Horm. Res.* **59**: 305-331.
9. BOSSIS I., WETTEMAN R.P., WELTY S.D., VIZCARRA J.A., SPICER L.J., DISKIN M.G., 1999. Nutritionally induced anovulation in beef heifers: ovarian and endocrine function preceding cessation of ovulation. *J. Anim. Sci.*, **77**: 1536-1546.

10. BOUJENANE I., 1999. Les ressources génétiques ovines au Maroc. Rabat, Maroc, Actes Edition, 136 p.

11. BUTLER W.R., 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Prod. Sci.*, **60-61**: 449-457.

12. CHEMINEAU P., DAVEAU A., MAURICE F., DELGADILLO J.A., 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Res.*, **8**: 299-312.

13. ESTIENNE M.J., SCHILLO K.K., HILEMAN S.M., GREEN M.A., HAYES S.H., BOLING J.A., 1990. Effects of free fatty acids on luteinizing hormone and growth hormone secretion in ovariectomized lambs. *Endocrinology*, **126**: 1934-1940.

14. FORTUNE J.E., RIVERA G.M., EVANS A.C., TURZILLO A.M., 2001. Differentiation of dominant versus subordinate follicles in cattle. *Biol. Reprod.*, **65**: 648-654.

15. GALLAHER B.W., BREIER B., OLIVIER M.H., HADING J.E., GLUCKMAN P.D., 1992. Ontogenic differences in the nutritional regulation of circulating IGF binding proteins in sheep plasma. *Acta Endocrinol.*, **126**: 49-54.

16. HOUSEKNECHT K.L., BOGGS D.L., CAMPION D.R., SARTIN J.L., KISER T.E., RAMPACEK G.B., AMOS H.E., 1988. Effect of dietary energy source and level on serum growth hormone, insulin-like growth factor-1, growth and body composition in beef heifers. *J. Anim. Sci.*, **66**: 2916-2923.

17. INRA, 1988. Tables de l'alimentation des bovins, ovins et caprins. Paris, France, Inra, 192 p.

18. LUCY M.C., 2003. Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reprod. domest. Ruminants*, **61**: 415-417.

19. MALPAUX B., VIGUIE C., THIERY J.C., CHEMINEAU P., 1996. Contrôle photopériodique de la reproduction. *Prod. Anim.*, **9**: 9-23.

20. MANI A.U., MCKELVEY W.A.C., WATSON E.D., 1996. Effect of undernutrition on gonadotropin profiles in non-pregnant, cycling goats. *Anim. Reprod. Sci.*, **43**: 25-33.

21. MASSART S., 2000. Caractérisation et significations biologiques des «Insulin-like growth factors-binding proteins» chez les bovins. Thèse Doc., FUSAGx, Gembloux, Belgique, 146 p.

22. MBAYAHAGA J., MANDIKI S.N.M., BISTER J.L., PAQAY R., 1998. Body weight, oestrus and ovarian activity in local Burundian ewes and goats after parturition in the dry season. *Anim. Reprod. Sci.*, **51**: 289-300.

23. MCGUIRE M.A., DWYER D.A., HARRELL R.J., BAUMAN D.E., 1995. Insulin regulates insulin-like growth factors and some of their binding proteins in lactating cows. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, **269**: E723-E730.

24. MELLADO M., FOOTE R.H., GOMEZ A., 1991. Reproductive efficiency of Nubian goats throughout the year in Northern Mexico. *Small Rum. Res.* **6**: 151-157.

25. MONGET P., FABRE S., MULSANT P., LECERF F., ELSÉN J.M., MAZERBOURG S., PISSELET C., MONNIAUX D., 2002. Regulation of ovarian folliculogenesis by IGF and BMP system in domestic animals. *Domest. Anim. Endocrinol.*, **23**: 139-154.

26. MONGET P., MAZERBOURG S., DELPUECH T., MAUREL M. C., MANIERE S., ZAPF J., LALMANACH G., OXVIG C., OVERGAARD M.T., 2003. Pregnancy-associated plasma protein A is involved in insulin-like growth factor binding protein-2 (IGFBP-2) proteolytic degradation in bovine and porcine preovulatory follicles: identification of cleavage site and characterization of IGFBP-2 degradation. *Biol. Reprod.*, **68**: 77-86.

27. MONGET P., MONNIAUX D., 1995. Growth factors and the control of folliculogenesis. *J. Reprod. Fertil. (suppl.)*, **49**: 321-333.

28. NOEL B., PERRAD B., MANDIKI S.N.M., BISTER J.L., PAQUAY R., 1998. Effects of IGF-1 and EGF on steroidogenesis and sensitivity to LH-FSH of entire dominant follicles perfused *in vitro*. In : Actes 5^e Renc. Rech. Ruminants, Paris, France, déc. 1998, 49 p.

29. ORTAVANT R., BOCQUIER F., PELLETIER J., RAVAUULT J.P., THIMONIER J., VOLLAND-NAIL P., 1988. Seasonality of reproduction in sheep and its control by photoperiod. *Aust. J. Biol. Sci.* **41**: 69-85.

30. PARKER A., GOCKERMAN A., BUSBY W.H., CLEMMONS D.R., 1995. Properties of an insulin-like growth factor binding protein-4 protease that is secreted by smooth muscle cells. *Endocrinology*, **136**: 2470-2476.

31. RAUSCH M.I., TRIPP M.W., GOVONI K.E., ZANG W., WEBER W.J., CROOKER B.A., HOAGLAND T.A., ZINN S.A., 2002. The influence of level of feeding on growth and serum insulin-like growth factor 1 and insulin-like growth factor-binding proteins in growing beef cattle supplied with somatotropin. *J. Anim. Sci.*, **80**: 94-100.

32. RENAUVILLE R., 1997. L'axe somatotrope et les productions bovines. Contribution à la compréhension de certains mécanismes impliqués dans la croissance et la lactation. Thèse Agrégé Enseignement supérieur, FUSAGx, Gembloux, Belgique, 142 p.

