

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

Revue trimestrielle  
ISSN 0035-1865

publiée  
par le département d'élevage  
et de médecine vétérinaire  
du Centre de coopération internationale  
en recherche agronomique pour le développement  
Cirad, département Emvt

Directeur de la Publication : Emmanuel Camus  
Rédacteur en chef : Didier Richard  
Edition : Marie-Cécile Maraval-Mollard

#### COMITE DE LECTURE

J. Asso, E. Authié, D. Bastianelli, P. Bonnet,  
J.-P. Boutonnet, J. Cabaret, Ph. Chardonnet, Y. Cognié,  
C. Demarquilly, A. Diallo, Ph. Dorchies, G. Duvallet,  
B. Faye, H. Guerin, A. Gueye, J.-F. Guillot, J. Itard,  
J. Le Dividich, P.-C. Lefèvre, C. Le Goff, Ph. Lhoste,  
G. Libeau, F. Méniessier, C. Meyer, P.-P. Pastoret,  
M. Picard, J.-P. Poivey, D. Richard, G.R. Scott,  
G. Tacher, F. Thiaucourt, B. Toutain, P.-L. Toutain,  
G. Uilenberg

#### Rédaction et Publicité

Cirad, département Emvt  
Campus international de Baillarguet, TA 30/B  
34398 Montpellier Cedex 5, France  
Téléphone : (0) 4 67 59 38 17 - Télécopie : (0) 4 67 59 37 97  
revue.emvt@cirad.fr  
<http://remvt.cirad.fr>

© Cirad, Montpellier, 2006  
Imprimé par Jouve (France)  
n° d'ordre : 409414E  
Dépôt légal : septembre 2006

# Notice de l'éditeur

! A l'attention des abonnés,  
des auteurs et des lecteurs

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

A partir du prochain numéro, la revue passe en édition électronique  
avec accès libre. Son adresse Internet : <http://remvt.cirad.fr>

Pour plus de détail, consulter l'éditorial  
du rédacteur en chef page 203.

---

## Editor's Note

! To the attention of subscribers,  
authors, and readers

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

Starting with the next issue, the revue will convert to an open access  
online journal. The Internet address is: <http://remvt.cirad.fr>

For more information please read  
the Editor in chief's editorial page 204.

<http://remvt.cirad.fr>

# Sommaire

203 Editorial (*en français*)

204 Editorial (*en anglais*)

## PATHOLOGIE INFECTIEUSE

205-209 Etude de la prévalence de la brucellose bovine en zone forestière de la Côte d'Ivoire. Thys E., Yahaya M.A., Walravens K., Baudoux C., Bagayoko I., Berkvens D., Geerts S. (*en français*)

211-215 Etude hématologique séquentielle d'une infection expérimentale induite par le virus de la maladie de Gumboro chez des poulets, des dindes et des canards. Oladele O.A., Adene D.F., Obi T.U., Nottidge H.O., Aiyedun A.I. (*en anglais*)

217-219 Maladie hémorragique virale du lapin. Abubakr M.I., Gould E.A., Fadlalla M.E., Abuobeida S.A. (*en anglais*)

## PATHOLOGIE PARASITAIRE

221-228 Lutte contre les ectoparasites des bovins par pédiluve : méthode innovante utilisée en zone périurbaine subhumide du Burkina Faso. Stachurski F., Bouyer J., Bouyer F. (*en français*)

229-235 Développement du dosage radioimmunologique du pepsinogène A bovin. Sidikou D.I., Remy B., Beckers J.F. (*en anglais*)

## RESSOURCES ANIMALES

237-243 Les minilaiteries comme modèle d'organisation des filières laitières en Afrique de l'Ouest : succès et limites. Corniaux C., Duteurtre G., Dieye P.N., Pocard-Chapuis R. (*en français*)

245-255 Qualité sanitaire du lait cru tout au long de la filière dans le district de Mbarara et la ville de Kampala en Ouganda. Grillet N., Grimaud P., Loiseau G., Wesuta M., Faye B. (*en français*)

257-265 Test d'un complément minéral et azoté sur les paramètres de reproduction de la chèvre du Sahel burkinabé. Gnanda B.I., Zoundi S.J., Nianogo J.A., Meyer C., Zono O. (*en français*)

267-272 Performances d'engraissement et caractéristiques des carcasses des agneaux Boujaâd et Sardi au Maroc. Chikhi A., Boujenane I. (*en français*)

273-283 Fonctionnement des élevages camelins de la zone périurbaine d'Agadez au Niger : enquête typologique. Chaibou M., Faye B. (*en français*)

## INDEX

285-292 Index 2005 des auteurs, des mots-clés et géographique

# Contents

- 203 Editorial (*in French*)  
204 Editorial (*in English*)

## INFECTIOUS DISEASES

- 205-209 Study of the Prevalence of Bovine Brucellosis in the Forest Zone of Cote d'Ivoire. Thys E., Yahaya M.A., Walravens K., Baudoux C., Bagayoko I., Berkvens D., Geerts S. (*in French*)  
211-215 Sequential Hematological Study of Experimental Infectious Bursal Disease Virus Infection in Chickens, Turkeys and Ducks. Oladele O.A., Adene D.F., Obi T.U., Nottidge H.O., Aiyedun A.I. (*in English*)  
217-219 Rabbit Hemorrhagic Disease in Bahrain. Abubakr M.I., Gould E.A., Fadlalla M.E., Abuobeida S.A. (*in English*)

## PARASITIC DISEASES

- 221-228 Innovative Method to Control Cattle Ectoparasites in Suburban Areas of the Subhumid Zone of Burkina Faso: the Footbath. Stachurski F., Bouyer J., Bouyer F. (*in French*)  
229-235 Development of a Radioimmunoassay for Bovine Pepsinogen A. Sidikou D.I., Remy B., Beckers J.F. (*in English*)

## ANIMAL RESOURCES

- 237-243 The Mini Dairy Farm as a Model for the Organization of the Dairy Subsector in West Africa: Strong Points and Limitation. Corniaux C., Duteurtre G., Dieye P.N., Pocard-Chapuis R. (*in French*)  
245-255 Sanitary Quality of Raw Milk within the Commodity Subsector in Mbarara District and Kampala City in Uganda. Grillet N., Grimaud P., Loiseau G., Wesuta M., Faye B. (*in French*)  
257-265 Effect of Mineral and Nitrogen Supplementation on Reproduction Parameters of the Burkinabe Sahelian Goat. Gnanda B.I., Zoundi S.J., Nianogo J.A., Meyer C., Zono O. (*in French*)  
267-272 Fattening Performances and Carcass Characteristics of Boujaâd and Sardi Lambs in Morocco. Chikhi A., Boujenane I. (*in French*)  
273-283 Herding Strategies of Camel Husbandry in Agadez Suburban Area in Niger. Typological Survey. Chaibou M., Faye B. (*in French*)

## INDEX

- 285-292 Author, Keyword, and Geographical 2005 Index

# Sumario

203 Editorial (*en francés*)

204 Editorial (*en inglés*)

## PATOLOGIA INFECCIOSA

205-209 Estudio de la prevalencia de la brucelosis bovina en zonas forestales de la Costa de Marfil. Thys E., Yahaya M.A., Walravens K., Baudoux C., Bagayoko I., Berkvens D., Geerts S. (*en francés*)

211-215 Estudio hematológico secuencial del virus de la bursitis infecciosa experimental en pollos, pavos y patos. Oladele O.A., Adene D.F., Obi T.U., Nottidge H.O., Aiyedun A.I. (*en inglés*)

217-219 Enfermedad hemorrágica del conejo en Bahrein. Abubakr M.I., Gould E.A., Fadlalla M.E., Abuobeida S.A. (*en inglés*)

## PATOLOGIA PARASITARIA

221-228 Lucha contra los ectoparásitos de los bovinos mediante pediluvios: método innovador utilizado en la zona peri urbana sub húmeda de Burkina Faso. Stachurski F., Bouyer J., Bouyer F. (*en francés*)

229-235 Desarrollo de un radio inmunoensayo para el pepsinógeno bovino A. Sidikou D.I., Remy B., Beckers J.F. (*en inglés*)

## RECURSOS ANIMALES

237-243 Las mini lecherías como modelo de organización de las filiales lecheras en Africa del Oeste: éxitos y limitaciones. Corniaux C., Duteurtre G., Dieye P.N., Pocard-Chapuis R. (*en francés*)

245-255 Calidad sanitaria de la leche cruda a lo largo de la filial en el distrito de Mbarara y de la ciudad de Kampala (Uganda). Grillet N., Grimaud P., Loiseau G., Wesuta M., Faye B. (*en francés*)

257-265 Test de un complemento mineral y nitrogenado sobre los parámetros de reproducción de la cabra del Sahel burkinabe. Gnanda B.I., Zoundi S.J., Nianogo J.A., Meyer C., Zono O. (*en francés*)

267-272 Rendimientos de engorde y características de las carcasas de los corderos Boujaâd y Sardi en Marruecos. Chikhi A., Boujenane I. (*en francés*)

273-283 Funcionamiento de la cría camellar de la zona periurbana de Agadez en Níger: estudio tipológico. Chaibou M., Faye B. (*en francés*)

## INDICE

285-292 Indice 2005 de autores, de temas y geográfico



# Editorial

## **La Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux devient une publication en accès libre**

*La Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux (Remvt) contribue depuis près de 60 ans à la diffusion de connaissances nouvelles et d'informations scientifiques et techniques pour le développement de l'élevage des pays du Sud. Elle poursuit la diffusion de travaux sur les pathologies infectieuses et parasitaires, ainsi que sur les différents domaines des productions animales, tels la zootechnie, les ressources alimentaires, les systèmes d'élevage.*

*Distribuée dans de nombreux pays du Sud et auprès d'institutions du Nord, elle se doit d'évoluer pour mieux participer au développement de la diffusion de nouveaux savoirs. Les technologies de l'information et de la communication scientifique sont en perpétuelle évolution et il faut s'adapter à l'environnement mondial qui a considérablement évolué depuis l'avènement d'internet, d'un accès chaque jour plus facile dans le monde entier.*

*L'information scientifique et technique est primordiale pour les chercheurs ; les résultats ou méthodes doivent être rapidement disponibles pour contribuer à des recherches efficaces. Pour cela, la Remvt devient une publication en libre accès pour rendre son contenu accessible au plus grand nombre. Elle garde son statut, ses objectifs, ses modalités d'évaluation par des pairs et son suivi des documents, mais change de mode de diffusion.*

*Les recherches de documents pourront se faire par auteurs et par mots-clés. Les articles des volumes 1 à 53 (années 1947 à 2000), qui avaient fait l'objet d'un cédérom édité par le Cirad en 2001, seront disponibles au format pdf en accédant d'abord au numéro intégral où a paru l'article. A partir du volume 54 (2001), les documents seront disponibles en pdf et seront retrouvés individuellement. Dorénavant, les articles et numéros seront publiés par voie électronique. L'ensemble est hébergé sur le site du Cirad et l'accès se fera à partir de tout moteur de recherche soit via le Cirad (<http://www.cirad.fr>) soit par l'intitulé « remvt » (<http://remvt.cirad.fr>).*

*L'accès sera libre pour toutes et tous. Les articles seront revus et édités sans frais de publication pour les auteurs.*

*Ces derniers recevront une version pdf de leurs articles. Une version des futurs volumes, rassemblant tous les documents publiés, sera réalisée annuellement sur support papier ou CD et sera disponible par achat.*

*Par cette démarche, la Remvt espère encore plus contribuer à la diffusion des connaissances et assurer une plus grande diffusion des travaux publiés. Elle répond aussi à la demande de nombreuses organisations et institutions qui défendent un accès aux données et résultats de la recherche financée par les fonds publics tant nationaux qu'internationaux.*

*Au-delà de cette modalité de diffusion faite par le Cirad, nous espérons que les auteurs et les lecteurs trouveront un grand intérêt à cet accès libre et que ce partage des informations scientifiques sur l'élevage des pays du Sud à travers la Revue EMVT se poursuivra et se développera avec la confiance de tous.*

**Didier RICHARD**  
Rédacteur en chef

# Editorial

## ***The Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux becomes an open access journal***

*The Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux (REMVT) has been contributing for nearly 60 years to the dissemination of new knowledge, and scientific and technical information for the development of animal production in tropical and subtropical countries. It focuses on the circulation of works relating to infectious and parasitic diseases, as well as to various fields of animal production such as animal science, feed resources, farm systems.*

*REMVT is circulated throughout many countries of the South and to many institutions of the North, and must thus evolve to be part of the development involving the dissemination of new knowledge. Information and scientific communication technologies are in constant evolution, and one needs to adapt to the world environment, which changed considerably since the advent of Internet, whose access is becoming easier by the day throughout the world.*

*Scientific and technical information is essential to researchers; results or methods must be made rapidly available to help research efficiently. Thus, REMVT becomes an open access online journal, enabling a broader readership to have access to its content. It retains its status, aims, peer-reviewing system, manuscript processing mode, but it changes the way it is circulated.*

*It will be possible to access articles by author names or keywords. The articles from volumes 1 to 53 (years 1947 to 2000), which had been also published as CD-ROMs in 2001, will be accessed via the PDF files of the issues where they were published. Starting with volume 54 (2001), articles will be accessed individually as PDF files. From now on, articles and journal issues will be published electronically. They will all be housed by CIRAD and accessed to through any research engine either via CIRAD web site (<http://www.cirad.fr>) or via the short name REMVT (<http://remvt.cirad.fr>).*

*The access will be free for all. The articles will be peer-reviewed and published at no cost for the authors.*

*The authors will receive a PDF version of their articles. There will be also a yearly paper or CD edition of the volumes to come. It will contain all the documents published online and will be available against payment.*

*By taking this step, REMVT hopes to contribute even further to the dissemination of knowledge and ensure a yet broader circulation of published works. It also responds to the demand from many organizations and institutions for an access to research data and results financed by national or international public funds.*

*Beyond this dissemination mode implemented by CIRAD, we hope that authors and readers will find a great interest in this open access and that the share of scientific information on animal production in countries of the South via REMVT will go on and develop with everyone's trust.*

**Didier RICHARD**  
Editor in chief

# Etude de la prévalence de la brucellose bovine en zone forestière de la Côte d'Ivoire

E. Thys<sup>1\*</sup> M.A. Yahaya<sup>2</sup> K. Walravens<sup>3</sup> C. Baudoux<sup>4</sup>  
I. Bagayoko<sup>4</sup> D. Berkvens<sup>1</sup> S. Geerts<sup>1</sup>

## Mots-clés

Bovin – *Brucella* – Brucellose – Morbidité – Technique immunologique – Zone périurbaine – Forêt – Côte d'Ivoire.

## Résumé

Une enquête sérologique a été menée dans la zone forestière périurbaine d'Abidjan entre juillet et septembre 2004, afin d'évaluer la prévalence de la brucellose dans le cheptel laitier bovin. Trois cent quatre vingt et un (381) sérums ont été récoltés sur un total de 927 animaux, dont 506 provenaient des fermes laitières suivies par le Projet laitier Sud (fermes d'application et privées) et 421 des élevages traditionnels environnants. Quatre tests sérologiques ont été appliqués : le test au rose bengale, l'Elisa indirect, le test de fixation du complément et l'agglutination lente de Wright avec Edta (microméthode). Sur la base des analyses sérologiques et bayésiennes, des séroprévalences de l'ordre de 3,6 et 4,3 p. 100 ont été trouvées respectivement dans les fermes laitières et dans les élevages traditionnels. Il n'y a pas eu de différence significative entre les fermes laitières et les élevages traditionnels ( $p < 0,05$ ).

## INTRODUCTION

La brucellose est une maladie fortement pathogène causée par des bactéries du genre *Brucella*. Elle est considérée comme la zoonose la plus répandue dans le monde (15). Elle provoque de très importantes pertes économiques en élevage (12, 13, 16, 20) et représente un danger de santé publique non négligeable (17), surtout dans les régions du monde où le bétail est la source principale d'aliments et de revenus (8).

La brucellose est présente en Afrique subsaharienne où elle est considérée comme un problème majeur chez les ruminants (24). La prévalence montre une forte variabilité selon les pays et les régions

(1, 5, 7, 15). En Côte d'Ivoire, les foyers de brucellose bovine ont été principalement détectés au Nord, avec des taux d'infection de l'ordre de 12 à 14 p. 100 (3). Entre 1975 et 1977, un taux de positivité de 10,8 p. 100 sur l'ensemble du territoire avait été déterminé par le laboratoire de pathologie animale de Bingerville (20).

L'absence de données récentes sur la prévalence de la brucellose bovine en Côte d'Ivoire et plus particulièrement en zone méridionale forestière donne toute son importance à la présente étude. En effet, l'élevage laitier est en train de se développer dans la zone forestière tout autour de la capitale. Une ferme d'application a été installée près d'Abidjan, dans le cadre d'un projet belgo-ivoirien, le Projet laitier Sud (PLS), qui doit fournir des animaux de qualité supérieure à des éleveurs privés démarrant une ferme laitière et former ces derniers aux différentes techniques liées à ce type d'élevage. La consommation du lait frais devenant une réalité dans cette partie du pays, il s'est donc avéré utile de connaître la prévalence de la brucellose aussi bien chez les animaux de la ferme d'application, que parmi ceux distribués aux fermes laitières débutantes. Des troupeaux extensifs traditionnels gardés par des bergers Peuls coexistent dans la zone. Leur statut sérologique en matière de brucellose a été tout aussi important à déterminer compte tenu des risques de contamination possibles.

1. Institut de médecine tropicale, Anvers, B-2000 Belgique.

2. s/c Ets Houdou Younoussa, Niamey, Niger.

3. Centre d'étude et de recherches vétérinaires et agrochimiques d'Uccle, Bruxelles, B-1180 Belgique.

4. Projet laitier Sud, Abidjan, Côte d'Ivoire.

\* Auteur pour la correspondance

Institut de médecine tropicale, département de santé animale, Nationalestraat 155, 2000 Anvers, Belgique.

Tél. : +32 (0)3 247 63 92 ; fax : +32 (0)3 247 62 68

E-mail : ethys@itg.be

■ MATERIEL ET METHODES

**Contexte et collecte des données**

La collecte des données a été effectuée entre juillet et septembre 2004 dans les districts d'Abidjan, de Bingerville, d'Azaguié et de Makouguié, situés respectivement à 2, 40 et 50 km d'Abidjan, dans le Sud forestier de la Côte d'Ivoire (figure 1). Elle a concerné le troupeau de la ferme d'application du projet PLS à Bingerville et les fermes laitières privées suivies par le projet, avec 244 animaux de plus d'un an échantillonnés aléatoirement sur un total de 506 (48,2 p. 100) dans dix fermes différentes. Aucune vaccination systématique n'était appliquée sur place sur les animaux qui provenaient en majorité de stations d'Etat et d'élevages privés situés au centre et au nord du pays (Séguéla, Korhogo, Bouaké). A titre de comparaison et afin d'obtenir une idée de la prévalence de la brucellose dans les élevages traditionnels, 137 animaux sur 421 (32,5 p. 100) ont été échantillonnés dans 12 troupeaux installés majoritairement à la périphérie des agglomérations, à l'exception d'un seul qui se trouvait en pleine forêt tout comme les fermes laitières.