33. RENAUVILLE R., MASSART S., SNEYERS M., FALAKI M., GENGLER N., BURNY A., PORTETELLE D., 1996. Dissociation of increases in plasma insulin-like growth factor 1 and testosterone during the onset of puberty in bulls. *J. Reprod. Fertil.*, **106**: 79-86.

34. RENAUVILLE R., VAN EENAEME C., BREIER B.H., VLEURICK L., BERTOZZI C., GENGLER N., HORNICK J.-L., PARMENTIER I., ISTASSE L., HAEZEBROECK V., MASSART S., PORTETELLE D., 2000. Feed restriction in young bulls alters the onset of puberty in relationship with plasma insulin-like growth factor-1 (IGF-1) and IGF-binding protein. *Domest. Anim. Endocrinol.*, **18**: 165-176.

35. RIVERA G.M., ALANIS G.A., CHAVES M.A., FERRERO S.B., MORELLO H.H., 2003. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Rumin. Res.*, **48**: 109-117.

36. SAS, 1991. SAS user's guide, Vers. 6. Cary, NC, USA, SAS Institute.

37. SCARAMUZZI R.J., MURRAY J.F., DOWNING J.A., CAMPBELL B.K., 1999. The effects of exogenous growth hormone on follicular steroid secretion and ovulation rate in sheep. *Domestic. Anim. Endocrinol.*, **17**: 269-277.

38. SNYDER J.L., CLAPPER J.A., ROBERTS A.J., SANSON D.W., HAMERNIK D.L., MOSS G.E., 1999. Insulin-like growth factor-1, insulin-like growth factor binding proteins and gonadotropins in the hypothalamic-pituitary axis and serum of nutrient restricted ewes. *Biol. Reprod.*, **61**: 219-224.

39. THISSEN J.P., KETELSLEGERS J.M., UNDERWOOD L.E., 1994. Nutritional regulation of the insulin-like growth-factors. *Endocr. Rev.*, **15**: 80-101.

40. VESTERGAARD M., PURUP S., HENCKEL P., TONNER E., FLINT D.J., JENSEN L.R., SERJSEN K., 1995. Effects of growth hormone and ovariectomy on performance, serum hormones, insulin-like growth factor binding proteins, and muscle fibre properties of prepubertal Friesian heifers. *J. Anim. Sci.*, **73**: 3574-3584.

41. WEBB R., GARNSWORTHY P.C., GONG J.-G., ARMSTRONG D.G., 2004. Control of follicular growth: Local interactions and nutritional influences. *J. Anim. Sci.*, **82**: E63-E74.

42. WEBB R., GARNSWORTHY P.C., GONG J., ROBINSON R.S., WATHES D.C., 1998. Consequences for reproductive function of metabolic adaptation to load. In: Metabolic stress in dairy cows. Penicuik, UK, British Society of Animal Science, 10 p.

43. WEBB R., NICHOLAS B., GONG J.G., CAMPBELL B.K., GUTIERREZ C.G., GARVERICK H.A., ARMSTRONG D.G., 2003. Mechanism regulating follicular development and selection of the dominant follicle. *Reprod. domest. Ruminants*, **61**: 71-90.

44. YUNG M.C., VANDER HAAR M.J., FOGWELL R.L., SHARMA B.K., 1996. Effect of energy balance and somatotropin on insulin-like growth factor-1 in serum and on weight and progesterone of corpus luteum in heifers. *J. Anim. Sci.*, **74**: 2239-2244.

45. ZARAZAGA L.A., GUZMAN J.L., DOMINGUEZ C., PEREZ M.C., PRIETO R., 2005. Effect of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. *Anim. Reprod. Sci.*, **87**: 253-267.

Accepté le 18.03.2010

Summary

Archa B., Chentouf M., Bister J.L. Effect of the Feed Level on the Seasonality of the Sexual Activity of Timahdite Ewes: Role of the Leptin and IGF System

The effects of the feed level on the seasonality of the sexual activity were studied in Timahdite ewes in the Middle Atlas region of Morocco (33°N). Non pregnant and non lactating adult ewes (3-4 years) were allocated to two groups according to two diet levels: HL (n = 10) received double the maintenance requirements and LL (n = 9) the maintenance requirements. Over a one-year period, estrus was recorded twice daily and blood samples were collected weekly to determine progesterone, leptin, IGF-1, IGFBP-2 and IGFBP-3 plasmatic levels. The higher feed level stimulated the reproductive activity in HL ewes, which presented a longer reproductive season and a significantly higher number of normal estrous cycles than LL ewes (7.8 ± 1.4 vs 3.9 ± 1.9 , respectively; $P < 0.05$). Leptin, IGF-1 and IGFBP-2 seemed involved in the stimulation of the reproductive activity. Compared with LL ewes, HL ewes showed significantly higher plasmatic levels in leptin (3.79 ± 0.38 vs 3.30 ± 0.29 ng/mL; $P < 0.05$) and in IGF-1 (76 ± 28 vs 58 ± 21 ng/mL; $P < 0.01$), and a significantly lower level in IGFBP-2 ($68 \pm 21\%$ vs $99 \pm 24\%$; $P < 0.01$). No significant difference was recorded between the two groups regarding the IGFBP-3 levels ($103 \pm 52\%$ vs $96 \pm 17\%$; $P > 0.05$). These results showed that the Timahdite ewe exhibited a seasonal reproductive pattern which was modulated by the feed level.

Keywords: Sheep – Feeding level – Reproduction – Periodicity – Season – Blood protein – Insulin-like growth factor – Morocco.