Au total 381 sérums ont ainsi été collectés. Des informations complémentaires ont été recueillies sur le sexe de chaque animal prélevé, son âge, son origine ainsi que le nom de l'éleveur concerné. Les sérums recueillis ont été conservés au congélateur à -20 °C

jusqu'à leur arrivée au Centre d'étude et de recherches vétérinaires et agrochimiques (Cerva, Uccle, Belgique) pour les analyses sérologiques.

**Analyses sérologiques**

Tous les sérums ont été testés au Cerva. Les tests sérologiques utilisés ont été les suivants : le test au rose bengale (TRB), l'Elisa indirect (iElisa), le test de fixation du complément (TFC) et l'agglutination lente de Wright avec Edta (SAW-Edta) en microméthode. Les tests sérologiques pour la brucellose sont officiellement accrédités (normes ISO 17 025) par le Cerva d'Uccle.

Le TRB a été réalisé suivant la méthode décrite par Alton et coll. (2). L'iElisa l'a été suivant la méthode développée par Limet et coll. (14) en utilisant le biotype 1 de *Brucella abortus* (Weybridge 99) comme antigène. Le TFC a été réalisé sur des microplaques suivant la méthode préconisée dans le manuel de l'OIE (19). Enfin, la SAW-Edta a été effectuée d'après Garin et coll. (11).

**Analyse statistique**

Compte tenu de la distribution binaire des données de séroprévalence, une régression logistique a été réalisée à l'aide de Stata pour la comparaison entre types d'élevage (23). Une analyse bayésienne

■ PATHOLOGIE INFECTIEUSE

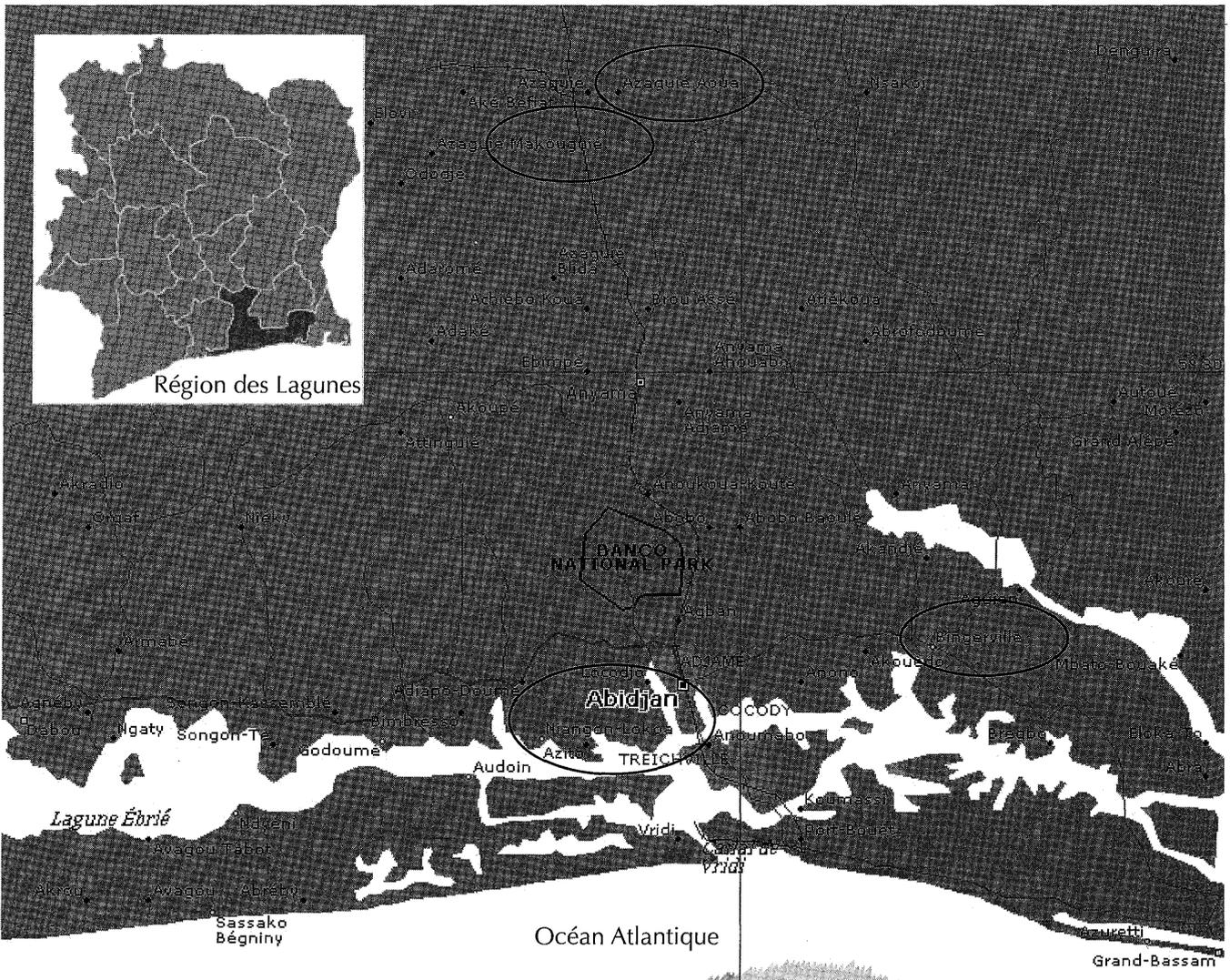


Figure 1 : zone d'étude avec les localités d'Abidjan, de Bingerville, d'Azaguié et de Makouguié (Côte d'Ivoire).

Revue Élev. Méd. vét. Pays trop., 2005, 58 (4) : 205-209

a permis de combiner les informations préalables sur les sensibilités et les spécificités des tests sérologiques utilisés (appelées informations *a priori*) avec les résultats des analyses réalisées dans cette étude. La combinaison des informations *a priori* et de la vraisemblance des données (étant donné l'information *a priori*) aboutit à une distribution de probabilité *a posteriori*. Elle a été réalisée avec WinBUGS14 pour l'estimation de la prévalence de la brucellose et des caractéristiques des quatre tests sérologiques utilisés (sensibilité et spécificité). Les opinions d'experts ayant servi à la modélisation ont été extraits de Nielsen (18). Le résumé a été repris au tableau I.

■ RESULTATS

Séroprévalence

Les résultats de la séroprévalence sont résumés dans le tableau II. La régression logistique a montré qu'il n'y avait pas de différence significative statistiquement pour la séroprévalence entre les fermes suivies par le PLS et les élevages traditionnels au seuil de 5 p. 100.

La concordance entre les résultats des différents tests sérologiques utilisés est illustrée dans le tableau III.

Tableau I

Sensibilité et spécificité des différents tests de diagnostic de la brucellose bovine et isotypes détectés

Tests	Sensibilité (%)	Spécificité (%)	Anticorps détectés			
			IgM	IgA	IgG <sub>1</sub>	IgG <sub>2</sub>
SAW-Edta	29,1-100	99,2-100	+	+	-	+
TRB	21-98,3	68,8-100	+	-	+	+
TFC	23-97,1	30,6-100	+	-	+	-
Elisa	92,5-100	90,6-100	-	-	+	+

Source : Nielsen, 2002 (pour la sensibilité et la spécificité)  
SAW-Edta : agglutination lente de Wright avec Edta ; TRB : test au rose bengale ; TFC : test de fixation du complément

Tableau II

Séroprévalence de la brucellose dans les différents types d'élevage en Côte d'Ivoire en utilisant différents tests sérologiques

	Nb. d'animaux testés	Nb. d'examen positifs et proportion (%)			
		SAW-Edta	TFC	TRB	Elisa
Fermes laitières	244	7 (2,9)	3 (1,2)	4 (1,6)	5 (2)
Elevages traditionnels	137	5 (3,6)	3 (2,2)	4 (2,9)	4 (2,9)
Total	381	12 (3,1)	6 (1,6)	8 (2,1)	9 (2,4)

SAW-Edta : agglutination lente de Wright avec Edta ; TFC : test de fixation du complément ; TRB : test au rose bengale

Sur les 381 animaux testés, la majorité (362) étaient négatifs pour les quatre tests utilisés. Seuls cinq échantillons ont été positifs pour les quatre tests simultanément.

Analyse bayésienne

Ces résultats ont été utilisés pour la modélisation bayésienne (tableau IV).

Les valeurs intrinsèques des tests utilisés sont résumées dans le tableau V. Les premières caractéristiques concernent les fermes laitières et les deuxièmes les élevages traditionnels. Elles représentent les distributions postérieures qui résultent de la combinaison des opinions d'experts et de la vraisemblance des données.

Tableau III

Résultats bruts globaux des différents tests sérologiques utilisés pour tous les animaux provenant des élevages étudiés (n = 381)

SAW-Edta	TFC	TRB	Elisa	Nb. bovins
0	0	0	0	362
0	0	0	1	4
0	0	1	0	2
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	6
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	5

SAW-Edta : agglutination lente de Wright avec Edta ; TFC : test de fixation du complément ; TRB : test au rose bengale  
0 : résultat négatif ; 1 : résultat positif

Tableau IV

Prévalences estimées de la brucellose et intervalles de crédibilité à partir de l'analyse bayésienne

Type d'élevage	n	Prévalence* (%)	Intervalle de crédibilité à 95 %
Fermes (application et privées)	244	3,573	[1,164 - 7,113]
Elevages traditionnels	137	4,291	[1,324 - 8,755]

\* A partir de la séropositivité dans les quatre tests utilisés

Tableau V

Valeurs intrinsèques après analyse bayésienne des tests utilisés et intervalles de crédibilité à 95 %, au niveau (1) des fermes et (2) des élevages traditionnels

Test et valeur	SAW-Edta	TFC	TRB	Elisa
1) Sensibilité	75,65 [37,71–98,85]	42,07 [23,78–75,42]	73,23 [30,52–97,44]	96,33 [92,70–99,83]
(2) Sensibilité	81,84 [42,62–99,42]	60,28 [27,69–91,89]	78,12 [39,25–97,62]	96,39 [92,72–99,84]
(1) Spécificité	99,62 [99,22–99,98]	99,31 [97,88–99,97]	98,89 [97,13–99,91]	98,44 [96,41–99,73]
(2) Spécificité	99,61 [99,22–99,98]	99,22 [97,10–99,98]	99,25 [97,27–99,98]	98,61 [96,00–99,89]

SAW-Edta : agglutination lente de Wright avec Edta ; TFC : test de fixation du complément ; TRB : test au rose bengale

## DISCUSSION

La prévalence de la brucellose bovine à partir de l'analyse bayésienne a été de 3,6 p. 100 et de 4,3 p. 100 respectivement dans les élevages laitiers et les troupeaux traditionnels. Ces chiffres étaient plus fiables que les chiffres obtenus dans les différents tests sérologiques. Une combinaison de plusieurs tests sérologiques donne une meilleure image de la situation, en l'absence de méthode de choix, tout en tenant compte du fait que des réactions croisées peuvent se manifester avec certaines bactéries comme *Yersinia enterocolitica* O:9, *Xanthomonas maltophilia* ou *Salmonella urbana* (22).

Les taux trouvés étaient faibles par rapport aux observations faites dans d'autres pays et régions d'Afrique subsaharienne, comme en Ouganda (9). En revanche, ils étaient très proches de la prévalence de 2,6 p. 100 trouvée dans la zone périurbaine d'Abéché (Tchad) (5). L'absence de différence entre les fermes laitières et les troupeaux traditionnels pourrait s'expliquer par la faible prévalence et une bonne gestion des troupeaux traditionnels dont les propriétaires étaient des citadins nantis.

L'analyse bayésienne, qui a permis aussi d'estimer la sensibilité et la spécificité des différents tests utilisés (tableau V), a montré que le test Elisa donnait la meilleure combinaison de sensibilité et de spécificité, ce qui est conforme aux observations de Nielsen (18), et Saegerman et coll. (22). En outre, ce test a permis de détecter des animaux porteurs latents (animaux classés négatifs par les tests classiques ; 22). Bien que la sensibilité du test au rose bengale n'ait pas été très élevée, ce test est reconnu pour sa simplicité de réalisation, surtout en milieu tropical, et son faible coût (1, 6). L'Elisa est utilisable dans les zones indemnes ou à prévalence faible comme en zone forestière de la Côte d'Ivoire (10). Les estimations ont également été le résultat de la prise en compte des opinions *a priori*, et Nielsen et coll. ont déjà recommandé ce test comme étant le plus sensible et le plus spécifique.

## CONCLUSION

On peut conclure que la séroprévalence de la brucellose chez les animaux échantillonnés dans les élevages aux alentours d'Abidjan est très faible. Afin de confirmer que les quelques cas séropositifs sont de vrais cas de brucellose, il faudrait tester ces animaux en utilisant la technique de l'intradermoréaction à base de brucellergène – considérée comme le test le plus spécifique disponible actuellement malgré un manque de sensibilité – et en essayant d'isoler la souche de *Brucella* en question.

## Remerciements

Les auteurs remercient M. Gragnon Biégo et l'équipe du terrain du Projet laitier Sud, principalement M. Baro, pour la collecte des échantillons sur le terrain, ainsi que Mmes C. de Smedt, M. Marin et S. Malbrecq du Cerva pour leur collaboration dans les analyses sérologiques. La Coopération technique belge (CTB), la direction générale de la Coopération au développement (Dgcd) et le Cerva sont remerciés pour leur appui financier.

## BIBLIOGRAPHIE

- AKAKPO A.J., 1987. Brucelloses animales en Afrique tropicale. Particularités épidémiologique, clinique et bactériologique. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **40** : 307-320.
- ALTON G.G., JONES L.M., ANGUS R.D., VERGER J.M., 1988. Techniques for the brucellosis laboratory. Paris, France, INRA, 190 p.
- ANGBA A., TRAORE A., FRITZ P., 1987. Situation de la brucellose animale en Côte d'Ivoire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **40** : 325-329.
- BANDARA A.B., MAHIPALA M.B., 2002. Incidence of brucellosis in Sri Lanka: an overview. *Vet. Microbiol.*, **90**: 197-207.
- 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.
- DOMENECH J., LUCET P., GRILLET C., 1980. La brucellose bovine en Afrique centrale. I. Méthodes d'enquêtes utilisables en milieu tropical. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **33** : 271-276.
- DOMENECH J., LUCET P., VALLAT B., STEWART C., BONNET J.B., HENTIC A., 1982. La brucellose bovine en Afrique centrale. III. Résultats statistiques des enquêtes menées au Tchad et au Cameroun. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **35** : 15-22.
- FAO, 2003. Guidelines for coordinated human and animal brucellosis surveillance. Rome, Italy, FAO, 45 p. (Animal Production and Health Paper No 156)
- FAYE B., CASTEL V., LESNOFF M., RUTABINDA D., DHALWA J., 2005. Tuberculosis and brucellosis prevalence survey on dairy cattle in Mbarara milk basin (Uganda). *Prev. vet. Med.*, **67**: 267-281.
- GALL D., NIELSEN K., 2004. Serological diagnosis of bovine brucellosis: a review of test performance and cost comparison. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **23**: 989-1002.
- GARIN B., TRAP D., GAUMONT R., 1985. Assessment of the EDTA seroagglutination test for the diagnosis of bovine brucellosis. *Vet. Rec.*, **117**: 444-445.
- GODFROID J., BISHOP G.C., BOSMAN P.P., HERR S., 2004. Bovine brucellosis. In: Coetzer J.A.W., Tustin R.C. Eds, Infectious diseases of livestock. Cape Town, South Africa, Oxford University Press, p. 1510-1527.

13. LEFEVRE P.C., 1991. Atlas des maladies infectieuses des ruminants. Maisons-Alfort, France, Cirad-lemvt, 95 p.
14. LIMET J.N., KERKHOFS P., WIJFFELS R., DEKEYSER P., 1988. Le diagnostic sérologique de la brucellose bovine par Elisa. *Ann. Méd. vét.*, **132** : 565-575.
15. MCDERMOTT J.J., ARIMI S.M., 2002. Brucellosis in sub-Saharan Africa: epidemiology, control and impact. *Vet. Microbiol.*, **90**: 111-134.
16. MORENO E., 2002. Brucellosis in Central America. *Vet. Microbiol.*, **90**: 31-38.
17. MUSTAFA A.A., NICOLETTI P., 1995. FAO, WHO, OIE guidelines for a regional brucellosis control programme for the Middle East. <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAH/ID/GUIDE-EN.htm>
18. NIELSEN K., 2002. Diagnosis of brucellosis by serology. *Vet. Microbiol.*, **90**: 447-459.
19. OIE, 2000. Bovine brucellosis. In: Manual of standards diagnostic tests and vaccines. Paris, France, OIE, p. 328-345.
20. PILO-MORON E., PIERRE F., KOUAME J.B., 1979. Brucellose bovine en Côte d'Ivoire. *Epidémiologie. Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **32** : 325-333.
21. RICHEY E.J., DIX HARREL C., 1997. *Brucella abortus* disease (brucellosis) in beef cattle. Gainesville, FL, USA, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, 6 p.
22. SAEGERMAN C., DE WAELE L., GILSON D., GODFROID J., THIANGE P., MICHEL P., LIMBOURG B., VO T.K.O., LIMET J., LETESSON J.J., BERKVENS D., 2004. Evaluation of three serum i-ELISAs using monoclonal antibodies and protein G as peroxidase conjugate for the diagnosis of bovine brucellosis. *Vet. Microbiol.*, **100**: 91-105.
23. STATA CORP., 2001. Stata statistical software, Vers. 7.0. College Station, TX, USA, Stata Corporation.
24. WILLIAMS D.J.L., AKANMORI B.D., WASTLING J.M., 2000. Tropical zoonosis in West Africa. *Acta trop.*, **76**: 1-83.

Reçu le 04.11.2005, accepté le 27.03.2006

## Summary

**Thys E., Yahaya M.A., Walravens K., Baudoux C., Bagayoko I., Berkvens D., Geerts S.** Study of the Prevalence of Bovine Brucellosis in the Forest Zone of Cote d'Ivoire

A serological survey was carried out in the suburban forest zone of Abidjan from July to September 2004 to estimate the prevalence of brucellosis in dairy cattle. Three hundred and eighty one (381) serums were collected from a total of 927 animals, of which 506 originated from the dairy farms supervised by the South Dairy Project (demonstration farm and private farms), and 421 from neighboring traditional herds. Four serological tests were performed: the rose bengal test, indirect ELISA, the complement fixation test, and the slow agglutination test of Wright with EDTA (micromethod). On the basis of serological and bayesian analyses, seroprevalence rates of about 3.6 and 4.3% were found in the dairy farms and traditional herds, respectively. No significant difference was found between the farms and traditional herds ( $p < 0.05$ ).

**Keywords:** Cattle – *Brucella* – Brucellosis – Morbidity – Immunological technique – Suburban area – Forest – Cote d'Ivoire.

## Resumen

**Thys E., Yahaya M.A., Walravens K., Baudoux C., Bagayoko I., Berkvens D., Geerts S.** Estudio de la prevalencia de la brucelosis bovina en zonas forestales de la Costa de Marfil

Se llevó a cabo una encuesta serológica en la zona forestal peri urbana de Abidján, entre julio y septiembre 2004, con el fin de evaluar la prevalencia de la brucelosis en el hato lechero bovino. Se recolectaron trescientos ochenta y un (381) sueros, sobre un total de 927 animales, de los cuales 506 provenían de fincas lecheras seguidas por el Proyecto lechero del Sur (fincas de aplicación y privadas) y 421 de las crías tradicionales de los alrededores. Se aplicaron cuatro tests serológicos: el test del rosa de bengala, ELISA indirecto, test de fijación de complemento y aglutinación lenta de Wright con EDTA (micro método). Sobre la base de los análisis serológicos y bayesiana, se obtuvieron seroprevalencias del orden de 3,6 y de 4,3% respectivamente en las fincas lecheras y en las crías tradicionales. No hubo una diferencia significativa entre las fincas lecheras y las crías tradicionales ( $p < 0,05$ ).

**Palabras clave:** Ganado bovino – *Brucella* – Brucelosis – Morbosidad – Técnica inmunológica – Zona periurbana – Bosque – Cote d'Ivoire.

# La santé animale

## Volume 1. Généralités

A. Hunter

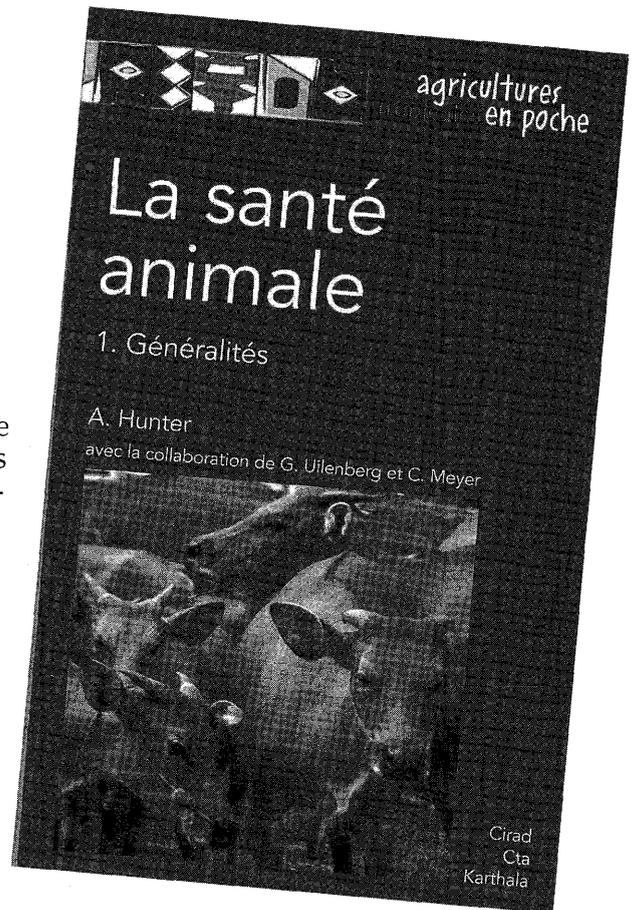
avec la collaboration de G. Uilenberg et C. Meyer

Ce premier volume rappelle les notions fondamentales de pathologie animale en milieu tropical et récapitule les principaux axes de lutte contre les maladies. C'est un ouvrage technique qui s'adresse aux éleveurs.

La préservation de la santé des animaux domestiques en région tropicale est un problème crucial. Le premier volume de *La santé animale* rappelle les notions fondamentales de pathologie animale et récapitule les principaux axes de lutte contre les maladies.

Il traite non seulement des maladies dues aux micro-organismes, arthropodes et helminthes, mais aussi des maladies métaboliques et de celles provoquées par les toxines. Il présente les signes de bonne santé et les symptômes de maladies sous la forme de clés de diagnostic. Des tableaux offrent une aide au diagnostic pour les principaux animaux domestiques. L'ouvrage se termine sur les procédures vétérinaires, en particulier l'administration des médicaments.

Guide indispensable pour tous ceux qui élèvent et soignent les animaux dans les régions tropicales et subtropicales, ce livre peut aussi servir de support pédagogique pour l'enseignement supérieur.



© Cirad, CTA, Karthala, 2006

224 pages

ISBN 2-87614-622-3

Prix 18,00 euros

### Où commander ?

Inra Editions

RD 10

78026 Versailles Cedex

Tél : +33 (0)1 30 83 34 06

Fax : +33 (0)1 30 83 34 49

serviceclients-quaе@versailles.inra.fr

<http://www.quae.com/>

# Sequential Hematological Study of Experimental Infectious Bursal Disease Virus Infection in Chickens, Turkeys and Ducks

O.A. Oladele<sup>1\*</sup> D.F. Adene<sup>1</sup> T.U. Obi<sup>1</sup>  
H.O. Nottidge<sup>1</sup> A.I. Aiyedun<sup>1</sup>

## Keywords

Chicken – Turkey – Duck – Infectious bursal disease virus – Experimental infection – Blood – Nigeria.

## Summary

Following experimental infectious bursal disease virus infections in four-week-old broiler chicks, turkey poults and ducklings, blood samples were chronologically collected and analyzed for postinfection (pi) changes. Although there was a net increase in packed cell volume values in chicks reaching a peak of 31% from 12 h to 144 h pi, there was, on the contrary, a general decline in the values in turkey poults and ducklings to minima of 26.5% at 12 h pi and 28.2% at 48 h pi, respectively. Leukocyte counts in chicks significantly increased ( $p < 0.05$ ) to a peak of  $66.83 \times 10^3/\mu\text{l}$  at 120 h, while counts in poults decreased to a minimum of  $26.75 \times 10^3/\mu\text{l}$  at 96 h pi. Lymphocyte counts in chicks were reduced to a minimum of  $5.9 \times 10^3/\mu\text{l}$  at 48 h pi after an initial reduction between three and six hours postinfection. A similar decline occurred in poults with a minimum of  $7.81 \times 10^3/\mu\text{l}$  at 48 h pi. The trend of changes in heterophil counts for the three species was similar to those observed for leukocyte counts. While eosinophil counts in chicks initially increased to a peak of  $1.93 \times 10^3/\mu\text{l}$  at 6 h pi and subsequently declined, eosinophil values in poults declined to a minimum of  $0.88 \times 10^3/\mu\text{l}$  at 6 h pi, followed by an increase to a maximum of  $5.7 \times 10^3/\mu\text{l}$  at 72 h pi. However, all hematological values in ducklings remained relatively unchanged. These results showed that there was biphasic lymphopenia, eosinophilia and heterophilia in chicks, lymphopenia and delayed eosinophilia in poults, and relatively unchanged values in ducklings. This emphasizes the fact that different levels of susceptibility exist in the three poultry species studied.

## INTRODUCTION

The infectious bursal disease (IBD) is recognized as an important disease of young chickens worldwide. It causes unthriftiness, anorexia, ruffled feathers, diarrhea and mortality in affected flocks. The infectious bursal disease virus (IBDV) infection of chickens less than three weeks of age causes immunosuppression with resultant susceptibility to other diseases and lack of humoral response to vaccinations (9).

Although chickens are highly susceptible to IBD, other poultry species such as turkeys and ducks show minimal or no susceptibility to the clinical disease under natural conditions (9). Serological evidence of infection has been established in turkeys, even though neither of the two IBDV serotypes has produced clinical disease in this species (3, 10, 11). In addition, IBDV has been isolated from clinically healthy ducks which were negative for IBD antibody (10). Thus, these three poultry species appear to have different levels of susceptibility to IBDV infection, from the highest in chickens to none in ducks.

Hematological studies have helped in the diagnosis of infectious and other diseases for many years. Hemograms determined during the course of disease conditions coupled with history and

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

\* Corresponding Author

Tel: +234 802 325 0039; E-mail: lade\_ed@yahoo.co.uk

clinical signs, often assist in the making of a diagnosis. Their use as a diagnostic aid in avian species, especially pet birds, is becoming increasingly popular. Quantitative changes in a particular leukocyte type indirectly reflect the nature of the disease process and the body's response (7). Leukocytosis and heterophilia are characteristic features of bacterial infections, e.g. fowl typhoid (2), while leukopenia is a characteristic of viral diseases (7). Chicken infectious anemia particularly causes pancytopenia (14). Eosinophilia is observed in parasitic and allergic conditions as well as during inflammatory reactions (7). Avian hematopoietic neoplasias, e.g. Marek's disease and lymphoid leukosis, may result in leukocytosis due to increased lymphocyte counts (16). Limited hematological studies have been carried out in this respect in chickens suffering from IBD. Chineme and Cho (5) reported increased mean hematocrit values, as well as lymphocytopenia, in IBDV-infected chickens. In addition, it has been suggested that hemocoagulopathy is involved in the pathogenesis of IBD (5, 8, 13, 12).

The two distinct phases of viremia described by Weiss and Kaufers-Weiss (15) during IBDV infections and the speculated hemocoagulopathy in the pathogenesis of IBD in chickens as well as the differences in susceptibility of chickens, turkeys and ducks to the disease provide a basis for a comparative hematological study in chickens, turkeys and ducks.

■ MATERIALS AND METHODS

**Experimental birds**

Twenty-seven broiler chicks, 20 turkey poult and 18 ducklings were obtained from commercial sources and reared in isolation cages until they were four weeks of age (age at which chickens are susceptible to IBD). The experimental birds were tested and confirmed to be IBD-seronegative.

**Experimental infection and blood sampling**

The virus inoculum used was derived from a bursal homogenate from an IBD outbreak in which the flock mortality rate was over 90%. Each bird was infected with 40 µl of virus inoculum equivalent to 16 x 10<sup>4.6</sup> ELD<sub>50</sub> via conjunctival instillation when they were four weeks of age. Blood samples were collected from two or three birds per species, at each sampling time, before they were infected and chronologically at 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 and 144 h postinfection (pi).

**Hematology**

**Packed cell volume**

PCV of each blood sample was determined immediately after collection by the microhematocrit method.

**Leukocyte counts**

The Coulter counter method was used for the determination of total leukocyte counts. A 25 µl volume of whole blood was mixed with 5 ml of avian diluting fluid consisting of sodium citrate 3.8 g, neutral formalin 0.2 ml, brilliant cresyl blue 0.5 g, and 100 ml of distilled water. Leukocytes were counted using a light microscope and differential leukocyte counts were determined according to the standard described by Zinkl (16).

**Statistical analysis**

Mean values obtained postinfection were compared with preinfection mean values using the Student-Newman-Keuls test.

■ RESULTS

PCV values of chicks, poult and ducklings pre- and post-IBDV infection are presented in Table I. These values in chicks slightly increased generally from a preinfection level of 27.0% to 30.5% at 6 h pi and to 31% at 12 h, 120 h and 144 h pi. However, PCV values in turkey poult and ducklings generally declined from a preinfection level of 33% to 26.5% on day 4 pi in poult and from a preinfection level of 38% to 28% on day 2 pi in ducklings.

Total leukocyte counts in chicks decreased from a preinfection value of 27.7 x 10<sup>3</sup>/µl to 17.33 x 10<sup>3</sup>/µl (p < 0.05) at 24 h pi (Figure 1). It subsequently increased above the preinfection level and peaked at 120 h pi with a value of 66.83 x 10<sup>3</sup>/µl (p < 0.05), followed by 50.5 x 10<sup>3</sup>/µl at 144 h pi. In poult, there was a general decrease in leukocyte counts from a preinfection level of 37.25 x 10<sup>3</sup>/µl to 26.75 x 10<sup>3</sup>/µl at 96 h pi followed by a rise to 36.00 x 10<sup>3</sup>/µl at 144 h pi. Total leukocyte counts postinfection in ducklings ranged between 1.95 x 10<sup>3</sup>/µl and 4.15 x 10<sup>3</sup>/µl, and were not significantly different (p > 0.05) from the preinfection level of 2.0 x 10<sup>3</sup>/µl.

Lymphocyte counts (Figure 2) in chicks decreased from a preinfection level of 17.17 x 10<sup>3</sup>/µl to 9.27 x 10<sup>3</sup>/µl at 6 h pi, followed by a non-significant recovery to 11.71 x 10<sup>3</sup>/µl at 12 h pi. There was another decrease to a minimum of 5.90 x 10<sup>3</sup>/µl at 48 h pi. There was subsequently an increase in lymphocyte counts, which rose sharply to a peak of 16.7 x 10<sup>3</sup>/µl at 120 h, followed by 12.7 x 10<sup>3</sup>/µl at 144 h pi.

In turkey poult, lymphocyte counts initially increased from a preinfection level of 13.78 x 10<sup>3</sup>/µl to about 16.00 x 10<sup>3</sup>/µl at 3 to 6 h pi, followed by a sharp decline to a minimum level of 7.81 x 10<sup>3</sup>/µl at 48 h pi. From 72 h pi, there was an increase in counts up to 15.12 x 10<sup>3</sup>/µl at 144 h pi. However, lymphocyte counts in ducklings ranged from 1.32 x 10<sup>3</sup>/µl to 3.06 x 10<sup>3</sup>/µl during the period of the experiment.

Heterophil counts (Figure 3) in chicks postinfection remained fairly constant up to 48 h pi and then rapidly increased to a maximum of 48.08 x 10<sup>3</sup>/µl at 120 h pi (p < 0.05), followed by 31.90 x 10<sup>3</sup>/µl at 144 h pi. In turkey poult, heterophil counts were fairly

Table I

Packed cell volume (%) of IBD virus infected chicks, turkey poult and ducklings

Sampling time	Chicks	Turkey poult	Ducklings
Preinfection control	27.0 ± 0	33.0 ± 1.41	38.0 ± 1.41
3 h pi	26.5 ± 2.12	31.5 ± 2.12	ND
6 h pi	30.5 ± 0.71	30.5 ± 3.54	35.0 ± 1.41
12 h pi	31.0 ± 1.41	26.5 ± 3.54	29.5 ± 0.71
24 h pi	29.0 ± 2.65	28.5 ± 4.95	33.0 ± 1.41
48 h pi	27.0 ± 1.41	27.5 ± 0.71	28.0 ± 5.66
72 h pi	28.3 ± 1.53	26.7 ± 2.83	35.0 ± 4.24
96 h pi	22.5 ± 3.54	26.5 ± 2.12	35.0 ± 1.41
120 h pi	31.0 ± 1.00	29.5 ± 0.71	32.5 ± 2.12
144 h pi	31.0 ± 1.41	30.0 ± 0	33.5 ± 0.71

IBD: infectious bursal disease  
pi: postinfection  
ND: not done

stable but for 24 h and 96 h pi when slight declines were recorded. In ducklings, heterophil counts postinfection were stable with no significant change during the 144 hours of observation.

Eosinophil counts (Figure 4) in chicks increased from a preinfection level of  $0.83 \times 10^3/\mu\text{l}$  to a peak of  $1.93 \times 10^3/\mu\text{l}$  at 6 h pi. Thereafter, there was no appreciable difference in counts, which ranged from  $0.55 \times 10^3/\mu\text{l}$  to  $0.86 \times 10^3/\mu\text{l}$  during 24 to 144 h pi. In turkey poults, there was a reduction in eosinophil counts from a preinfection level of  $3.72 \times 10^3/\mu\text{l}$  to a minimum level of  $0.88 \times 10^3/\mu\text{l}$  at 6 h pi. Thereafter, there was a sharp rise in the counts to peaks of  $5.20 \times 10^3/\mu\text{l}$  and  $5.71 \times 10^3/\mu\text{l}$  at 24 h and 72 h pi, respectively. Eosinophil counts in ducklings were again relatively stable with no appreciable change from 6 to 144 h pi.

## DISCUSSION

This study was carried out to determine and compare chronologically the hematological changes associated with IBDV infection

in chickens, turkeys and ducks as part of an investigation into the pathogenesis of IBD. Of these three poultry host species, the chicken is the only one known to be naturally susceptible to IBD.

Increased hematocrit values, as observed in infected chickens in this study, have previously been observed by Chineme and Cho (5). It is believed that dehydration, which is one of the clinical and postmortem findings in IBD, is a major cause of the increase in the hematocrit value.

Preinfection (control) values obtained for total leukocyte, lymphocyte and eosinophil counts in chickens were within the normal ranges reported by Zinkl (16), i.e.  $12\text{--}30 \times 10^3/\mu\text{l}$  for total leukocyte,  $7\text{--}17.5 \times 10^3/\mu\text{l}$  for lymphocyte, and  $0\text{--}1 \times 10^3/\mu\text{l}$  for eosinophil. Lymphopenia was observed in chicks and turkey poults from 24 to 96 h pi. According to Campbell and Coles (4), lymphopenia occurs in acute viral diseases due to glucocorticoid excesses. Specifically, IBDV causes destruction of B-lymphocytes within the bursa of Fabricius, which is the organ of maturation and differentiation of B-lymphocytes, before

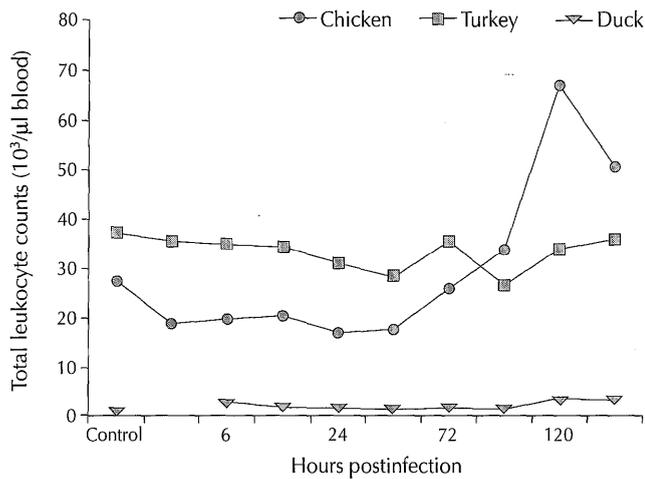


Figure 1: Effect of an infectious bursal disease virus infection on the total leukocyte count in chickens, turkeys and ducks.