Resumen

Archa B., Chentouf M., Bister J.L. Efectos del nivel alimenticio sobre la estacionalidad de la actividad sexual en la oveja Timahdite: influencia de la leptina y del sistema IGF

Se estudiaron los efectos del nivel alimenticio sobre la estacionalidad de la reproducción en la oveja Timahdite en la región del Atlas medio en Marruecos (33 °N). Se repartieron ovejas adultas (3-4 años), no grávidas y no lactantes, en dos lotes NH (n=10) y NB (n=9), en función de los regímenes alimenticios correspondiendo respectivamente a dos y una vez las necesidades de mantenimiento. Durante un año, se observaron calores dos veces por día y se realizaron tomas de sangre semanales para la dosificación de los niveles plasmáticos de progesterona y de factores de crecimiento como leptina, IGF-I y sus proteínas de unión (IGFBP-2 et IGFBP-3). El nivel alimenticio elevado estimuló la función reproductora de las ovejas NH, debido a que estas presentaron una estación de reproducción más larga y manifestaron un número de ciclos normales significativamente más elevado que las ovejas del lote NB ($7,8 \pm 1,4$ vs $3,9 \pm 1,9$; $P < 0,05$). La leptina, la IGF-I y la IGFBP-2 parecieron implicadas en esta estimulación de la actividad reproductiva. Las ovejas NH presentaron contenidos plasmáticos significativamente más elevados que las ovejas NB en leptina ($3,79 \pm 0,38$ vs $3,30 \pm 0,29$ ng/mL; $P < 0,05$) y en IGF-I (76 ± 28 vs 58 ± 21 ng/mL, $P < 0,01$), mientras que el contenido plasmático en IGFBP-2 fue significativamente más elevado en las ovejas NB (99 ± 24 vs 68 ± 21 p. 100, $P < 0,01$). En cambio, no se observó ninguna diferencia significativa para el contenido de IGFBP-3 (103 ± 52 vs 96 ± 17 p. 100, $P > 0,05$). El presente trabajo permitió concluir que la oveja Timahdite presentó una actividad reproductiva estacional modulada por la alimentación.

Palabras clave: Ovino – Nivel alimenticio – Reproducción – Periodicidad – Estación del año – Proteína sanguínea – Factor de crecimiento – Marruecos.

Effet de la granulation sur les performances de croissance, l'efficacité alimentaire et la viabilité des lapereaux en condition d'élevage tropical

M. Kpodékon^{1,2} A.K.I. Youssao^{1*} G.B. Koutinhoun¹
I.L. Baba¹ J.M. Dessou¹ Y. Djago²

Mots-clés

Lapin – Aliment composé pour animaux – Croissance – Viabilité – Bénin.

Résumé

Cent quarante-quatre lapereaux de race locale ont été utilisés à partir du sevrage (entre 34 et 36 jours d'âge) pour analyser leur croissance, leur efficacité alimentaire et leur viabilité, en fonction de la présentation de l'aliment : farine ou granulé. L'expérimentation s'est déroulée sur trois fermes (Cecuri, Gava et Ahinadjè), à raison de 48 lapereaux par ferme, répartis en deux lots de 24 lapereaux : un lot expérimental nourri avec un aliment granulé et un lot témoin nourri avec le même aliment mais sous forme de farine. Le poids et la consommation ont été mesurés hebdomadairement durant les huit semaines d'engraissement et la mortalité a été contrôlée quotidiennement. Pendant la durée d'engraissement (56 jours), les lapereaux nourris avec l'aliment granulé ont eu une vitesse de croissance (24 g/j) plus élevée ($P < 0,001$) que celle des lapereaux nourris avec l'aliment farineux (22 g/j). Pendant les quatre premières semaines, l'aliment granulé a été davantage consommé (+ 18 p. 100), moins rejeté (- 77 p. 100), avec un indice de consommation plus faible (- 20 p. 100), que l'aliment farineux ($P < 0,001$). L'indice de consommation (5,2) et les quantités d'aliment consommées (92 g) ont été identiques pendant les quatre dernières semaines ($P > 0,05$). En revanche, l'aliment granulé a été moins refusé ($P < 0,001$) que l'aliment farineux (1 g vs 4 g). Enfin, dans les lots des lapereaux nourris au granulé, le taux de mortalité a été de 15 p. 100, contre 46 p. 100 chez les lapereaux nourris à l'aliment farineux.

INTRODUCTION

L'alimentation est l'un des facteurs les plus importants à maîtriser pour le développement de l'élevage du lapin (*Oryctolagus cuniculus*) sous les tropiques en général et au Bénin en particulier. Ainsi, depuis une dizaine d'années, le Centre cunicole de recherche et d'information (Cecuri) mène des travaux pour améliorer l'alimentation afin d'assurer une bonne productivité et une meilleure rentabilité économique des élevages cunicoles qui sont aujourd'hui

en pleine expansion au Bénin. Au Cecuri, il faut 56 jours d'engraissement, à partir du sevrage qui se fait à l'âge de 35 jours, pour atteindre un poids moyen de 1 920 g chez les lapins nourris à l'aliment granulé, et de 1 822 g chez les lapins nourris avec un aliment farineux (8). Dans les pays tempérés, la vitesse de croissance peut atteindre 48 à 51 g/jour (j), correspondant à un poids à l'abattage d'environ 2 700 g, pour des lapins sevrés à 35 jours et nourris avec un aliment granulé (12). Selon Kpodékon et coll. (7), les lapins d'engraissement du Cecuri, soumis pendant huit semaines à un aliment composé farineux local et à un aliment granulé importé, ont abouti à des gains moyens quotidiens (GMQ) de 23,4 g/j pour l'aliment farineux et de 28,5 g/j pour l'aliment granulé. En climat tropical (Guadeloupe), la croissance est similaire aux valeurs du Cecuri (3). Dans ces expériences, les aliments farineux et granulés n'avaient pas la même composition centésimale, ce qui n'a pas permis d'évaluer réellement l'effet de la granulation. Le but de cette étude a été de comparer l'ingestion, la croissance et la santé de lapins sevrés et nourris soit avec un aliment granulé, soit avec le même aliment non granulé (en farine).

1. Ecole polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire de recherche en biologie appliquée, UR Cunicole et cavicole, Cotonou, Bénin.

2. Centre cunicole de recherche et d'information, Cotonou, Bénin.

* Auteur pour la correspondance

Ecole polytechnique d'Abomey-Calavi, département de production et santé animales, 01 BP 2009, Cotonou, Bénin.