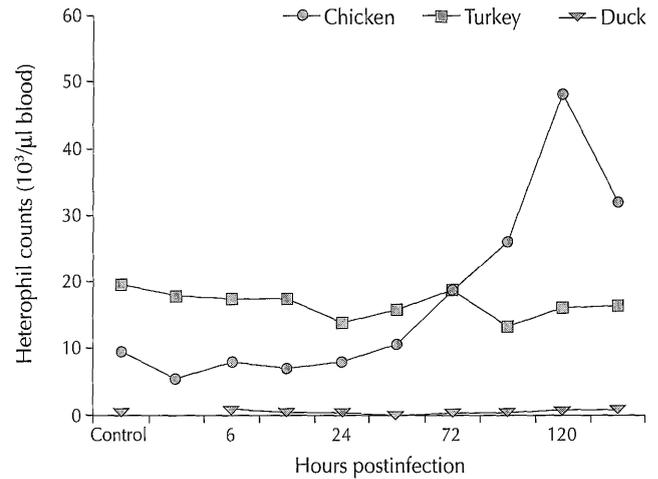


Figure 3: Effect of an infectious bursal disease virus infection on the heterophil count in chickens, turkeys and ducks.

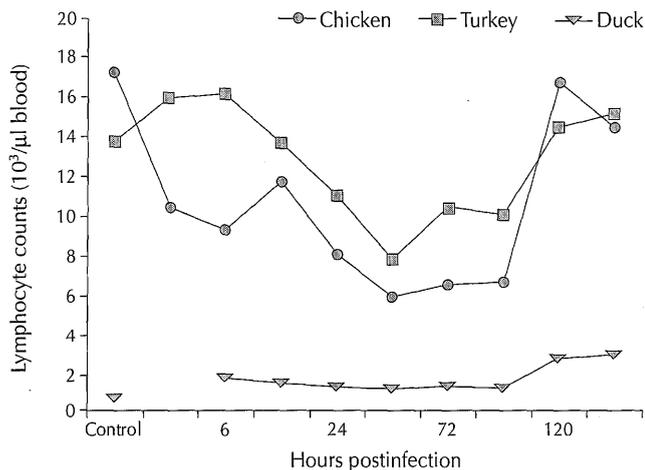


Figure 2: Effect of an infectious bursal disease virus infection on the lymphocyte count in chickens, turkeys and ducks.

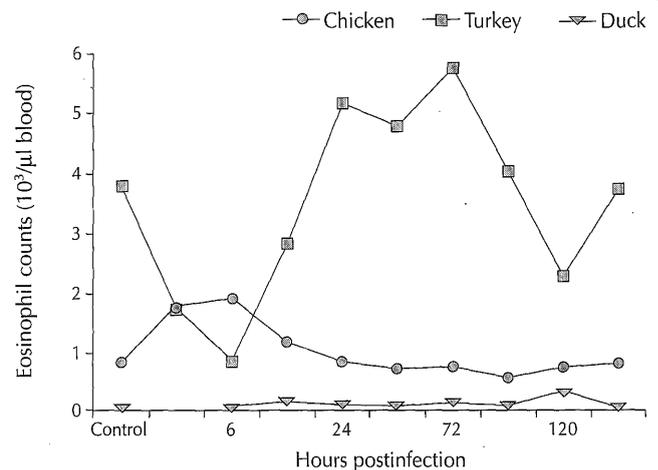


Figure 4: Effect of an infectious bursal disease virus infection on the eosinophil count in chickens, turkeys and ducks.

they migrate into the blood stream. Weiss and Kaufer-Weiss (15) detected IBDV antigen in the bursa of Fabricius of chickens 11 h pi. Thus, 24 hours provide an adequate period for the effect of B-lymphocyte destruction to be evident in the blood in cases where an IBDV infection has been established. Indeed, the two-phase lymphopenia in the chicks between 3 to 96 h pi helps to explain the pathogenesis of biphasic viremia in IBD described by Weiss and Kaufer-Weiss (15).

The marked heterophilia observed in the chicks in this study is evidence of massive tissue destruction in this species. Heterophils are known to phagocytize tissue debris (6). Absence of a heterophilic response in poult and ducklings is therefore a noteworthy finding, which is consistent with the hypothetical IBD-susceptibility ranking of these two species.

Eosinophilia was observed in both chicks and turkey poults but occurred earlier in chicks. Eosinophilia is associated with tissue destruction, especially tissues such as skin, lungs, gastrointestinal tract and female genitalia. These tissues have high concentrations of mast cells, and during tissue destruction these cells degranulate, resulting in histamine release, which is chemotactic to eosinophils (7). Thus, the findings of this study indicate early destruction of tissues (i.e. B-lymphocytes within the bursa of Fabricius) in chicks and imply a delayed or aborted IBD infectivity in poults, especially with the absence of external and internal (gastrointestinal and blood) parasites in the experimental birds.

The leukopenia that occurred in the chicks at 24 and 48 h pi could be due to the decrease in lymphocyte counts that occurred during

this period. Leukocyte counts, however, started to increase from 72 h pi due to heterophilia, which began at 72 h and peaked at 120 h pi.

The absence of postinfection heterophilia and lymphopenia in ducklings showed that infection was not established in this species. This refractoriness to IBD infection was further illustrated by the minimal (delayed) and total absence of tissue damage (as measured by eosinophilia) in turkey poults and ducklings, respectively.

In summary, after infection, increased PCV, eosinophilia, biphasic lymphopenia and heterophilia developed in chicks, while a single-phase lymphopenia and delayed eosinophilia occurred in turkey poults. Importantly, the absence of an appreciable hematological change in ducklings provides an explanation at the cellular level, for the non-susceptibility of this species to IBDV infection.

■ CONCLUSION

The results in this study presented hematological parameters which were consistent with the pathogenesis of IBD in chicks. These included the prompt or natural susceptibility to the infection, biphasic lymphopenia and the subsequent heterophilic response to tissue damage. On the other hand, a single-phase lymphopenia together with minimal heterophilic change in turkey poults implied delayed or unsuccessful IBDV infectivity in this species. The hematological stability in ducklings portrayed or explained the unresponsiveness or refractoriness of this species to IBDV infection.

REFERENCES

1. ABDU P.A., 1987. A retrospective study of infectious bursal disease of chickens in Zaria. In: Proc. 11th Annual conference of the Nigerian Society for Animal Production, Ahmadu Bello University, Nigeria, 23-27 March 1986, p. 65-69.
2. ALLAN D., DUFFUS W.P., 1971. The immunopathology in fowls (*Gallus domesticus*) of acute and subacute *Salmonella gallinarum* infection. *Res. vet. Sci.*, **12**: 140-151.
3. BARNES H.J., WHEELER J., REED D., 1982. Serological evidence of infectious bursal disease virus infection in Iowa Turkeys. *Avian Dis.*, **26**: 560-565.
4. CAMPBELL T.W., COLES E.H., 1986. Avian clinical pathology. In: Coles E.H. Ed., *Veterinary clinical pathology*. Philadelphia, PA, USA, WB Saunders, p. 289-290.
5. CHINEME C.N., CHO Y., 1984. Clinicopathological and morphological changes in chickens experimentally infected with infectious bursal (Gumboro) disease virus. *Trop. Vet.*, **2**: 218-224.
6. COLES H.E., 1986. *Veterinary clinical pathology*, 4th Edn. Philadelphia, PA, USA, WB Saunders, p. 17-23.
7. JAIN N.C., 1986. *Schalm's Veterinary hematology*, 4th Edn. Philadelphia, PA, USA, Lea and Febiger, p. 747-748.
8. KOSTERS J., BETCH H., RUDOLPH R., 1972. Properties of infectious bursal agent of chicken (IBA). *Med. Microb. Immun.*, **157**: 291-298.
9. LUKERT P.D., SAIF Y.M., 1991. Infectious bursal disease. In: Calnek B.W., Barnes H.J., Beard C.W., Reid W.M., Yoder H.W., Eds, *Diseases of poultry*, 9th Edn. Ames, IA, USA, Iowa State University Press, p. 648-663.
10. MCFERRAN J.B., MCNULTY M.S., MCKILLOP E.R., CONNER T.J., MCCracken R.M., COLLIN D.S., ALLAN G.M., 1980. Isolation and serological studies with infectious bursal disease viruses from fowl, turkey and duck: Demonstration of a second serotype. *Avian Pathol.*, **9**: 395-404.
11. SANDER J.E., 1995. IBD invades turkeys, but does not cause disease. *Poult. Times* (Dec. 4): 3.
12. SKEELES J.K., LUKERT P.D., DE BUYSSCHER E.V., FLETCHER O.J., BROWN J., 1979. Infectious bursal disease virus infections. I. Complement and virus-neutralizing antibody response following infection of susceptible chickens. *Avian Dis.*, **23**: 95-106.
13. SKEELES J.K., SLAVIK M.F., BEASLEY J.N., BROWN A.H., MEINECKE C.F., MARUCA S., WELCH S., 1980. An age-related coagulation disorder associated with experimental infection with infectious bursal disease virus. *Am. J. vet. Res.*, **41**: 1458-1461.
14. VON BULOW V., 1991. Infectious anaemia. In: Calnek B.W., Barnes H.J., Beard C.W., Reid W.M., Yoder H.W., Eds, *Diseases of poultry*, 9th Edn. Ames, IA, USA, Iowa State University Press, p. 690-699.
15. WEISS E., KAUFER-WEISS I., 1994. Pathology and pathogenesis of infectious bursal disease. In: Proc. International symposium on infectious bursal disease and chicken infectious anaemia, Rauschholzhausen, Germany, 21-24 June 1994.
16. ZINKL J.G., 1986. Avian hematology. In: Coles H.E., Ed., *Schalm's Veterinary hematology*, 4th Edn. Philadelphia, PA, USA, Lea and Febiger, p. 260-263.

Reçu le 12.07.2005, accepté le 29.05.2006

**Résumé**

**Oladele O.A., Adene D.F., Obi T.U., Nottidge H.O., Aiyedun A.I.** Etude hématologique séquentielle d'une infection expérimentale induite par le virus de la maladie de Gumboro chez des poulets, des dindes et des canards

Des poulets de chair, des dindonneaux et des cannetons âgés de quatre semaines ont été infectés expérimentalement avec le virus de la maladie de Gumboro, puis des échantillons sanguins ont été prélevés chronologiquement pour analyser les changements sanguins après l'infection. Bien qu'il y ait eu une nette augmentation des valeurs de l'hématocrite chez les poulets, atteignant un pic de 31 p. 00, 12 à 144 h postinfection, il y a eu, au contraire, une baisse générale de ces valeurs chez les dindonneaux et les cannetons avec des valeurs minimales respectivement de 26,5 p. 100 à 12 h postinfection et de 28,2 p. 100 à 48 h postinfection. La numération leucocytaire a augmenté chez les poulets de manière significative ( $p < 0,05$ ) pour atteindre un pic de  $66,83 \times 10^3/\mu\text{l}$  à 120 h postinfection, alors que chez les dindonneaux, elle a diminué jusqu'à  $26,75 \times 10^3/\mu\text{l}$  à 96 h postinfection. Chez les poulets, une première diminution s'est produite entre trois et six heures après infection, pour atteindre la valeur la plus basse de  $5,9 \times 10^3/\mu\text{l}$  à 48 h postinfection. Une baisse semblable a été enregistrée chez les dindonneaux avec comme valeur minimale  $7,81 \times 10^3/\mu\text{l}$  à 48 h postinfection. Les nombres d'hétérophiles ont évolué chez les trois espèces d'une manière semblable à celle observée pour la numération leucocytaire. Alors que la numération des éosinophiles a d'abord augmenté chez les poulets pour atteindre un pic de  $1,93 \times 10^3/\mu\text{l}$  à 6 h postinfection, puis a diminué, ces valeurs ont d'abord diminué chez les dindonneaux, jusqu'à un minimum de  $0,88 \times 10^3/\mu\text{l}$  à 6 h postinfection, puis ont augmenté, atteignant un maximum de  $5,7 \times 10^3/\mu\text{l}$  à 72 h postinfection. Toutes les valeurs hématologiques sont cependant restées relativement inchangées chez les cannetons. Les résultats ont montré que les poulets étaient affectés de lymphocytopenie en deux phases, d'éosinophilie et d'hétérophilie, les dindonneaux de lymphocytopenie et d'éosinophilie retardée, et que les cannetons avaient été peu affectés. Ceci renforce le fait qu'il existe des niveaux de sensibilité différents chez ces trois espèces de volaille.

**Mots-clés :** Poulet – Dindon – Canard – Virus bursite infectieuse – Infection expérimentale – Sang – Nigeria.

**Resumen**

**Oladele O.A., Adene D.F., Obi T.U., Nottidge H.O., Aiyedun A.I.** Estudio hematológico secuencial del virus de la bursitis infecciosa experimental en pollos, pavos y patos

Después de una infección experimental con el virus de la bursitis infecciosa en pollos de 4 semanas, pavos y patos, se recolectaron cronológicamente muestras de sangre y se analizaron las cargas post infección (pi). A pesar de un aumento neto en el hematocrito en pollos, alcanzando un pico de 31% de 12 a 144 h pi, hubo por el contrario una disminución de los valores en pavos y patos hasta un mínimo de 26,5% a 12 h y 28,2% a 48 h pi respectivamente. Los conteos leucocitarios en pollos aumentaron significativamente ( $p < 0,05$ ) hasta un pico de  $66,83 \times 10^3/\mu\text{l}$  a 120 h, mientras que en pavos disminuyeron a un mínimo de  $26,75 \times 10^3/\mu\text{l}$  a 96 h pi. Los conteos linfocitarios en pollos se redujeron a un mínimo de  $5,9 \times 10^3/\mu\text{l}$  a 48 h pi después de una reducción inicial entre tres y seis horas pi. Una disminución similar ocurrió en pavos, con un mínimo de  $7,81 \times 10^3/\mu\text{l}$  a 48 h pi. La tendencia de los cambios en conteos de heterófilos para las tres especies fue similar a la observada para los conteos leucocitarios. Mientras que los conteos de eosinófilos en pollos aumentaron inicialmente hasta un pico de  $1,93 \times 10^3/\mu\text{l}$  a 6 h pi y subsecuentemente declinaron, los valores de eosinófilos en pavos declinaron hasta un mínimo de  $0,88 \times 10^3/\mu\text{l}$  a 6 h pi seguido por un aumento hasta un máximo de  $5,7 \times 10^3/\mu\text{l}$  a 72 h pi. Sin embargo, todos los valores hematológicos en patos se mantuvieron relativamente estables. Estos resultados muestran que hubo una linfopenia bifásica, eosinofilia y heterofilia en pollos, una linfopenia y una eosinofilia tardía en pavos y relativamente ningún cambio en patos. Esto enfatiza el hecho de que existen diferentes niveles de susceptibilidad entre las tres especies estudiadas.

**Palabras clave:** Pollo – Pavo – Pato – Virus bursitis infecciosa – Infección experimental – Sangre – Nigeria.

# ZOONOSES

et maladies transmissibles communes  
à l'homme et aux animaux

Pedro N. Acha & Boris Szyfres  
3<sup>e</sup> édition, 2005

**Volume I : *Batérioses et mycoses***

**Volume II : *Chlamydioses, rickettsioses et viroses***

**Volume III : *Zoonoses parasitaires***

La plupart des maladies émergentes de manifestation récente sont d'origine animale et disposent, pour la quasi-totalité d'entre elles, d'un potentiel zoonotique. Près d'une nouvelle maladie émergente est apparue en moyenne chaque année au cours des dernières décennies ; quelque 75 % de ces maladies présentaient un caractère zoonotique. Les épidémies récentes de la fièvre du Nil occidental et de l'influenza aviaire, ou la montée contemporaine de la rage en Europe de l'Est, attestent de la vitalité des maladies émergentes au niveau mondial. Cette troisième édition française de l'ouvrage original de P.N. Acha et B. Szyfres arrive donc à point nommé. Elle a été considérablement enrichie par rapport à la précédente. Elle intègre les informations obtenues grâce aux technologies nouvelles et aux progrès réalisés dans les divers domaines de la science. La richesse de la documentation réunie dans ce volume doit intéresser un très large public de lecteurs de langue française.

**Volumes I, II & III vendus ensemble : 120 euros - Réf. : F 122**

Vol. I : *Batérioses et mycoses*

ISBN 92-9044-624-2

Réf. : F 122-1

15,5 x 23,5 cm

50 euros

Vol. II : *Chlamydioses, rickettsioses et viroses*

ISBN 92-9044-627-7

Réf. : F 122-2

50 euros

Vol. III : *Zoonoses parasitaires*

ISBN 92-9044-628-5

Réf. : F 122-3

50 euros



OIE

12 rue de Prony

75017 Paris

France

Tél. : +33 (0)1 44 15 18 88

Fax : +33 (0)1 42 67 09 87

pub.sales@oie.int

# Rabbit Hemorrhagic Disease in Bahrain

M.I. Abubakr<sup>1\*</sup> E.A. Gould<sup>1</sup> M.E. Fadlalla<sup>1</sup>  
S.A. Abuobeida<sup>1</sup>

## Keywords

Rabbit – Virosis – Postmortem examination – Bahrain.

## Summary

This paper is the first report on the rabbit hemorrhagic disease in Bahrain and the second report in the Arabian Peninsula. It is devoted to clinical signs, pathological and histopathological lesions of the disease, and virus isolation.

## INTRODUCTION

The rabbit hemorrhagic disease (RHD), also known as the viral hemorrhagic disease or hemorrhagic viral disease or rabbit calicivirus disease (2, 3), is an acute highly fatal viral disease of rabbits (1). The disease was first recorded in the People's Republic of China (9). It spread to Korea (13), Italy (10), and continental Europe between 1988 and 1993 (2), reaching the United Kingdom in 1993 (5). The disease has recently been reported in Scotland (14), and the Republic of Ireland (5, 8). It has affected some countries of Northern Africa and the Mediterranean region (11, 15). In the Arabian Peninsula, it was reported for the first time in 1999 in Saudi Arabia, in Al-Hasa district (1). The onset of the disease was sudden, with a 100% mortality rate. The main clinical signs were bleeding from the mouth, nostrils, vagina and rectum, anorexia, listlessness, and dullness. Death occurred within 24 hours of the appearance of clinical signs. Only adult rabbits were affected. Antibiotic treatment was not effective (1).