Tél. : +229 95 28 59 88 ; fax : +229 21 36 01 99

E-mail : iyoussao@yahoo.fr

■ MATERIEL ET METHODES

Cadre d'étude

Les expérimentations se sont déroulées pendant huit semaines (du 24 février au 12 mai 2005) dans trois élevages :

- le Cecuri, unité d'application de l'École polytechnique d'Abomey-Calavi, situé sur le campus universitaire d'Abomey-Calavi, à 600 m environ de la route inter-Etats (Bénin-Niger) ;
- la ferme cunicole Gava-lapins, située à Cocodji, à environ 16 km de l'université d'Abomey-Calavi, sur la route inter-Etats (Bénin-Togo) ;
- la ferme cunicole Ahinadjè-lapins, située dans le village de Hêvié, à environ 20 km de la route inter-Etats (Bénin-Niger).

Ces trois élevages étaient localisés dans la commune d'Abomey-Calavi, située dans le département de l'Atlantique. Ce département bénéficie de conditions climatiques de type subéquatorial, caractérisé par deux saisons de pluies : la grande (avril à juillet) et la petite (septembre à novembre). Ces deux saisons sont intercalées par des saisons sèches. La pluviométrie moyenne est voisine de 1 200 mm par an. Les températures moyennes mensuelles varient entre 27 et 31 °C et l'humidité relative de l'air fluctue entre 65 p. 100, de janvier à mars, et 97 p. 100, de juin à juillet.

Schéma expérimental

Cent quarante-quatre lapereaux de race locale ont été utilisés à partir du sevrage (entre 34 à 36 jours d'âge), à raison de 48 lapereaux par ferme. Dans chaque ferme, les lapereaux ont été répartis en fonction de leur poids au sevrage en deux lots (expérimental et témoin) de 24 lapereaux, et groupés dans huit cages de trois animaux par lot. Les cages métalliques (75 cm × 45 cm × 30 cm) ont été disposées en *flat-deck* dans des bâtiments ventilés naturellement et éclairés par la lumière du jour. Chaque cage était munie :

- d'un système de récupération pour recueillir les aliments gaspillés et éviter qu'ils ne soient mélangés aux crottes et à l'urine ;
- d'une mangeoire en tôle galvanisée accrochée à l'intérieur de la cage ;
- d'un abreuvoir en système de vases communicants et constitué d'un bac à eau muni de flotteur interne de stabilisation du niveau d'eau, d'un long tuyau et de tétines.

Les lots expérimentaux ont reçu l'aliment granulé (aliment essai) et les lots témoins l'aliment farineux, de même composition centésimale. Les aliments farineux et granulés ont été distribués *ad libitum* chaque jour à 9 h et à 16 h. Les animaux des deux lots (expérimental et témoin) ont reçu un complément de fourrage vert constitué de feuilles d'*Elaeis guineensis* (récoltées chaque jour) pour combler l'insuffisance de la cellulose. Ces feuilles sont composées de 92,9 p. 100 de matière sèche, 9,9 p. 100 de matière azotée totale (MAT), 4,2 p. 100 de matière grasse et 19,0 p. 100 de cellulose (4). Le tableau I montre la composition des aliments granulés et farineux. La teneur en cellulose brute des aliments consommés et des refus a été déterminée au laboratoire de la Direction de l'alimentation et de la nutrition appliquée. Le dosage de l'azote total a été fait par la méthode de Kjeldahl et la valeur de la MAT a ensuite été déduite en multipliant la teneur en azote par le coefficient 6,25. La cellulose brute a été déterminée par la méthode de Weende. L'énergie digestible de l'aliment a été calculée à partir de la formulation, en additionnant l'énergie fournie par chaque matière première entrant dans sa composition. Avant la constitution des lots, Trisulmycine Forte (sulfadiazine 66,7 g et triméthoprime 13,3 g) a été utilisée dans l'eau de boisson pour prévenir la coccidiose à la dose de 2 mg/kg de poids vif pendant trois jours.

Collecte des données

Après une pesée individuelle des animaux à J0, jour du démarrage de l'expérience, les animaux ont été pesés hebdomadairement à jour fixe durant les huit semaines d'engraissement. Les quantités d'aliments distribuées, consommées et refusées ont été quotidiennement enregistrées. Au cours de l'essai, les animaux morts ont été enregistrés et retirés des cages, et un diagnostic *post mortem* a été fait pour chacun d'eux.

Traitement des données

Pour le traitement des données, les poids hebdomadaires ont été enregistrés et les différents gains moyens quotidiens ont été calculés. L'indice de consommation a été déterminé en fonction du nombre de lapin-jours (nombre de jours pour lesquels chaque lapin a réellement consommé l'aliment dans la cage commune). Les analyses statistiques ont ensuite été réalisées avec le logiciel SAS (11). Un modèle linéaire comprenant les effets fixes de l'aliment (granulé et standard) et de la ferme (Cecuri, Gava et Ahinadjè) a été ajusté aux données. Les effets de l'interaction entre l'aliment et la ferme n'ont pas été significatifs sur le poids et le gain moyen quotidien ($P > 0,05$) et, par conséquent, n'ont pas été pris en compte dans le modèle. L'analyse de la variance a été obtenue par la procédure des modèles linéaires généralisés (Proc GLM). Les moyennes des moindres carrés ont ensuite été estimées et comparées par le test de *t*. La comparaison entre les différents taux de mortalité a été faite par le test du chi-2 en utilisant la procédure Catmod de SAS (11) et en intégrant dans le modèle l'aliment, la ferme et l'interaction entre l'aliment et la ferme.

Tableau I

Composition centésimale et chimique des aliments granulés et farineux

	Aliment granulé	Aliment farineux
Matières premières (%)		
Maïs	5,0	5,0
Tourteau de palmiste	29,0	29,0
Tourteau de coton	16,0	16,0
Tourteau de soja	7,0	7,0
Son de blé	20,5	20,5
Son de riz	15,0	15,0
Coquille d'huître	2,5	2,5
Sel	0,5	0,5
Sciure de bois	4,0	4,0
Total	99,5	99,5
Composition chimique		
Matière sèche (%)	88,4	89,2
Energie digestible ¹ (MJ/kg de MS)	10,94	10,99
Cellulose (% de MS)	19,8	19,1
Matière azotée totale (% de MS)	18,8	18,9

¹ L'énergie digestible de l'aliment a été obtenue à partir de la somme de l'énergie fournie par chaque matière première entrant dans sa composition.

■ RESULTATS

Effet des aliments granulés et farineux sur les performances de croissance

Au début de l'expérimentation, aucune différence significative n'a été observée entre le poids au sevrage des deux lots nourris (527 g). La différence pondérale est apparue à partir du septième jour, jusqu'à la fin de l'expérimentation ($P < 0,01$) en faveur de l'aliment granulé : les lapereaux nourris aux granulés pesaient 1 793 g à la fin de l'expérimentation, alors que ceux nourris à l'aliment farineux pesaient 1 480 g, soit un écart de 33 p. 100 équivalent à un gain de 13 à 15 jours d'engraissement.

Pendant les quatre premières semaines, les lapereaux nourris aux granulés ont eu un GMQ significativement plus élevé (30 g/j) que ceux nourris à l'aliment farineux (24 g/j) ($P < 0,001$). De même, pendant les quatre dernières semaines, cette différence de gain a été maintenue ($P < 0,05$) avec un GMQ de 17 et de 14 g/j, respectivement pour les lapereaux nourris aux granulés et ceux nourris à l'aliment farineux. Pour toute la durée d'engraissement, les lapereaux nourris aux granulés ont eu un GMQ (24 g/j) significativement plus élevé ($P < 0,001$) que celui des lots ayant reçu l'aliment farineux (22 g/j).

Le poids des lapereaux de la ferme Gava et du Cecuri a été plus élevé ($P < 0,001$) que celui des lapereaux d'Ahinadjè (tableau II). Par rapport au poids initial, le gain total de poids pendant la période d'engraissement a été de 1 279, 1 325 et 1 200 g pour les granulés, et 893, 951 et 1 022 g pour l'aliment farineux, respectivement chez les lapereaux du Cecuri, de Gava et d'Ahinadjè.

Consommation d'aliment et indice de consommation

Pendant les quatre premières semaines, l'aliment granulé a été plus consommé (+ 18 p. 100), moins rejeté (- 77 p. 100) avec un indice

de consommation plus faible (- 20 p. 100) que l'aliment farineux ($P < 0,001$, tableau III). L'indice de consommation (5,2) et les quantités d'aliment consommées (92 g) ont été identiques pendant les quatre dernières semaines ($P > 0,05$). En revanche, l'aliment granulé a été moins rejeté ($P < 0,001$ g) que l'aliment farineux (1 g vs 4 g).

Les quantités d'aliment consommées n'ont pas varié d'une ferme à l'autre. Il en a été de même pour l'indice de consommation des quatre dernières semaines (tableau III). Toutefois, pendant les quatre premières semaines, les lapereaux d'Ahinadjè ont eu un indice de consommation plus élevé que ceux du Cecuri et de Gava (22 p. 100), et la quantité d'aliment rejetée la plus faible (1,7 g) a été obtenue à Gava. La teneur en cellulose brute des refus de l'aliment farineux a été de 38,4 p. 100 contre 19,21 p. 100 pour l'aliment granulé. Ces refus ont été composés à 75 p. 100 de sciure de bois.

Morbidité et mortalité

Le taux de mortalité des lots nourris avec l'aliment farineux (45,8 p. 100) a été plus élevé ($P < 0,001$) que celui des lots nourris avec l'aliment granulé (15,3 p. 100, tableaux IV et V). En revanche, le taux de mortalité de l'ensemble des animaux pour les deux lots confondus n'a pas différé significativement d'une ferme à l'autre ($P > 0,05$). Le taux de mortalité au Cecuri a été de 31,3 p. 100 et ceux d'Ahinadjè et de Gava ont été respectivement de 31,3 et 29,2 p. 100.

Au Cecuri, aucune différence significative ($P = 0,057$) n'a été observée entre le taux de mortalité des lapereaux nourris à l'aliment granulé (16,7 p. 100) et celui des lapereaux nourris à l'aliment farineux (41,7 p. 100). En revanche, le taux de mortalité a été plus élevé ($P < 0,05$) chez les lapereaux nourris à l'aliment farineux que chez ceux nourris à l'aliment granulé à Gava (50,0 vs 12,5 p. 100) et à Ahinadjè (45,8 vs 16,7 p. 100).

Tableau II

Poids vif¹ et croissance des lapereaux en fonction de la forme de présentation de l'aliment : en farine ou granulé

Variable	Aliment		Ferme			Test de signification ²		ETR
	Farineux	Granulé	Ahinadjè	Cecuri	Gava	Aliment	Ferme	
P0 (g)	528 ^a	526 ^a	459 ^a	569 ^b	553 ^b	NS	***	84
P7 (g)	644 ^a	761 ^b	626 ^a	737 ^b	745 ^b	***	***	114
P14 (g)	767 ^a	951 ^b	769 ^a	909 ^b	898 ^b	***	***	141
P21 (g)	946 ^a	1 159 ^b	918 ^a	1 112 ^b	1 128 ^b	***	***	178
P28 (g)	1 105 ^a	1 343 ^b	1 103 ^a	1 239 ^b	1 328 ^c	***	***	191
P35 (g)	1 228 ^a	1 492 ^b	1 216 ^a	1 385 ^b	1 479 ^b	***	***	212
P42 (g)	1 378 ^a	1 619 ^b	1 380 ^a	1 495 ^b	1 620 ^c	***	***	224
P49 (g)	1 452 ^a	1 716 ^b	1 471 ^a	1 597 ^b	1 685 ^b	**	***	260
P56 (g)	1 480 ^a	1 793 ^b	1 548 ^a	1 662 ^b	1 699 ^b	***	*	317
GMQ40 (g/j)	24,4 ^a	30,1 ^b	25,9 ^a	26,8 ^{ab}	29,0 ^b	***	*	5,7
GMQ85 (g/j)	14,0 ^a	16,7 ^b	14,7 ^a	15,7 ^a	15,6 ^a	*	NS	5,6
GMQ80 (g/j)	20,9 ^a	24,4 ^b	21,3 ^a	21,7 ^a	24,9 ^b	***	*	5,3