In Bahrain, the disease appeared on May 16, 2001 among 800 adult domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) reared in a remote private farm and was highly contagious and fatal. Onset of the disease was sudden with a high morbidity and 100% mortality rate. Death could occur between a few hours and 24 hours after the appearance of the clinical signs of the disease. On the first day 80 rabbits were found dead. On the second day 60 rabbits died. The disease continued thereafter up to two weeks, 20-40 rabbits dying every day. Clinical signs of the disease were dullness, mouth and nostril bleeding, anorexia, gasping, and lateral paralysis. Antibiotic treatment was not effective.

## MATERIALS AND METHODS

Twenty freshly dead rabbits were examined. Livers, lungs, and kidneys were aseptically collected in sterile containers for bacteriological, fungal and virological laboratory examination. Duplicate samples were also collected in 10% buffered formalin for histopathological examination. Samples for virological examination were preserved in water-based buffer. For molecular viral analysis, RNA was extracted from 100 µgm of liver, kidney and lung tissues using RNA Agents Kit (Promega) following the manufacturer's instructions. Primers for RT-PCR were designed from a known sequence based on the capsid protein VP60 (2). The authors sequenced 573 bp of the viral capsid gene (the primers used are described in Table I). First strand cDNA synthesis was performed using Superscript II reverse transcriptase (Invitrogen) with RHDV 4 primer using the procedure described previously (7). A nested PCR was then used to amplify DNA; the first reaction (RT-PCR) utilized primers RHDV1 and RHDV 4, and the second (nested PCR) utilized primers RHDV2 and RHDV3 to produce a DNA product of 573 bp. Thirty cycles of 94°C for 40 sec, 50°C for 40 sec and 72°C for 1 min were used for both sets of primers (12). These PCR products were gel purified and both strands sequenced using a PE Biosystems cycle sequencing kit, following the manufacturer's instructions and using the primers RDHV2 and RHDV3 as described in Table I to give 573 nucleotides of sequence for analysis. Stomach and intestinal contents were examined for the presence of internal parasites using the Ovassay technique. To exclude bacterial

Table I

Primer sequences used to amplify and sequence a 573 bp region of the RHDV capsid protein

RHDV1 (forward)	5' GGACTGCAACCAGTACCTGG 3'
RHDV2 (forward)	5' TTGGAACCTGAATGGCAGCA 3'
RHDV3 (reverse)	5' CACCCGGTGCCGCTGACGAC 3'
RHDV4 (reverse)	5' CCAATTGTTACTGGCAGTGG 3'

1. Royal Court Diagnostic Laboratory, West Riffa, Kingdom of Bahrain.

\* Corresponding Author

Veterinary Service Department, Royal Court Diagnostic Laboratory,  
PO Box 28532, West Riffa, Kingdom of Bahrain.

Office tel./fax: +973 17 75 07 15

Home tel.: +973 17 66 62 73

infection, cultures were made from the livers, lungs, and kidneys inoculation onto blood and MacConkey agar (Oxoid) and incubated at 37°C for 24 h. Duplicate samples were cultured onto Sabouraud dextrose agar (Oxoid) to exclude fungal infection.

## RESULTS

Coprological examination of the stomach and intestinal contents revealed insignificant mild coccidiosis. Bacteriological and fungal examinations revealed no bacterial or fungal growth. RT-PCR yielded a DNA product of 573 nucleotides, which, in comparative alignments with the corresponding capsid region of other recognized European virulent strains of RHDV, showed more than 97% nucleotide identity. The only gross pathological lesions seen were severe hemorrhages and congestion in the liver, lungs, and kidneys. In some of the rabbits the urinary bladder was distended with urine.

Histopathological examination of the liver revealed severe necrosis of the hepatocytes, karyopyknosis, karyorrhexis and karyolysis, and severe congestion and hemorrhages (Figure 1). The kidneys showed severe necrosis of the renal tubules and renal glomeruli, karyopyknosis, karyorrhexis and karyolysis, intertubular and glomerular hemorrhages (Figure 2), and congestion of the blood vessels. Severe hemorrhages, congestion, edema and compensatory emphysema were also seen in the lungs.

## DISCUSSION

Reports on the rabbit hemorrhagic disease are scarce, especially on the gross and histopathological lesions. The present paper reports the disease for the first time in Bahrain. The source of the viral infection and its introduction could not be traced back. The absence of bacterial and fungal infection coupled with the positive RT-PCR tests of the liver, kidneys, and lung, showed that the encountered clinical signs, gross and histopathological lesions were due to the infection of rabbits with the rabbit viral hemorrhagic disease.

The presence of the virus in the lungs and kidneys was confirmed for the first time by the RT-PCR test. Gross and histopathological lesions were also reported for the first time.

## REFERENCES

1. ABU ELZEIN E.M.E., AI-AFALEQ A.I., 1999. Rabbit haemorrhagic disease in Saudi Arabia. *Vet. Rec.*, **144**: 480-481.
2. BOGA J.A., CASAS R., MARIN M.S., MARTIN-ALONSO J.M., CARMENES R.S., PRIETO M., PARRA F., 1994. Molecular cloning, sequencing and expression in *Escherichia coli* of the capsid protein gene from rabbit haemorrhagic disease virus (Spanish isolate AST/89). *J. gen. Virol.*, **75**: 2409-2413.
3. CAPUCCI L., SCICLUNA M.T., LAVASSA A., 1991. Diagnosis of viral haemorrhagic disease of rabbits and the European brown hare syndrome. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **10**: 347-370.
4. CHASEY D., 1997. Rabbit haemorrhagic disease, the new scourge of *Oryctolagus cuniculus*. *Lab. Anim.*, **31**: 33-34.
5. COLLERY P.M., MOONEY J., O'CONNOR M., 1995. Rabbit haemorrhagic disease in Ireland. *Vet. Rec.*, **137**: 547.
6. FULLER H.E., CHASEY D., LUCAS M.H., GIBBENS J.C., 1993. Rabbit haemorrhagic disease in the United Kingdom. *Vet Rec.*, **133**: 611-613.
7. GRITSUN T.S., GOULD E.A., 1995. Infectious transcripts of tick-borne encephalitis virus, generated in days by RT-PCR. *Virology*, **214**: 611-618.
8. GRAHAM D.A., CASSIDY J., BEGGS N., CURRAN W.L., MCLAREN I.E., CONNOR T.J., KENNEDY S., 1996. Rabbit viral haemorrhagic disease in Northern Ireland. *Vet Rec.*, **138**: 47.
9. LIU S.J., XUE H.P., PU B.Q., QIAN N.H., 1984. A new viral disease in rabbits. *Anim. Husb. vet. Med.*, **16**: 253-255.
10. MARCATO P.S., BENNAZI C., VECCHI G., 1988. Infectious necrotic hepatitis of rabbits. Pathogenesis of a new haemorrhagic disease. *Riv. Coniglicoltura*, **25**: 59-64.
11. MORRISSE J.P., LEGALL G., BOILETOT E., 1991. Hepatitis of viral origin in Leporidae. Introduction and aetiological hypothesis. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **10**: 283-295.
12. MOSS S.R., TURNER S.L., TROUT R.C., WHITE P.J., HUDSON P.J., DESAI A., ARMESTO M., FORRESTER N.L., GOULD E.A., 2002. Molecular epidemiology of rabbit haemorrhagic disease virus. *J. gen. Virol.*, **83**: 2461-2467.
13. PARK N.Y., CHONG C.Y., KIM J.H., CHO S.M., CHA Y.H., JUNG B.T., KIM D.S., YOON J.B., 1987. An outbreak of haemorrhagic pneumonia of rabbits in Korea. *J. Korean vet. med. Assoc.*, **23**: 603-710.
14. PATTERSON I.A.P., HOWIE F.E., 1995. Rabbit haemorrhagic disease in Scotland. *Vet. Rec.*, **137**: 523.
15. SALEM B., EL BALLAL S.S., 1992. The occurrence of rabbit viral haemorrhagic disease in Egypt. *Assiut vet. Med. J.*, **27**: 295-304.

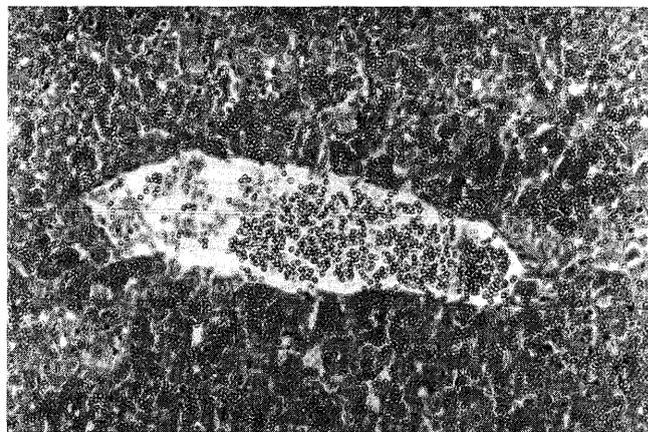


Figure 1: Liver severe congestion and hemorrhages (H&E x 100).

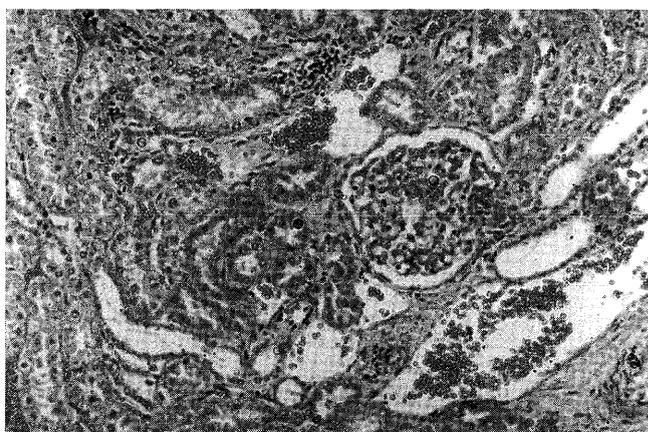


Figure 2: Kidney intertubular and glomerular hemorrhages (H&E x 100).

The present findings coincide with those of Abu Elzein (1) who reported the disease in adult rabbits for the first time in Saudi Arabia with nearly the same clinical signs.

### **Résumé**

**Abubakr M.I., Gould E.A., Fadlalla M.E., Abuobeida S.A.**  
Maladie hémorragique virale du lapin

Cette étude rapporte la maladie hémorragique virale des lapins pour la première fois au Bahreïn et pour la deuxième fois dans la péninsule Arabe. Elle traite en particulier des signes cliniques, pathologiques et des lésions histopathologiques de cette maladie, et de l'isolation du virus.

**Mots-clés :** Lapin – Virose – Nécropsie – Bahreïn.

### **Resumen**

**Abubakr M.I., Gould E.A., Fadlalla M.E., Abuobeida S.A.**  
Enfermedad hemorrágica del conejo en Bahrein

Este artículo constituye el primer reporte de la enfermedad hemorrágica del conejo en Bahrein y el segundo reporte en la Península arábiga. Se refiere a signos clínicos, lesiones patológicas e histopatológicas y aislamiento del virus.

**Palabras clave:** Conejo – Virosis – Inspección postmortem – Bahrein.



# WHO/FAO/OIE Guidelines for the surveillance, prevention and control of taeniosis/cysticercosis

*K.D. Murrell et al.*

Taeniosis and cysticercosis are two parasitic diseases that in the past have not always been recognised for their importance. However, it is becoming increasingly clear that greater priority should be given to them because of their economic impact, particularly in resource-poor countries, and their public health burden. It also is now recognised as an increasing problem in some countries. The now accepted linkage between epilepsy and neurocysticercosis in countries endemic for *Taenia solium* is further impetus for allocating more effort to the control of taeniosis/cysticercosis.

As is the case for all zoonoses, the control of taeniosis/cysticercosis, requires a very close collaboration between both veterinary and medical public health services at a national level. It was with the aim of assisting those responsible for taeniosis/cysticercosis control and prevention that these *Guidelines* were prepared and jointly published by the Food and Agriculture Organization (FAO), the World Health Organization (WHO) and the World Organisation for Animal Health (OIE).

These FAO/WHO/OIE *Guidelines* for the surveillance, prevention and control of taeniosis and cysticercosis is a compilation of the knowledge and valuable expertise of a great many internationally recognised experts on this zoonosis, accumulated over more than a hundred years of research. Without this knowledge base, effective and proven recommendations for diagnosis, treatment, prevention and control will not be possible.

Since the publication of an earlier guideline (1983), greater understanding of the zoonosis' epidemiology and effective control design has been achieved, assisted greatly by the development of new and better diagnostic technologies. Clinical management and treatment approaches (especially imaging) have also greatly advanced. This guideline brings these advances together, in a practical format, to help those with the responsibilities for confronting this zoonosis.

The *Guidelines* cover the biology, systematics, epidemiology, diagnosis, prevention and control of taeniosis and cysticercosis, in humans, cattle and pigs. The chapters include descriptions of methods, and procedures for clinical management, including treatment, for conducting risk assessment studies, and for prevention and control programmes. The recent technologies introduced for the detection and diagnosis of infection are described. The *Guidelines* provide advice and recommendations on program planning, monitoring and evaluation. Intersectorial cooperation is emphasised.

ISBN 92-9044-656-0  
Format 24 x 29,7 cm  
30 euros  
(airmail postage included  
for all countries)

OIE  
12 rue de Prony  
75017 Paris  
France  
Tél. : +33 (0)1 44 15 18 88  
Fax : +33 (0)1 42 67 09 87  
pub.sales@oie.int

# Lutte contre les ectoparasites des bovins par pédiluve : méthode innovante utilisée en zone périurbaine subhumide du Burkina Faso

F. Stachurski<sup>1\*</sup> J. Bouyer<sup>2</sup> F. Bouyer<sup>3</sup>

## Mots-clés

Bovin – Metastigmata – Glossinidae – Méthode de lutte – Lutte intégrée – Approche communautaire – Innovation – Burkina Faso.

## Résumé

L'accroissement de la demande urbaine en protéines animales se traduit, entre autres, par le développement de filières bovines de production laitière dans les zones périurbaines d'Afrique de l'Ouest. Mais la maîtrise imparfaite des maladies et des parasites compromet la croissance de la production. Une technique de lutte innovante, basée sur le passage régulier dans un pédiluve contenant une formulation aqueuse d'un pyréthrianoïde, pourrait pourtant limiter l'impact des tiques et des glossines, principales contraintes pathologiques en zone subhumide. Cette méthode entraîne l'élimination de la plupart des adultes d'*Amblyomma variegatum*, la tique la plus nocive dans ces régions, avant leur fixation définitive. D'autre part, un tel traitement permet de diminuer fortement la population des glossines riveraines les plus représentées en Afrique occidentale (*Glossina tachinoides* et *G. palpalis gambiensis*) et donc de limiter l'incidence des trypanosomoses. Cette méthode assure ainsi une lutte rapide et efficace à coût réduit car la quantité de produit utilisé à chaque passage est faible. Mais la construction de l'installation, qui peut être utilisée par 400 à 600 animaux, représente un investissement non négligeable que des groupements d'éleveurs ou des investisseurs privés peuvent plus facilement prendre en charge que des éleveurs traditionnels isolés. La mise en place de cette méthode peut ainsi être envisagée dans le cadre d'une politique de développement et d'aménagement. L'intérêt et les modalités de l'appui technique nécessaire sont présentés. Au Burkina Faso, un projet d'appui au renforcement des organisations professionnelles d'éleveurs modernes (Ariope) a de la sorte financé quinze installations dans les zones périurbaines de Bobo-Dioulasso et Ouagadougou.

## ■ INTRODUCTION

L'accroissement de la demande urbaine en protéines animales se traduit entre autres par le développement de filières de production laitière dans les zones périurbaines d'Afrique de l'Ouest et centrale (12, 18). Dans ces périmètres, la majorité des élevages ayant

une vocation laitière sont de type sédentaire ou semi-sédentaire, et la charge animale des pâturages est fréquemment élevée (11). Ces caractéristiques, ainsi que la réduction de la densité de la faune sauvage dans ces zones fortement anthropisées (la lutte contre les glossines par traitement épicutané suppose que plus de 80 p. 100 des hôtes soient traités dans une zone donnée, ce qui n'est possible qu'en l'absence de faune sauvage), sont favorables à la mise en œuvre d'une nouvelle technique de lutte contre les tiques et les trypanosomoses qui constituent les principales contraintes pathologiques et limitent la production bovine, notamment laitière. Le regroupement des éleveurs en organisations professionnelles ainsi qu'un meilleur accès au crédit permettent en effet de prendre en considération des techniques nécessitant un investissement initial assez important mais assurant une diminution ultérieure des coûts de l'effort de lutte. Ces investissements peuvent également faire l'objet d'appuis de la part des gouvernements ou de projets de développement dans le cadre de l'aménagement périurbain et des politiques de développement.

1. Cirad, UPR Contrôle des maladies, Montpellier, F-34000 France ; Cirdes, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

2. Cirad, UPR Epidémiologie, Montpellier, F-34000 France ; Cirdes, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

3. Projet Appui au renforcement institutionnel des organisations professionnelles d'éleveurs modernes, ambassade de France, Ouagadougou, Burkina Faso.

\* Auteur pour la correspondance

Cirad, département Emt, TA30/D, Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France.

Tél. : +33 (0)4 67 61 58 00, poste 4235 ; fax : +33 (0)4 67 59 37 98

E-mail : frederic.stachurski@cirad.fr

La maîtrise imparfaite de la pathologie bovine compromet la croissance de la production nécessaire pour accompagner l'augmentation de la population urbaine. En zone subhumide d'Afrique de l'Ouest, les contraintes pathologiques sont principalement représentées par les parasites et singulièrement par les glossines et les tiques, notamment l'espèce *Amblyomma variegatum*. Les mouches tsé-tsé transmettent les trypanosomes qui touchent 47 millions de bovins dans 37 pays et entraînent des pertes économiques inestimables (16). Les trypanosomoses restent des menaces présentes aux portes de nombreuses agglomérations urbaines et provoquent une diminution des performances zootechniques (production laitière et croissance altérées, mortalité et avortements accrus) et motrices (surface cultivée par un bœuf) pouvant entraîner indirectement une réduction de 2 à 10 p. 100 de la production agricole intérieure brute dans les pays concernés (16). Les tiques quant à elles provoquent des pertes directes (diminution de la croissance et de la production laitière, blessures pouvant se traduire par la destruction des trayons et ayant des conséquences importantes sur la vitalité des veaux avant sevrage) dues à leur action vulnérante et prédatrice (26). *A. variegatum*, l'espèce qui cause le plus de dégâts en Afrique de l'Ouest, est d'autre part liée à deux maladies qui affectent essentiellement les animaux exotiques introduits en zone d'enzootie, comme les bovins laitiers de races européennes. Il s'agit de la cowdriose (affection mortelle due à *Ehrlichia ruminantium* et dont la tique est le vecteur naturel) et de la dermatophilose, dont les lésions cutanées, souvent chroniques, sont aggravées par la présence des tiques adultes.

La connaissance du comportement des vecteurs, de leur biologie et de leur physiologie, permet le développement de méthodes de lutte spécifiques et adaptées. C'est ainsi que le fait que les glossines femelles ne s'accouplent qu'une fois puis stockent les spermatozoïdes qui les féconderont durant toute leur vie a permis la mise en place de la lutte par lâchers de mâles stériles (8, 9). Par ailleurs, la lutte stratégique contre la tique *A. variegatum* est possible en zone tropicale à saison des pluies unique, parce que les animaux ne sont fortement parasités par les tiques adultes que pendant les deux ou trois premiers mois de la saison pluvieuse (17, 22). D'autres observations, concernant les modalités d'attaque et d'envahissement des hôtes par les parasites, ont conduit à la mise au point par le Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide (Cirdes) d'une méthode de traitement peu onéreuse et rapide qui permet de lutter simultanément contre ces divers ectoparasites.

## ■ ETUDE DU COMPORTEMENT DES ECTOPARASITES

### *Amblyomma variegatum*

En zone tropicale, le cycle d'*A. variegatum* est totalement inféodé aux variations climatiques. Les adultes restent inactifs et cachés dans les microhabitats favorisant leur survie (anfractuosités du sol, lacs racinaires des arbustes et des touffes de graminées pérennes) tant que le taux d'humidité reste faible. Cette diapause comportementale est levée par les premières pluies. Les tiques sortent alors de terre et se mettent à l'affût dans les débris végétaux. Lorsque des bovins passent à proximité, les parasites sont activés et se dirigent vers les vertébrés sur lesquels ils cherchent à se fixer (20). Les zones de prédilection des adultes d'*A. variegatum* sont peu nombreuses : la plupart des tiques infestent le poitrail et la région inguinale. Le processus d'invasion de ces zones a été identifié grâce au marquage des tiques et au suivi pluriquotidien de l'infestation (24). Lorsqu'elles parviennent à rejoindre un bovin, les tiques se fixent immédiatement sur la peau des espaces interdigités,

à proximité des onglons : environ 90 p. 100 des *A. variegatum* capturés chaque jour au pâturage par les animaux s'attachent ainsi sur ces sites de fixation provisoire. Les tiques restent fixées sur les pieds tant que les animaux restent debout. Comme, suivant les pratiques traditionnelles, les bovins, pâturant sept à neuf heures par jour en saison des pluies, ne peuvent que rarement se coucher au pâturage (quelques *A. variegatum* se fixent d'ailleurs sur les sites de prédilection sans passer par les pieds à la faveur de ces rares moments), la très grande majorité des tiques capturées dans la journée (87 à 93 p. 100 lors des divers essais réalisés) sont encore fixées sur les pieds des animaux le soir, lorsque ces derniers regagnent leur campement. C'est la nuit, quand les hôtes se reposent dans leur parc, que les tiques se détachent des sites de fixation provisoire pour rejoindre leurs sites de prédilection. Le traitement avec un acaricide de l'extrémité des membres élimine ainsi la plupart des tiques avant qu'elles ne se fixent sur ces sites, les dégâts causés étant alors encore très limités.

### *Les glossines*

L'observation du comportement trophique de *Glossina tachinoides* et *G. palpalis gambiensis* (examen en étable sous moustiquaire des sites d'attaque et de repas de mouches marquées mises en présence d'un bovin entravé, les observateurs étant protégés par des moustiquaires) révèle que, chez les bovins, plus de 80 p. 100 des glossines s'alimentent au niveau des pattes, dont 40 p. 100 à leur extrémité (Bouyer et coll., résultats non publiés). Le tropisme d'attaque semble toutefois lié à l'espèce hôte et *G. palpalis gambiensis* piquerait en majorité les parties hautes du corps lorsqu'elle s'attaque à l'homme (19). Le tropisme pourrait également varier en fonction de la saison, la végétation masquant en partie l'extrémité des pattes pendant la saison des pluies (19). Cependant, l'impact du traitement pédiluve sur les glossines a été validé en saison humide sur le terrain (voir ci-dessous), confirmant le tropisme d'attaque observé en saison sèche sur les bovins.

En saison pluvieuse, les glossines se dispersent dans les savanes. C'est alors qu'il est intéressant d'utiliser le traitement épicutané du bétail qui constitue en l'occurrence un piège vivant pour ces insectes. Compte tenu du comportement trophique des tsé-tsé, la présence d'insecticide sur l'extrémité des pattes permet d'atteindre une grande partie de la population. De plus, les glossines ont un cycle de reproduction long et l'augmentation du taux de mortalité quotidien des femelles adultes au-dessus d'un seuil de 3,5 p. 100 suffit à assurer le déclin d'une population, jusqu'à son élimination si la pression de lutte est maintenue (13). En zone périurbaine, le biotope est fragmenté et les populations présentes dans ces mosaïques sont de petite taille, regroupant moins de 1 000 individus : une lutte correctement conduite peut les affecter de façon très importante.

En saison sèche, en revanche, les glossines ripicoles se concentrent dans les zones au microclimat favorable, principalement les galeries forestières, et attaquent leurs hôtes, domestiques et sauvages, lorsqu'ils s'y aventurent, notamment pour boire. Il est donc possible de lutter à cette période de façon ciblée au niveau des points d'abreuvement par l'utilisation de pièges ou d'écrans imprégnés.

### *Conséquences pour la lutte*

Le passage des bovins, au retour du pâturage, dans un pédiluve contenant une formulation acaricide/insecticide permet d'éliminer les *Amblyomma variegatum* adultes qui se sont fixés dans les espaces interdigités au cours de la journée. Du fait de la rémanence des produits utilisés, les tiques qui s'y attachent au cours de la ou des deux journées suivantes sont également tuées. D'autre part, le produit se propageant en partie sur les parties déclives du corps

(région inguinale, poitrail, ventre...), à cause des éclaboussures inévitables lors du passage dans le pédiluve, des mouvements de la queue, et de la diffusion par contact lorsque les animaux sont couchés (les antérieurs touchent alors le poitrail), élimine également certaines des tiques déjà fixées sur les zones de prédilection.

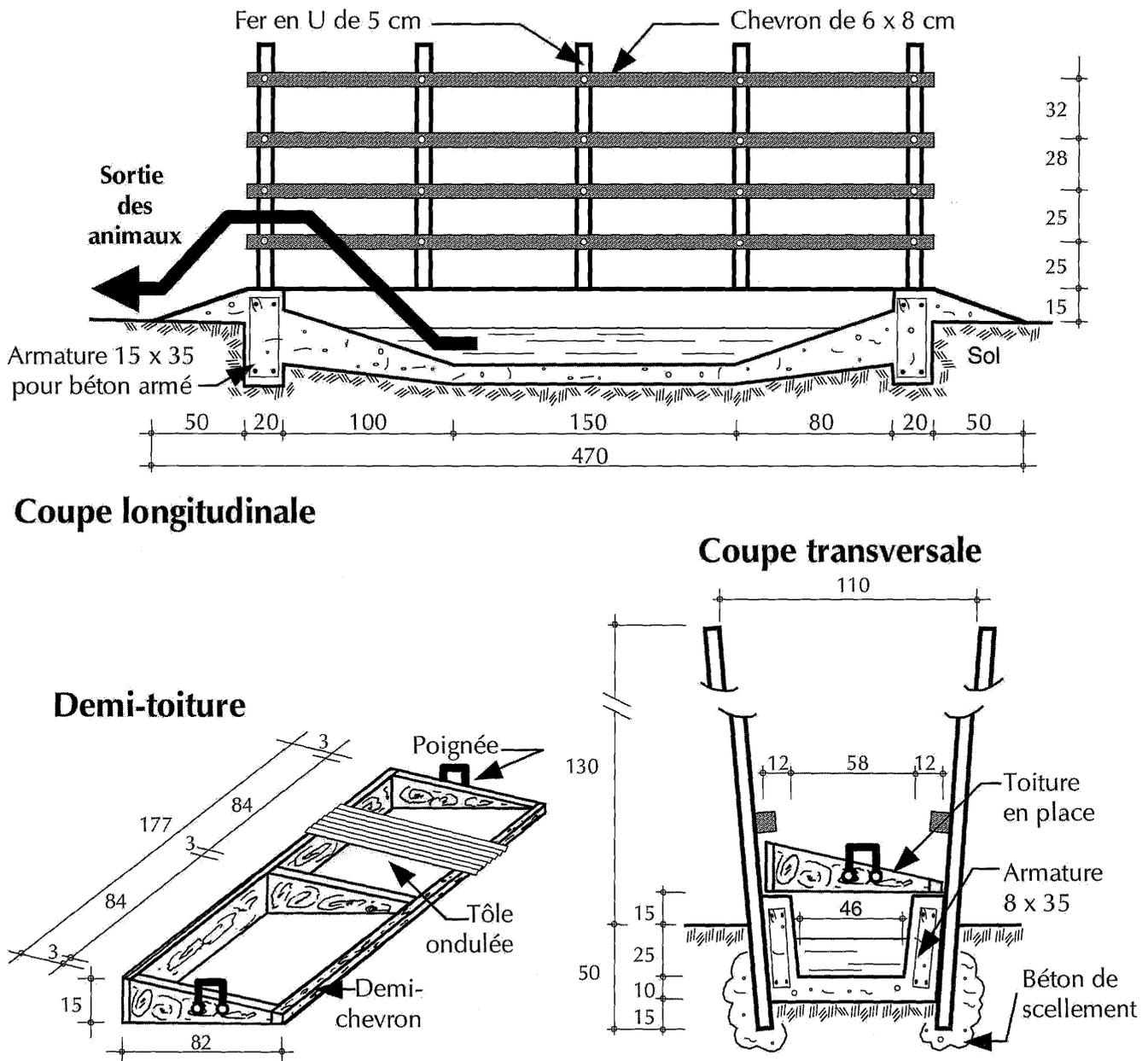
Les glossines se posant sur les extrémités des membres, mais également une partie de celles qui piquent sur d'autres parties du corps (du fait de la diffusion du produit), sont paralysées et tombent au sol. Si la paralysie dure plus de six heures, les mouches sont détruites par les prédateurs. Or, les glossines sont en général beaucoup plus sensibles que les tiques aux produits acaricides/insecticides (rémanence de 30 jours contre 5 à 7 jours lors d'un traitement par une formulation de deltaméthrine à 0,005 p. 100 par exemple). Les traitements destinés à éliminer les tiques, effectués tous les deux ou trois jours, entraînent donc une mortalité élevée des glossines et par conséquent une prévention efficace des trypanosomoses animales.

## ■ MISE EN ŒUVRE DU TRAITEMENT PAR PÉDILUVE

### Description du pédiluve

Les pédiluves construits au Burkina Faso ont été décrits dans une fiche technique éditée par le Cirades et disponible sur le site Internet du Centre ([www.cirades.org](http://www.cirades.org)). Ils sont constitués d'un bac en béton armé mesurant 330 cm de long et 50 cm de large. La profondeur est de 40 cm. Les extrémités intérieures et extérieures du bac sont formées de plans inclinés, de façon à éviter que les bovins ne sautent et n'éclaboussent trop en y entrant ou en sortant, ce qui entraînerait des pertes importantes de produit. Ce bac est installé dans un couloir précédé d'un parc d'attente permettant de canaliser les animaux vers le couloir. Il est enchâssé dans le sol mais le dépasse de 15 cm pour éviter l'entrée des eaux de ruissellement (figure 1).

Figure 1 : plans du pédiluve (mesures en centimètres).



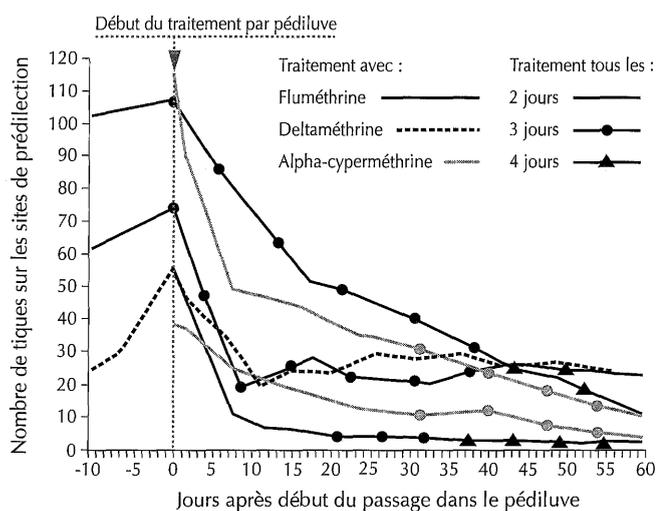
Lorsqu'il n'est pas utilisé, le bac est recouvert d'un toit (tôle ondulée fixée sur un cadre en bois) destiné à prévenir la dilution de la formulation aqueuse acaricide/insecticide par les pluies.

Rempli jusqu'à une hauteur de 20 cm, le bac contient environ 200 l d'une formulation aqueuse de pyréthriinoïdes. Plusieurs principes actifs ont déjà été utilisés (fluméthrine, deltaméthrine, alpha-cyperméthrine), l'efficacité contre les tiques variant en fonction de la rémanence des produits (figure 2) qui est bien évidemment moindre que celle observée lorsque les acaricides sont appliqués sur le dos ou les flancs, car l'extrémité des membres est régulièrement trempée par la rosée, la traversée d'un marigot ou le contact avec la végétation mouillée par les pluies, ce qui tend à éliminer le principe actif.

### Utilisation du pédiluve

Les recommandations suivantes doivent être suivies pour assurer le succès de ce mode de traitement : faire passer les animaux le soir, au retour du pâturage, avant qu'ils ne regagnent leur parc de nuit ; traiter les bovins pendant la période de forte infestation par les adultes d'*A. variegatum*, c'est-à-dire pendant les dix à douze premières semaines de la saison des pluies ; traiter tous les deux ou trois jours en fonction de la rémanence du produit utilisé et de l'infestation des pâturages ; ne commencer le traitement à ce rythme que lorsque chaque animal est infesté par environ une trentaine de tiques, ce qui évite les traitements non rentables ; maintenir par des ajouts réguliers d'eau et de produit (à la concentration recommandée par le fabricant) la hauteur de la formulation acaricide/insecticide dans le bac du pédiluve entre 15 et 20 cm pendant toute la période de traitement. Les ajouts pourront cesser une dizaine de jours avant la fin prévue du traitement, qui sera suspendu lorsque le niveau dans le bac sera trop faible (moins de 10 cm). Après évaporation de l'eau, la boue résiduelle (quelques kilos) restant au fond du pédiluve sera laissée au soleil pendant plusieurs semaines, ce qui permettra l'inactivation du principe actif encore présent, avant d'être évacuée et dispersée aux alentours de l'installation.

Ne commencer le traitement que lorsque l'infestation moyenne des bovins atteint déjà quelques dizaines de tiques permet l'entretien



**Figure 2** : évolution de l'infestation moyenne, par *Amblyomma variegatum*, des sites de prédilection de bovins, appartenant à six troupeaux, passant tous les deux à quatre jours dans un pédiluve contenant diverses formulations aqueuses de pyréthriinoïde. Dans certains cas, évolution de cette infestation avant la mise en place du traitement.

de l'immunité protectrice vis-à-vis de la cowdriose (les races bovines locales bénéficient d'un statut de stabilité enzootique contre cette maladie) mais n'empêche en aucune façon la transmission de la maladie aux animaux sensibles, comme les bovins de races exotiques introduits en zone d'enzootie. Cette méthode de lutte vise ainsi spécifiquement à limiter les pertes directes dues aux tiques elles-mêmes, et non pas à prévenir la transmission d'*Ehrlichia ruminantium*, l'agent de la cowdriose. Il est en revanche probable que la dermatophilose, dont les lésions cutanées sont aggravées en présence des adultes d'*A. variegatum* du fait des propriétés immunosuppressives de la salive de la tique (28), sera au moins en partie endiguée par la forte diminution du nombre de tiques infestant les animaux. Cependant, le traitement par pédiluve n'ayant jusqu'alors été mis en œuvre que sur des animaux de races locales, peu sensibles à cette maladie, son efficacité dans la prévention de cette maladie ne peut être garantie.

En dehors de la période d'infestation par les *A. variegatum* adultes, traiter les animaux tous les cinq à sept jours permet de continuer à contrôler la population des glossines. Il est aussi possible d'utiliser, en saison sèche, une technique de lutte classique contre les mouches tsé-tsé (pièges ou écrans imprégnés ; 1, 5, 6) puisqu'elles se regroupent au niveau des galeries forestières.

### Résultats obtenus

La lutte par pédiluve contre les adultes d'*A. variegatum* s'apparente à un traitement prophylactique dans la mesure où elle empêche la fixation définitive, sur les sites de prédilection, de la majorité des tiques capturées au pâturage. Pour être pleinement efficace, elle doit donc être réalisée très régulièrement. Les tiques fixées sur les pieds mais non éliminées se retrouvent en effet dès le lendemain sur les parties déclives du corps où elles sont moins facilement tuées par cette méthode.

L'examen régulier, tous les deux à cinq jours, d'animaux traités par pédiluve (comptage des tiques sur le corps de cinq à dix bovins choisis au hasard dans les troupeaux ; 25) a montré que leur infestation, après une diminution initiale, se maintenait à un niveau faible pendant toute la période de traitement, alors qu'elle augmentait régulièrement avant le passage des animaux dans le pédiluve (figure 2). Pourtant, dans la zone étudiée, les animaux capturaient en moyenne cinq à huit tiques par jour au pâturage (estimation faite par comptage des tiques présentes le soir sur les pieds), et l'infestation d'animaux non traités pâturant dans la même zone s'accroissait quotidiennement de quatre à six tiques. Lorsque le traitement est mis en place trop tardivement, alors que l'infestation initiale est déjà élevée (plus de 100 tiques par animal dans les cas présentés), la diminution de l'infestation est plus lente, témoignant de la capacité imparfaite de cette méthode à éliminer les parasites déjà en place (figure 2). Enfin, la présence permanente de produit sur l'extrémité des pattes est nécessaire au maintien d'un niveau d'infestation faible. Lorsque l'acaricide employé persiste moins longtemps (deltaméthrine sur la figure 2) ou lorsque les traitements sont trop espacés (passage tous les trois jours dans une formulation de fluméthrine pendant le pic d'infestation), l'infestation sera plus élevée que celle obtenue avec un traitement réalisé tous les deux jours avec un produit suffisamment rémanent (fluméthrine et alpha-cyperméthrine sur la figure 2).