¹ Les valeurs sont les moyennes ajustées (moindres carrés)

² L'interaction ferme x aliment est non significative

^{a,b,c} Les moyennes suivies de lettres différentes diffèrent significativement au seuil de 5 %

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; NS : non significatif

Pi : poids au i^e jour d'engraissement ; GMQ ij : gain moyen quotidien entre la j^e et la i^e semaine d'engraissement

ETR : écart-type résiduel

Tableau III

Quantités d'aliment consommées et rejetées, et indice de consommation des lapereaux en fonction de la forme de présentation des aliments dans les différentes fermes

Variables	Aliment		Ferme			Test de signification ²		ETR
	Farineux	Granulé	Ahinadjè	Cecuri	Gava	Aliment	Ferme	
Aliment consommé 1 (g)	77,5 ^a	65,6 ^b	82,1 ^a	66,9 ^a	56,6 ^a	***	NS	16,7
Aliment refusé 1 (g)	0,9 ^a	3,8 ^b	2,4 ^a	2,9 ^a	1,7 ^b	***	***	1,6
Indice de consommation 1	2,9 ^a	3,6 ^b	3,7 ^a	3,2 ^b	2,9 ^b	***	**	1,4
Aliment consommé 2 (g)	87,6 ^a	96,9 ^a	97,7 ^a	89,2 ^a	89,8 ^a	NS	NS	34,8
Aliment refusé 2 (g)	1,0 ^a	4,3 ^b	2,7 ^a	3,0 ^a	2,2 ^b	***	***	1,2
Indice de consommation 2	5,0	5,4	5,4	5,3	4,8	NS	NS	2,0

Aliment consommé 1 : aliment quotidiennement consommé pour les quatre premières semaines (35 à 63 jours)

Aliment consommé 2 : aliment quotidiennement consommé pour les quatre dernières semaines (64 à 81 jours)

ETR : écart-type résiduel

^{a,b} Les moyennes suivies de lettres différentes diffèrent significativement au seuil de 5 %

* P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; *** P < 0,001 ; NS : non significatif

Tableau IV

Signification des sources de variation de la mortalité des lapereaux au cours de l'engraissement

Source de variation	DDL	Chi-2	Signification
Intercept	1	21,61	***
Ferme	2	0,04	NS
Aliment	1	14,61	***
Interaction Ferme x Aliment	2	0,47	NS

DDL : degré de liberté

*** P < 0,001 ; NS : non significatif

Tableau V

Taux de mortalité des lapereaux au cours de l'engraissement

Source de variation	Effectif	Nb. de morts	Taux de mortalité (%)
Ferme			
Cecuri	48	15	31,3 ^a
Gava	48	14	29,2 ^a
Ahinadjè	48	15	31,3 ^a
Aliment			
Granulé	72	11	15,3 ^a
Farineux	72	33	45,8 ^b
Interaction			
Cecuri x Granulé	24	4	16,7 ^{ab}
Cecuri x Farineux	24	10	41,7 ^{ab}
Gava x Granulé	24	3	12,5 ^b
Gava x Farineux	24	12	50 ^a
Ahinadjè x Granulé	24	4	16,2 ^{ab}
Ahinadjè x Farineux	24	11	45,8 ^{ab}

Les taux de mortalité intra-classes suivis d'au moins une lettre commune ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %

Pour les causes de mortalité, 36 cas d'entérite (inflammation du caecum et de l'iléon) ont été enregistrés dont 30 dans le lot « farine » et six dans le lot « granulé ». Les maladies respiratoires (inflammation des poumons, densification des lobes, inflammation du sinus) ont été uniquement rencontrées dans le lot témoin avec six cas. Les causes de deux cas de mortalité n'ont pas pu être identifiées (absence de diarrhées et de signes cliniques apparents).

Aspects économiques

Les coûts et bénéfices bruts ont été calculés en tenant compte uniquement du facteur aliment, les coûts fixes et les autres coûts variables étant les mêmes (tableau VI). Le prix du kilogramme de poids vif de lapin a été égal à 1 000 Fcfa et le coût de la granulation a été de 40 Fcfa. Par rapport à l'aliment farineux, une marge bénéficiaire de 245 Fcfa par lapin a été obtenue à l'issue de cette étude, confirmant la rentabilité économique de l'aliment granulé.

DISCUSSION

Performances pondérales et consommation d'aliment

L'aliment granulé a été plus consommé que l'aliment farineux, ce qui a entraîné une croissance supérieure dans le lot « granulé ». Ces deux aliments étant de même composition, les plus faibles performances du lot « farine » seraient liées à la forme de présentation de l'aliment. En effet, la présentation en farine favorise le tri des différentes particules alimentaires par les animaux. Les travaux de Goby et Rochon (6) sur la digestibilité et l'impact du tri alimentaire montrent que les lapins délaissent les copeaux de bois pourtant riches en fibres. Selon Kpodékon et coll. (7), la faible croissance pondérale des lapereaux nourris à l'aliment farineux est essentiellement due à une sous-consommation alimentaire.

Ainsi, la granulation de l'aliment a permis d'obtenir une croissance supérieure à celle induite par l'aliment farineux (24,4 vs 20,9 g/j) entre le sevrage et l'abattage. Cette tendance a été similaire à celle enregistrée par Kpodékon et coll. (8), avec un aliment granulé de même formule que celle utilisée dans la présente étude, comparé avec un aliment farineux de composition différente de celle de l'aliment granulé (28,3 vs 24,6 g/j).

Tableau VI

Coûts et bénéfices bruts à la fin de l'engraissement

Paramètres économiques	Traitement	Ensemble des 3 élevages
Prix du kilogramme de l'aliment (Fcfa)	Farine	110
	Granulé	150
Quantité globale d'aliment utilisée par les animaux (kg)	Farine	71
	Granulé	100
Prix de la quantité d'aliment utilisée par les animaux (Fcfa)	Farine	7 801
	Granulé	14 932
Gain de poids vif (kg)	Farine	67
	Granulé	92
Prix de vente du gain de poids vif (Fcfa)	Farine	66 816
	Granulé	91 584
Bénéfice brut réalisé par rapport au gain de poids (Fcfa)	Farine	59 013
	Granulé	76 652
Bénéfice brut réalisé par rapport à l'aliment farineux (Fcfa)	Farine	–
	Granulé	17 639
Bénéfice réalisé par rapport à un lapin (Fcfa)	Farine	–
	Granulé	245

NB : le prix de vente du kilogramme de poids vif de lapin était à 1 000 Fcfa

Indices de consommation

Très peu d'études ont porté sur les indices de consommation des lapins, toutes races confondues, en Afrique subsaharienne. Toutefois, de manière classique, l'indice de consommation s'accroît avec l'âge de l'animal. Dans une étude réalisée sur des animaux de la même race, l'aliment farineux de même composition que celle utilisée dans la présente étude a donné un indice de consommation hebdomadaire qui a augmenté de 1,9 à 5,8, de la première à la huitième semaine d'engraissement, avec une moyenne hebdomadaire de 3,3 pour les huit semaines d'engraissement (10). La moyenne de l'indice de consommation pour toute la période expérimentale a été de 3,74 pour les animaux nourris à l'aliment granulé contenant 5 p. 100 de mélasse et de 3,61 pour les animaux nourris à l'aliment granulé de même composition que celui de la présente étude (9). Ces différentes valeurs de l'indice de consommation sont proches de celles obtenues dans la présente étude.

Impacts sur la santé des lapereaux

Les cas de pathologies observées au cours de l'expérimentation n'étaient pas liés aux coccidies mais à l'aliment en raison du traitement anticoccidien réalisé au début de l'expérimentation dans chaque unité d'élevage. Le fort taux de mortalité constaté parmi les animaux nourris à l'aliment farineux pourrait être expliqué par le fait qu'avec cet aliment les lapereaux ont trié et rejeté les parties fibreuses nécessaires au bon fonctionnement du tube digestif. Cette alimentation, déficiente en fibres, aurait favorisé les entérites. Le taux de mortalité a été de 31,7 p. 100 lorsque l'aliment était pauvre en fibres (19,1 p. 100 de lignocellulose), contre

11,5 p. 100 lorsqu'il était riche en fibres (23,9 p. 100 de lignocellulose). De même, le taux de morbidité a été de 38,5 p. 100 chez les lapereaux nourris avec l'aliment pauvre en fibres, contre 18,5 p. 100 pour l'aliment riche en fibres (12). Bennegadi et coll. (2) ont étudié l'incidence d'une forte baisse du niveau des fibres alimentaires (19 à 9 p. 100 de lignocellulose, respectivement pour l'aliment témoin S et déficient en fibres D) sur le statut sanitaire et la mortalité des lapereaux en engraissement. Ils ont rapporté que les diarrhées étaient le symptôme le plus fréquemment observé dans les entérites provoquées par la réduction du taux de fibres (90 p. 100 des cas), et que les lésions digestives étaient essentiellement une dilatation du segment caeco-colique (30 p. 100 de cas) et une liquéfaction du contenu digestif intestinal et caecal (60 p. 100 de cas). Ils ont aussi relevé un taux de mortalité de 25 p. 100 chez les lapins nourris avec le régime déficient en fibres D (période 28-70 j d'âge), contre 9 p. 100 chez ceux nourris avec le régime témoin S. Enfin, selon Auvergne et coll. (1), 16 lapins sur 60 sont morts de troubles digestifs avant la fin des 49 jours d'essai avec la mouture fine, contre 8 lapins sur 60 seulement avec la mouture grossière ; les 16 lapins morts de troubles digestifs avec le broyage fin étaient tous atteints de diarrhées, mais quatre des huit lapins morts avec le broyage grossier avaient un blocage du caecum (parésie caecale), et les quatre autres des symptômes de diarrhées. Au niveau de la santé de l'animal, un apport en lignocellulose paraît efficace pour réduire la fréquence des troubles digestifs et la mortalité pendant la période d'engraissement des lapins (5).

Par ailleurs, la poussière de la farine inhalée par les animaux pourrait être à l'origine des complications pulmonaires, puisque le taux élevé des mortalités lié aux maladies respiratoires a été uniquement constaté dans le lot des animaux nourris à l'aliment farineux dans les trois fermes.

CONCLUSION

L'aliment granulé a permis d'obtenir des performances nettement meilleures chez les lapins que la forme farineuse correspondante et de réduire de 13 à 15 jours la durée d'engraissement. L'aliment granulé a été plus consommé, moins gaspillé et a présenté un meilleur indice de consommation que l'aliment farineux ; il a aussi conduit à une mortalité inférieure. Par rapport à l'aliment farineux, une marge bénéficiaire de 245 Fcfa par lapin a été obtenue à l'issue de cette étude, confirmant la rentabilité économique de l'aliment granulé.

BIBLIOGRAPHIE

- AUVERGNE A., BOUYSSOU T., PAIRET M., BOUILLIER OUDOT M., RUCKEBUSCH Y., CANDAU M., 1987. Diet type, grinding size and anatomical and functional characteristics of the proximal digestive tract in rabbits. *Reprod. Nutr. Dev.*, **27**: 755-768.
- BENNEGADI N., GIDENNE T., LICOIS L., 2001. Impact of fibre deficiency and sanitary status on non-specific enteropathy of the growing rabbit. *Anim. Res.*, **50**: 401-413.
- DEPRES E., VARO H., MATHERON G., XANDE A., 1991. Essai comparatif de deux aliments granulés utilisés en Guadeloupe sur les performances de croissance et le rendement à l'abattage de lapins croisés néozélandais blancs x californiens. *Cuni-Sci.*, **7**: 23-27.
- JAGO A.Y., KPODEKON T.M., 2007. Le guide pratique de l'éleveur de lapins en Afrique de l'Ouest, 2e éd. Corrinsac, France, association Cuniculture. [http://www.cuniculture.info/ Docs/Elevage/Tropic-01.htm](http://www.cuniculture.info/Docs/Elevage/Tropic-01.htm)
- GIDENNE T., 1996. Conséquences digestives de l'ingestion de fibres et d'amidon chez le lapin en croissance : vers une meilleure définition des besoins. *Prod. Anim.*, **9**: 243-254.