Aux fréquences de passage usuelles contre les tiques (tous les deux ou trois jours), plus de 95 p. 100 des glossines sont paralysées par une formulation aqueuse d'alpha-cyperméthrine appliquée par cette méthode. Un tel résultat, dépassant les espérances liées aux sites d'attaque, est dû à la dispersion du produit sur le corps de l'animal lors des passages dans le pédiluve. Des essais en étable sous moustiquaire ont ainsi montré que le traitement par pédiluve

avait une efficacité identique à celle d'un traitement par pulvérisation sur tout le corps de l'animal (figure 3). En dehors de la saison de forte infestation par les tiques, il est donc possible d'espacer les traitements, ou de combiner cette technique avec celles mises en œuvre de longue date (voir ci-dessus).

Si le traitement par pédiluve entraîne la paralysie de plus de 95 p. 100 des glossines trois jours après le dernier passage dans le pédiluve, il ne prévient que 35 p. 100 des attaques, une partie des glossines pouvant se gorger avant d'être paralysées. Cette protection partielle est valable pour tous les traitements épicutanés du bétail. Il y a donc un délai inévitable, nécessaire à la réduction de la population de glossines, avant que la diminution de la transmission des trypanosomes ne soit observée. Cette réduction n'est possible que dans les environnements à forte densité de bétail, où la majorité des animaux sont traités (3, 7, 14, 15, 21). Si ces conditions sont respectées, on observe alors une réduction très rapide de l'incidence trypanosomienne (2). En zone périurbaine, les populations résiduelles de glossines sont en général peu abondantes et les contacts avec les animaux localisés à de rares points d'eau dont l'accès est encore autorisé par les agriculteurs. Dans une situation comme celle-ci, une augmentation du taux de mortalité quotidien de *G. tachinoides* et *G. p. gambienseis* de plus de 30 p. 100 a été observée, suite au traitement par pédiluve de 70 p. 100 des animaux utilisant un tel point d'eau, ce qui a conduit à une réduction significative de leurs densités (de 90 p. 100) après seulement quatre jours de traitement. L'incidence trypanosomienne mensuelle, qui a atteint 20 p. 100 en saison des pluies dans un troupeau témoin voisin du troupeau traité mais utilisant un autre point d'eau, a alors été significativement réduite, puis annulée après deux mois de traitement (Bouyer et coll., résultats non publiés).

Dans le cas des glossines riveraines en Afrique de l'Ouest, l'objectif de cette méthode est un contrôle prolongé. Une éradication est en effet improbable, y compris dans le cas d'une population de tsé-tsé isolée, en raison de la distribution hétérogène des mouches associée à un taux de mortalité variable en fonction de la localisation des sous-populations. Certaines d'entre elles se situent dans des zones refuges comme les bois sacrés où les bovins ne peuvent pénétrer : elles ne sont donc pas concernées par la lutte et constituent des poches réfractaires persistantes qui se nourrissent sur des hôtes sauvages tels que les varans. Seules sont éliminées les glossines situées dans des zones accessibles par le bétail : elles constituent les sous-populations « puits ». Les sous-populations

qui vivent dans les poches réfractaires sont des sous-populations « sources », susceptibles de recoloniser rapidement toute la zone en cas d'arrêt du traitement. Ce phénomène est d'autant plus important qu'une glossine se nourrissant une première fois sur un varan aura tendance à retourner préférentiellement sur cette espèce par la suite (4). Dans le cas d'une population isolée, l'éradication pourrait cependant être obtenue par lâchers de mâles stériles, après une réduction des densités de plus de 99 p. 100 de la population initiale par l'utilisation du pédiluve (9, 23, 27).

Le traitement par pédiluve est rapide (120 animaux peuvent être traités en moins d'un quart d'heure). Il est également peu onéreux : chaque animal emporte avec lui environ 200 à 250 ml de mélange acaricide à chaque passage. Le traitement effectué régulièrement pendant toute la saison de forte infestation par les adultes d'*A. variegatum* revient alors à environ 150/200 Fcfa (0,23 à 0,30 €). Par comparaison, un seul traitement par *pour on* revient à plus de 500 Fcfa (0,75 €) et protège les animaux contre les tiques pendant une semaine à dix jours dans le meilleur des cas. Sur l'ensemble de la saison de forte infestation par la tique, le coût du traitement par *pour on* peut ainsi être estimé à environ 3 000 à 4 500 Fcfa (4,6 à 6,9 €). La pulvérisation hebdomadaire d'un animal revient, elle, à 75 Fcfa (0,11 €), soit, pour toute la saison de forte infestation par la tique, 400 à 500 Fcfa (0,6 à 0,8 €), mais le traitement est bien plus long à mettre en œuvre, notamment pour les troupeaux de plusieurs dizaines d'individus. Comme le pédiluve est une installation fixe, il est particulièrement adapté aux troupeaux sédentaires ou semi-transhumants des agropasteurs. Les éleveurs transhumants pourraient cependant utiliser les installations présentes sur leur lieu de passage, à condition que les modalités en soient au préalable définies (tableau I).

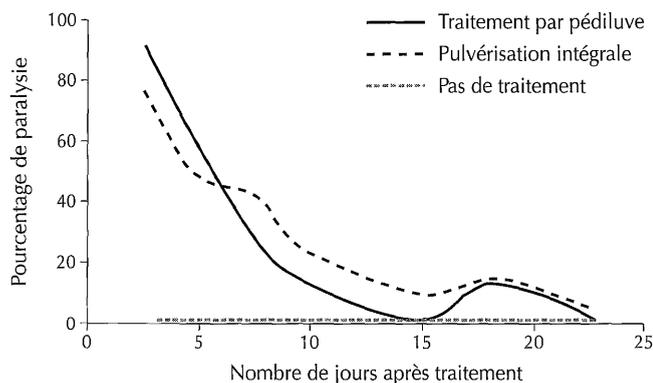
Signalons enfin que d'autres ectoparasites attaquent les bovins essentiellement sur la partie distale des membres et seraient sans doute également touchés par la mise en place d'un traitement régulier par pédiluve. C'est le cas par exemple des stomoxes, mais aussi des moustiques, et notamment des anophèles vecteurs du paludisme. Il a en effet été observé que nombre d'entre eux piquaient aussi bien les humains que les bovins, préférant, chez ces derniers, les pattes (10). Le traitement ciblé des pieds des animaux pourrait ainsi avoir un impact non négligeable sur la transmission du plasmodium.

## ■ INTERVENTION DES STRUCTURES D'APPUI

### Justification

Si le coût d'usage du pédiluve est faible, sa construction est en revanche assez onéreuse et revient à 350 à 400 000 Fcfa (530 à 610 €). Un pulvérisateur coûte pour sa part environ 60 000 Fcfa (91 €) mais ne permet ni un traitement aussi rapide ni de traiter un nombre d'animaux aussi élevé. Le coût annuel de l'amortissement d'un pédiluve sera d'autant plus réduit qu'un plus grand nombre d'animaux l'utilisera, 400 à 600 animaux pouvant employer le même pédiluve (comme le traitement doit être réalisé le soir, au retour du pâturage, le pédiluve ne peut être utilisé que pendant 60 à 90 min chaque jour). C'est donc une installation qui sera construite avec profit par des groupements d'éleveurs lorsque les troupeaux sont regroupés géographiquement pendant la période de lutte (proximité des parcs de nuit). Les organisations professionnelles déclarées ont aussi l'avantage de pouvoir mobiliser des fonds et des aides plus facilement que les pasteurs traditionnels isolés.

Cet outil permet la mise en place d'une prestation de service gérée par les organisations professionnelles et concourt au renforcement technique et institutionnel de celles-ci. La mise en place et la pérennité du service reposent sur un bon fonctionnement institutionnel



**Figure 3** : taux de paralysie de *Glossina palpalis gambienseis* observé 2 h après recapture des mouches lâchées en présence d'un bovin en étable moustiquaire. Tous les trois à cinq jours, un lot de 100 mouches a été mis en présence d'un animal, traité ou non, puis suivi pendant plusieurs jours.

Tableau I

Canevas de cahier des charges liant une organisation professionnelle (OP) d'éleveurs à une structure d'appui

Rubrique	Observations
Procédures de demande de mise en place de pédiluves	A détailler
Modalités de l'appui financier	A détailler
Modalités du choix du lieu de construction	Proposition de l'OP d'un site selon les critères techniques et validation possible par un agent technique (préciser). Les critères techniques sont : <ul style="list-style-type: none"> <li>- sécurité foncière du terrain</li> <li>- accessibilité du site pour les troupeaux identifiés (selon période)</li> <li>- facilité d'accès et proximité des parcs de nuit</li> <li>- absence de zone inondable pour le site et le trajet retour</li> <li>- facilité d'apport d'eau pour l'entretien du pédiluve</li> </ul>
Définition des utilisateurs	Par un organe institutionnel de l'OP et/ou avec contraintes.
Choix du gérant du pédiluve, fonctions, répartition des responsabilités et droits (formation, rétribution)	Selon les lois de la vie associative/coopérative
Gestion économique du service	Définition des contraintes (principes généraux de gestion, de composition du prix) et des éléments à déterminer selon le fonctionnement institutionnel de l'OP : prix exact du passage (membres/extérieurs), rétribution du gérant, fréquence de paiement...
Recommandations techniques, contraintes techniques, assistance technique	Le protocole doit être défini (au moins partiellement) et les structures habilitées à l'adapter sont indiquées. Les responsabilités de l'OP intervenant dans l'encadrement technique sont définies. La structure d'appui forme (ou identifie) les structures ou personnes ressources pour assurer le suivi-conseil dans le long terme.

de l'organisation : en effet, de nombreuses décisions et applications, comme le choix du site, le choix d'un gérant, la gestion économique du service, etc., seront déterminées dans le respect des principes de la vie associative/coopérative. La prophylaxie sanitaire devrait, d'autre part, davantage être envisagée comme une action collective (à mener à l'échelle du terroir en ce qui concerne la trypanosomose) vis-à-vis de laquelle un groupement a un rôle d'encadrement à jouer. Les éleveurs engagés dans une production de lait plus intensive, disposant de moyens plus importants et habitués à l'acquisition d'intrants et à la mise en œuvre de pratiques nouvelles, peuvent en revanche effectuer par eux-mêmes un tel investissement. Cependant, dans tous les cas de figure, l'encadrement par des techniciens s'avère nécessaire, au moins dans un premier temps, afin de familiariser les éleveurs, et plus particulièrement le gérant de l'installation, avec les contraintes de ce type de traitement et les conditions d'emploi : surveillance de la hauteur du mélange acaricide/insecticide, recharge du pédiluve en produit, comptage du nombre d'animaux fréquentant le pédiluve et de la fréquence de passage, calcul du coût du traitement, etc. Tous ces points doivent donner lieu à une formation spécifique assurée par les techniciens avant la mise en œuvre du traitement.

Certains éleveurs sont réticents à l'idée d'investir dans une technique nouvelle qui consiste à traiter uniquement les pieds pour éliminer des ectoparasites qui se fixent ou attaquent, pensent-ils, sur tout le corps. La construction d'installations pilotes permet de lever ces réticences par la démonstration du bien-fondé et de l'efficacité de la méthode. Là encore, les structures de développement peuvent intervenir afin de faciliter les transferts d'innovations.

### Actions possibles

Les structures d'appui qui sont partenaires d'organisations professionnelles d'éleveurs, et qui sont convaincues de l'utilité de cette méthode de lutte contre les ectoparasites et favorables à sa mise en place, peuvent se baser, dans leur action, sur l'expérience menée au Burkina Faso et, dans un premier temps, sur certains documents édités par le CirDES<sup>1</sup>.

Elles devraient ensuite envisager la réalisation d'ateliers de sensibilisation et de vulgarisation permettant de réunir les structures d'appui et les bénéficiaires autour d'une problématique technique, en l'occurrence la lutte contre les ectoparasites. Au cours de tels ateliers, une expertise scientifique est apportée aux agents de développement et alimente la réflexion entre les différents partenaires.

Une fois prise la décision de mettre en place des pédiluves, il faut donc envisager la construction d'installations pilotes. En milieu paysan, l'adoption réussie et avantageuse d'une nouvelle technique par les élevages voisins est très convaincante. L'impact des installations pilotes sera d'autant plus fort que le milieu est traditionnel. La visite d'installations pilotes rend l'outil et son fonctionnement plus concrets pour l'éleveur qui sera par exemple rassuré de voir

<sup>1</sup> Le pédiluve acaricide, fiche technique du CirDES n° 1, 2004, 8 p. ; Traitement épicutané du bétail, fiche technique du CirDES n° 8, 2004, 8 p. ; Actes de l'atelier de lutte contre la tique *Amblyomma variegatum* à l'aide de pédiluves acaricides, 24-25 mai 2004, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 37 p. ; Lutte contre la tique *Amblyomma variegatum*, film vidéo sur cassette VHS présentant en détail la construction et l'utilisation du pédiluve (versions en français et en dioula), 2005, 33 minutes.

le comportement des animaux l'utilisant. Il permet aussi d'approfondir les discussions sur des éléments techniques précis : la construction du pédiluve ou sa gestion par un groupement. L'installation pilote peut en effet, à court terme, être un pédiluve utilisé couramment par des éleveurs ne bénéficiant plus d'appui financier ou en nature (apport d'insecticide), éleveurs dont le témoignage serait la meilleure preuve de l'efficacité de la méthode.

### Points à maîtriser par les techniciens encadrant les éleveurs

La formation de formateurs en production laitière et en élevage bovin (comme les techniciens d'élevage nationaux) à cet outil semble être un investissement particulièrement intéressant du fait de son impact durable. Le technicien assure une partie de la vulgarisation de la méthode et oriente les éleveurs encadrés. Son appui peut concerner aussi bien la gestion technique que la gestion économique du service. Ainsi il peut :

- valider le choix du site pour la construction ;
- calibrer un pédiluve nouvellement construit ;
- établir une grille donnant le volume différentiel entre deux mesures de hauteur de la solution ;
- former le gérant à la lecture de la grille et au remplissage du tableau de passages des troupeaux ;
- former le gérant à ajouter le volume de produit acaricide/insecticide nécessaire en fonction du niveau d'eau ajouté ;
- donner des conseils d'ordre général pour l'entretien du pédiluve ;
- aider l'organisation professionnelle à calculer le prix du passage par unité animale ; celui-ci se décompose en coût de revient de l'insecticide, en une marge pour la rétribution du gérant, et en une marge destinée à constituer un fonds de roulement pour les réparations éventuelles et l'amortissement du pédiluve ; une marge bénéficiaire aussi peut être envisagée ;
- être un premier interlocuteur face aux questions et difficultés des éleveurs.

Pour leur part, lorsqu'une aide financière intervient, les agents de développement ont pour charge de s'assurer de la bonne utilisation des fonds et du fonctionnement correct du service mis en place. L'élaboration d'un cahier des charges (tableau I), qui permet l'établissement d'un contrat moral et financier entre les différents protagonistes (les bénéficiaires de l'outil, la structure qui encadre les bénéficiaires, la structure d'appui technique et/ou financier...), s'avère un élément fondamental de la mise en œuvre de l'appui à des collectivités. Tous les aspects du fonctionnement financier et technique doivent être passés en revue dans le cahier des charges (sauf dans le cas d'un bénéficiaire unique comme un investisseur privé), afin d'établir les contraintes fixées par la structure d'appui, la répartition des responsabilités et les éléments devant être déterminés par les bénéficiaires eux-mêmes (par exemple le choix du gérant incombe au conseil de gestion s'il s'agit d'une coopérative ; tableau I).

### CONCLUSION

La lutte contre les ectoparasites des bovins par pédiluve est une méthode innovante qui s'adresse aussi bien aux éleveurs intensifs de bovins en zone périurbaine qu'aux éleveurs traditionnels dont les troupeaux sont regroupés pendant la période de lutte contre les tiques. Elle possède de nombreux atouts comparativement aux méthodes déjà utilisées : si le contexte épidémiologique le permet, elle combine la lutte contre les tiques et contre les glossines ; sa mise en œuvre est rapide ; elle est peu onéreuse ; elle est facile à utiliser au quotidien et améliore les conditions de travail des éleveurs ; elle permet la mise en place d'un nouveau service au sein des organisations professionnelles qui concourt au renforcement institutionnel de celles-ci ; elle renforce la dimension collective de la prophylaxie des

maladies à vecteurs. Cependant, elle demande un investissement initial qui ne peut être apporté que par des investisseurs privés ou des organisations professionnelles d'éleveurs éventuellement appuyées par des bailleurs de fonds. Comme toute méthode innovante, un appui technique est souhaitable afin de favoriser son adoption. Cet appui peut passer par la diffusion des fiches techniques aux structures d'appui, par la réalisation d'ateliers de vulgarisation, par la construction d'installations pilotes, par la formation de formateurs et par le suivi technique des structures de développement.