6. GOBY P., ROCHON J., 1990. Utilisation d'un aliment fermier chez le lapin à l'engraissement : digestibilité et impact du tri alimentaire. In : 5^{es} Journées Recherche cunicole, Paris, France, 12-13 déc. 1990.
7. KPODEKON M., LEBAS F., DJAGO Y., COUDERT P., 1998. Relative efficiency of local meal concentrate pelleted feed for fattening rabbits in tropical conditions. Interaction with rabbit origin. *World Rabbit Sci.*, **6**: 291-287.
8. KPODEKON T.M., YOUSSAO A.K.I., DJOGBENOU I., DJAGO Y., 2005. Performances de croissance et viabilité des lapereaux nourris avec un aliment granulé à l'engraissement. *Revue Afr. Santé Prod. Anim.*, **3** : 222-226.
9. KPODEKON T.M., YOUSSAO A.K.I., TOSSOU C.M., DJAGO A.Y., COUDERT P., 2008. Effects of molasses incorporation in rabbit fattening diet on growth performances. In: Proc. 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, 10-13 June 2008, p. 711-715.
10. KPODEKON T.M., YOUSSAO A.K.I., KOUTINHOUI G.B., FAYOMI J., FAGBOHOU A., DJAGO Y., 2009. Substitution du tourteau de palmiste par le tourteau de tournesol dans l'alimentation des lapins à l'engraissement. *Livest. Res. Rural Dev.*, **21**. <http://www.lrrd.org/lrrd21/6/kpod21092.htm>
11. SAS, SAS/STAT, 1996. User's guide, Vers. 6. Cary, NC, USA, SAS Inst.
12. XICCATO G., TROCINO A., CARRARO L., FRAGKIADAKIS M., MAJOLINI D., 2008. Digestible fibre to starch ratio and antibiotic treatment time in growing rabbits affected by epizootic rabbit enteropathy. In: Proc. 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, 10-13 June 2008, p. 847-851.

Accepté le 10.02.2010

Summary

Kpodékon M., Youssao A.K.I., Koutinhouin G.B., Baba I.L., Dessou J.M., Djago Y. Effect of Diet Pelleting on Growth, Feed Efficiency and Viability of the Rabbit in a Tropical Breeding Environment

One hundred and forty-four young rabbits were used from weaning (34-36 days old) to study growth, feed efficiency and viability in relation to the diet presentation: pelleted or as a flour. The experiment was carried out in three farms (CECURI, GAVA and AHINADJE), with 48 young rabbits in each farm, divided into two groups of 24 animals: an experimental group fed a pellet diet and a control group fed the same diet but in a flour form. Weights and feed intake were measured weekly during the eight-week fattening period, and mortality was checked daily. During fattening (56 days), the young rabbits fed the pelleted diet had a higher ($P < 0.001$) growth rate (24 g/d) than those fed the flour diet (22 g/d). During the first four weeks, the pelleted diet was more consumed (+ 18%), less rejected (- 77%), with a lower consumption index (- 20%) than the flour diet ($P < 0.001$). The consumption index (5.2) and feed intake (92 g) were similar during the last four weeks ($P > 0.05$). On the other hand, the pelleted diet was less rejected ($P < 0.001$) than the flour diet (1 g vs 4 g). Finally, the mortality rate was lower (15.28 %) in the groups of young rabbits that received the pelleted diet than in those that received the flour diet (46%).

Keywords: Rabbit – Compound feed – Growth – Viability – Benin.

Resumen

Kpodékon M., Youssao A.K.I., Koutinhouin G.B., Baba I.L., Dessou J.M., Djago Y. Efecto de granulados sobre los rendimientos de crecimiento, eficacia alimenticia y viabilidad de conejos bajo condiciones de crianza tropical

Se utilizaron 140 conejos de raza local a partir del destete (entre 34 y 36 días de edad) para analizar el crecimiento, la eficiencia alimenticia y la viabilidad, en función de la presentación del alimento: harina o granulados. El experimento se desarrolló en tres fincas (Cecuri, Gava y Ahinadjè), con 48 conejos por finca, repartidos en dos lotes de 24 conejos: un lote experimental alimentado con un alimento granulado y un lote control alimentado con el mismo alimento, pero en forma de harina. El peso y el consumo se midieron en forma hebdomadaria, durante las ocho semanas de engorde y la mortalidad fue controlada cotidianamente. Durante la duración del engorde (56 días), los conejos alimentados con el alimento granulado presentaron una velocidad de crecimiento (24 g/d) más elevada ($P < 0,001$) que la de los conejos alimentados con el alimento harinoso (22 g/d). Durante las cuatro primeras semanas, el alimento granulado fue más consumido (+ 18%), menos rechazado (- 77%), con un índice de consumo más bajo (- 20%) que el alimento harinoso ($P < 0,001$). El índice de consumo (5,2) y las cantidades de alimento consumidas (92 g) fueron idénticas durante las cuatro últimas semanas ($P > 0,05$). En cambio, el alimento granulado fue menos rechazado ($P < 0,001$) que el alimento harinoso (1g vs 4 g). Finalmente, en los lotes de conejos alimentados con el granulado, la tasa de mortalidad fue de 15%, contra 46 % en los conejos alimentados con el alimento harinoso.

Palabras clave: Conejo – Pienso compuesto – Crecimiento – Viabilidad – Benin.