### BIBLIOGRAPHIE

1. BAUER B., AMSLER-DELAFOSSÉ S., KABORE I., KAMUANGA M., 1999. Improvement of cattle productivity through rapid alleviation of African trypanosomiasis by integrated disease management practices in the agropastoral zone of Yalé, Burkina Faso. *Trop. Anim. Health Prod.*, **31**: 89-102.
2. BAUER B., KABORE I., LIEBISCH A., MEYER F., PETRICH-BAUER J., 1992. Simultaneous control of ticks and tsetse flies in Satiri, Burkina Faso, by the use of flumethrin pour on for cattle. *Trop. Med. Parasitol.*, **43**: 41-46.
3. BAYLIS M., STEVENSON P., 1998. Trypanosomiasis and tsetse control with insecticidal pour-ons: fact and fiction? *Parasitol. Today*, **14**: 77-82.
4. BOUYER J., CUISANCE D., MESSAD S., GUERIN P.M., 2005. Learning affects host preference in tse-tse flies. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **58**: 27-29.
5. CUISANCE D., 1989. Le piégeage des tsé-tsé. Maisons-Alfort, France, Cirad-lemvt, 172 p. (Etudes et synthèses n° 32)
6. CUISANCE D., BARRE N., DE DEKEN R., 1994. Ectoparasites des animaux : méthodes de lutte écologique, biologique, génétique et mécanique. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **13**: 1305-1356.
7. 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). Montpellier, France, Cirad-emvt, 63 p.
8. CUISANCE D., POLITZAR H., CLAIR M., SELLIN E., TAZE Y., 1978. Impact des lâchers de mâles stériles sur les niveaux de deux populations sauvages de *Glossina palpalis gambiensis* en Haute-Volta (sources de la Volta Noire). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **31**: 315-328.
9. CUISANCE D., POLITZAR H., MEROT P., TAMBOURA I., 1984. Les lâchers de mâles irradiés dans la campagne de lutte intégrée contre les glossines dans la zone pastorale de Sidéradougou, Burkina Faso. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **37**: 449-467.
10. HABTEWOLD T., PRIOR A., TORR S.J., GIBSON G., 2004. Could insecticide-treated cattle reduce Afrotropical malaria transmission? Effects of deltamethrin-treated zebu on *Anopheles arabiensis* behaviour and survival in Ethiopia. *Med. vet. Entomol.*, **18**: 408-417.
11. HAMADOU S., KAMUANGA M., ABDOULAYE A.T., LOWENBERG-DEBOER J., 2005. Facteurs affectant l'adoption des cultures fourragères dans les élevages laitiers périurbains de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *Tropicultura*, **23**: 29-35.
12. HAMADOU S., MARICHATOU H., KAMUANGA M., 2003. Croissance désordonnée des élevages périurbains et approvisionnement de la ville de Bobo-Dioulasso : problématique de l'hygiène du lait. *Etud. rech. sahéliennes*, **8-9**: 107-115.
13. HARGROVE J.W., 2003. Tsetse eradication: sufficiency, necessity and desirability. Edinburgh, UK, Centre for Tropical Veterinary Medicine, 134 p.
14. HARGROVE J.W., OMOLO S., MSALILWA J.S.I., FOX B., 2000. Insecticide-treated cattle for tsetse control: the power and the problems. *Med. Vet. Entomol.*, **14**: 123-130.
15. HARGROVE J.W., TORR S.J., KINDNESS H.M., 2003. Insecticide-treated cattle against tsetse (Diptera: Glossinidae): what governs success? *Bull. entomol. Res.*, **93**: 203-217.
16. ITARD J., CUISANCE D., TACHER G., 2003. Trypanosomoses : historique - répartition géographique. Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et régions chaudes. Paris, France, Lavoisier, p. 1607-1615.
17. KAISER M.N., SUTHERST R.W., BOURNE A.S., GORISSEN L., FLOYD R.B., 1988. Population dynamics of ticks on Ankole cattle in five ecological zones in Burundi and strategies for their control. *Prev. vet. Med.*, **6**: 199-222.

18. MARICHATOU H., HAMADOU S., KANWE B.A., 2003. Production laitière dans les systèmes d'élevage péri-urbains en zone subhumide du Burkina : situation et voies d'amélioration. *Etud. rech. sahéliennes*, **8-9** : 89-97.
19. NASH T.A.M., 1948. Tsetse flies in British West Africa. London, UK, His Majesty's stationery office, 260 p.
20. NORVAL R.A.I., YUNKER C.E., BUTLER J.F., 1987. Field sampling of unfed adults of *Amblyomma hebraeum* Koch. *Exp. Appl. Acarol.*, **3**: 213-217.
21. OKIRIA R., OKUNA N.M., MAGONA J.W., MAYENDE J.S.P., 2002. Sustainability of tsetse control by subsequent treatment of 10% of a previously treated Ugandan cattle population with 1% w/v deltamethrin. *Trop. Anim. Health Prod.*, **34**: 105-114.
22. PETNEY T.N., HORAK I.G., RECHAV Y., 1987. The ecology of the African vectors of heartwater, with particular reference to *Amblyomma hebraeum* and *A. variegatum*. *Onderstepoort J. vet. Res.*, **54**: 381-395.
23. POLITZAR H., CUISANCE D., 1984. An integrated campaign against riverine tsetse flies *Glossina palpalis gambiensis* and *Glossina tachinoides* by trapping and the release of sterile males. *Insect Sci. Appl.*, **5**: 439-442.
24. STACHURSKI F., 2000. Invasion of West African cattle by the tick *Amblyomma variegatum*. *Med. vet. Entomol.*, **14**: 391-399.
25. STACHURSKI F., LANCELOT R., 2006. Footbath acaricide treatment to control cattle infestation by the tick *Amblyomma variegatum*. *Med. vet. Entomol.* (in press)
26. UILENBERG G., 1992. Veterinary significance of ticks and tick-borne diseases. In: Fifaz B., Petney T., Horzk I. Eds, Tick vector biology. Medical and veterinary aspects. Berlin, Germany, Springer-Verlag, p. 23-33.
27. VREYSEN M.J.B., SALEH K.M., ALI M.Y., ABDULLA A.M., ZHU Z.-R., JUMA K.G., DYCK V.A., MSANGI A.R., MKONVI P.A., FELDMANN H.U., 2000. *Glossina austeni* (Diptera: Glossinidae) eradicated on the Island of Unguja, Zanzibar, using the sterile insect technique. *J. Econ. Entomol.*, **93**: 123-135.
28. WALKER A.R., LLOYD C.M., 1993. Experiments on the relationship between feeding of the tick *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) and dermatophilosis skin disease in sheep. *J. Med. Entomol.*, **30**: 136-143.

Reçu le 06.03.2006, accepté le 14.06.2006

## Summary

**Stachurski F., Bouyer J., Bouyer F.** Innovative Method to Control Cattle Ectoparasites in Suburban Areas of the Subhumid Zone of Burkina Faso: the Footbath

A consequence of the increase of the urban demand for animal proteins is the development of the dairy cattle subsector in suburban areas of West Africa. But the inadequate control of diseases and parasites hampers production increase. A novel control method, based on cattle passing through a footbath containing an aqueous formulation of a pyrethroid, could however limit the impact of ticks and tsetse flies, the main pathologic constraints in subhumid areas. This method leads to the elimination of most of adult *Amblyomma variegatum*, the most harmful tick species in these areas, before attachment to their predilection sites. Furthermore, the footbath treatment helps to reduce drastically the most common populations of riverine tsetse flies in West Africa (*Glossina tachinoides* and *G. palpalis gambiensis*), and therefore helps limit trypanosomosis incidence. This control method is also efficacious, low time-consuming and relatively unexpensive, because the product quantity used in the footbath at each passage is low. But the construction of the structure, which can be used by 400 to 600 head of cattle, is rather expensive and can be more easily achieved by farmers' associations or private investors than by traditional farmers on their own. This method could be implemented within the framework of planning and development policies. The modalities of the technical support needed are described. In Burkina Faso, a development project for dairy cattle production (ARIOPE) financed the construction of 15 footbaths in the suburban areas of Bobo-Dioulasso and Ouagadougou.

**Keywords:** Cattle – Metastigmata – Glossinidae – Control method – Integrated control – Group approach – Innovation – Burkina Faso.

## Resumen

**Stachurski F., Bouyer J., Bouyer F.** Lucha contra los ectoparásitos de los bovinos mediante pediluvios: método innovador utilizado en la zona peri urbana sub húmeda de Burkina Faso

El aumento en la demanda urbana en proteínas animales se traduce, entre otras cosas, por el desarrollo de filiales bovinas de producción lechera en las zonas peri urbanas de Africa del Oeste. Pero el control imperfecto de la patología compromete el crecimiento de la producción. Una técnica de lucha innovadora, basada sobre el paso regular en un pediluvio que contiene una fórmula acuosa de piretroide, podría por en tanto limitar el impacto de las garrapatas y de las glosinas, principales obstáculos patológicos en la zona sub húmeda. Este método ocasiona la eliminación de la mayoría de los adultos de *Amblyomma variegatum*, la garrapata más nociva en estas regiones, antes de su fijación definitiva. Por otra parte, este tratamiento permite disminuir fuertemente la población de las glosinas ribereñas más representadas en Africa occidental (*Glossina tachinoides* et *G. palpalis gambiensis*) y limitando así la incidencia de tripanosomosis. Este método permite así una lucha rápida y eficaz a costo reducido, debido a que la cantidad de producto utilizado en cada pasaje es baja. Pero la construcción de las instalaciones, que pueden ser utilizadas por 400 a 600 animales, representa una inversión importante, que los grupos de criadores o de inversionistas privados pueden considerar más fácilmente que los criadores tradicionales aislados. La realización de este método puede ser entonces considerada dentro del marco de una política de desarrollo y mejoramiento. El interés y las modalidades del apoyo técnico necesario están presentes. En Burkina Faso, un proyecto de apoyo al refuerzo de las organizaciones profesionales de criadores modernos (Ariope) financió de esta manera 15 instalaciones en las zonas peri urbanas de Bobo-Dioulasso y Uagadudu.

**Palabras clave:** Ganado bovino – Metastigmata – Glossinidae – Método de control – Lucha integrada – Enfoque de grupo – Innovación – Burkina Faso.

# Development of a Radioimmunoassay for Bovine Pepsinogen A

D.I. Sidikou<sup>1,2</sup> B. Remy<sup>1</sup> J.F. Beckers<sup>1\*</sup>

## Keywords

Cattle – Pepsinogen A –  
Radioimmunoassay – Blood plasma.

## Summary

Pepsinogen A is the most abundant zymogen found in blood, and its enzymatic measurement is used for the diagnosis of gastric lesions. The present study was conducted to develop a radioimmunoassay (RIA) specific to pepsinogen A in bovine plasma. The authors purified large amounts of three non-denatured isoforms of bovine pepsinogen A with high proteolytic activity. These homogeneous preparations were used to produce specific antisera in New Zealand White rabbits, and three antisera with high titers were obtained. In the present assay the antiserum #822 was used at a final dilution of 1/250,000. The detection limit of the assay was 20 ng/ml and the recovery ranged from 85.5 to 103.3%. The repeatability (intra-assay coefficient of variation) was lower than 6.6%, whereas the reproducibility (inter-assay coefficient of variation) was lower than 13.4%. The capacity of the RIA to detect pepsinogen A in blood was tested by measuring the concentrations in plasma of newborn calves ( $n = 6$ ) serially sampled from birth to four months of age. The mean pepsinogen A value (mean  $\pm$  standard deviation) in the plasma of calves was  $2071 \pm 752$  ng/ml one day after birth. The concentration decreased progressively and was about  $1196 \pm 307$  ng/ml at day 21, and  $677 \pm 109$  ng/ml at day 120. The present study is the first report on pepsinogen A concentrations in bovine measured by RIA. Further investigations using the RIA should be performed in order to confirm these values and determine pepsinogen levels in older cattle in physiological and pathological conditions such as gastrointestinal helminthiasis.

## INTRODUCTION

Gastric aspartic proteases (AP) are among proteolytic enzymes that are widely distributed in vertebrates. They are responsible for the digestion of dietary proteins and are synthesized as inactive precursors (prochymosin, pepsinogen and progastricsin), commonly known as zymogens. One part of their secretion by mucous neck and chief cells in the gastric mucosa (2, 22, 23) reaches the blood stream allowing their measurement in the peripheral circulation. The determination of plasmatic concentrations of gastric aspartic proteases is conventionally performed by proteolytic assays, the first report having been described by Anson and Mirsky (4). The widest accepted measurement techniques are based on the estimation of the

peptides released during incubation of the sample (at acidic pH) with a protein substrate (albumin or hemoglobin) added in high amounts (much higher than the endogenous content). The results are obtained by reading the optical density after addition of Folin-Ciocalteu's color reagent. For routine diagnosis purposes, the proteolytic method was recently simplified by the use of multiwall plates and multireaders for the determination of the optical density (11, 21).

Before the discovery of the multiplicity of the gastric AP family (15, 28), there was a general agreement that the measured protease activity in blood was exclusively due to pepsinogen. However, it is well known today that enzymatic assays are not specific to pepsinogen in that they detect other enzymes, which may be present in the sample and activated at acidic pH. These include at least two types of pepsinogens (A and C or progastricsin), two types of cathepsins (D and E) and different forms of prochymosin (28).

The diversity of human gastric enzymes was pointed out by Samloff (28), who suggested the necessity to develop specific immunoassays for the existing gastric proteases. In recent years, considerable progress has been made in identifying and characterizing these proteases. Different forms of pepsinogens and prochymosins

1. Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, Liege, B-4000 Belgium.  
2. Faculty of Agriculture, University Abdou Moumouni of Niamey, Niamey, Niger.  
\* Corresponding Author  
Department of Functional Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, Bd de Colonster No 20, B41, B-4000 Sart Tilman, Liege, Belgium.  
Tel.: +32 43 66 41 61; fax: +32 43 66 41 65  
E-mail: jfbeckers@ulg.ac.be

were discovered and assumption was set out about distinct secretion sites of these zymogens in stomach mucosa. In humans, pepsinogen A was found to be secreted by fundic mucosa, while pepsinogen C was secreted by fundic, pyloric and proximal mucosae (14). In the same way, the hypothesis of a differential release of zymogens under physiological and pathological conditions stimulated the interest on their purification and on the development of specific assays. For example, by analyzing the ratio between pepsinogen A (PgA) and pepsinogen C (PgC) concentrations, several studies allowed a more precise diagnosis of gastric diseases such as duodenal ulcers with *Helicobacter pylori* infection, and gastric cancer (7, 9, 26, 37).

In ruminants, information concerning different forms of pepsinogen and chymosin progressed according to their social usefulness in cheese manufacturing, specially for chymosin. Some reports are available on biochemical isolation and characterization of zymogens in terms of amino acid sequences and activation processes (5, 10, 12, 16, 24). However, attempts to produce and characterize a specific antiserum for the development of specific immunoassays were limited to the studies of Turner and Shanks (35) in sheep, and Gomes et al. (16) in cattle.

In cattle, the measurement of blood pepsinogen by proteolytic assay has been used since 1960 in parasitological investigations concerning the severity of ostertagiosis infections (1, 13), or hemochosis in tropical areas. Later, this assay was also recommended to confirm clinical diagnosis of abomasal displacement (39) and gastric ulcers (25).

We recently described a simple procedure to prepare large amounts (> 10 mg) of bovine pepsinogen A, which are used for the production of antisera and in the development of a specific immunoassay. Three isoforms (bPgA-1, bPgA-2 and bPgA-3) with the same N-terminal sequence and differing in their phosphate content were isolated (31). A high proteolytic activity towards bovine serum albumin (5.15, 7.45 and 6.81 units of tyrosine per milligram of protein, bPgA-1, bPgA-2 and bPgA-3, respectively) indicated that the three zymogens were not denatured. The degree of homogeneity of these fractions was confirmed by electrophoresis and mass spectrometry. The aim of the present study was thus to develop a specific radioimmunoassay (RIA) for pepsinogen A determination in bovine peripheral blood. Pepsinogen has been closely related to gastric damage due to parasites. In tropical areas, *Haemonchus* is the most important gastric nematode that causes huge problems in cattle husbandry. The RIA will be helpful to manage these parasites. Thus, different antisera were raised against bovine pepsinogen A (bPgA) in New Zealand White rabbits. A specific radioimmunoassay (bPgA-RIA) was developed and validated in terms of sensitivity, specificity, accuracy and reproducibility. Finally, the RIA was used to determine plasma concentrations of pepsinogen A in calves serially sampled from birth to four months of age.

## MATERIALS AND METHODS

### Reagents and equipment

The following reagents and equipments were purchased from the indicated sources: potassium monophosphate, methanol, and microcrystalline cellulose (Merck, Darmstadt, Germany); bovine serum albumin (BSA, ICN Biomedicals, Eschwege, Germany); Tween 20 (Fluka and Riedel-de Haën, Schweiz, Switzerland); polyethyleneglycol 6000, and sodium azide (PEG 6000, Vel, Leuven, Belgium); Freund's incomplete adjuvant (Difco Laboratories, Detroit, IL, USA); Freund's complete adjuvant, bovine chymosin B, human pepsinogen A, porcine pepsinogen A, pepstatin A, chloramine T, and sodium metabisulfite (Sigma-Aldrich, St Louis, MO,

USA); second antibody (Physiology of Animal Reproduction, University of Liege, Belgium); Na- $I^{125}$ , and Sephadex G-75 (Amersham Biosciences, Uppsala, Sweden); and automatic gamma counter 1261 Multigamma (Wallac, Turku, Finland).

### Bovine pepsinogen A (bPgA)

Pure preparations of bovine pepsinogen A (bPgA) were made available from previous studies (31) and used as standard, tracer and immunogen for antisera preparation.

### Antisera production

Antisera against bPgA were raised in New Zealand White rabbits according to the method of Vaitukaitis et al. (36). During two months, three rabbits aged between 3 and 5 months received intradermal injections (15 days' intervals) of 500  $\mu$ g of bPgA dissolved in 500  $\mu$ l of 0.05 M phosphate buffer (pH 7.5), and emulsified in an equal volume of Freund's complete adjuvant. Afterwards, rabbits received monthly booster doses of bPgA (500  $\mu$ g) emulsified in Freund's incomplete adjuvant over a period of six months. The animals were bled two months after the first injection and then monthly. Blood was collected from the marginal vein of the ear and allowed to clot overnight at room temperature. The next day, the serum was transferred into clean tubes, centrifuged at 2500 g for 20 min, aliquoted into small fractions and stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  till tested.

### Radiolabeled protein (tracer)

The purified bPgA was labeled according to the chloramine T method (17). Briefly, a stock solution of bPgA dissolved in 0.05 M phosphate buffer, pH 7.5 (1.0 mg bPgA/ml), was prepared, aliquoted in small volumes (10  $\mu$ l) and stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  till used for labeling. Chloramine T hydrate (5.0 mg/ml) and sodium metabisulfite (30.0 mg/ml) were dissolved in the same buffer just before use. The radio-iodination mixture was composed of 10  $\mu$ g bPgA (10  $\mu$ l), 10  $\mu$ l 0.5 M phosphate buffer (pH 7.5), 10  $\mu$ l  $I^{125}$ -Na (1 mCi, approximately  $3.7 \times 10^7$  disintegrations/s) and 10  $\mu$ l of chloramine T solution. After 1 min of gentle stirring, 10  $\mu$ l of metabisulfite solution was added. Unreacted iodine was separated from  $I^{125}$ -bPgA by gel filtration on a Sephadex G-75 column (1 x 30 cm) equilibrated and eluted with 0.05 M phosphate buffer (pH 7.5). Eluted aliquots of 1.0 ml were collected, submitted onto a test with the antiserum, and selected according to the non-specific binding value (NSB) and binding/total count (B/T) ratio. The fractions exhibiting the highest performances in terms of specific binding were diluted, aliquoted (1.0 ml) and stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  until used in the RIA procedure.

### RIA buffer

Phosphate buffer (0.05 M, pH 7.5) containing 1.0 g/l BSA, 5.0 ml/l Tween 20, and 5.0 mg/l pepstatin A was used throughout the procedure.

### Second antibody precipitant system

The immunoprecipitation is based on the formation of a molecular network by the binding between the Ag and the Ac. The addition of a certain proportion of normal rabbit serum makes it possible to widen this network and obtain a visible precipitate. So, the second antibody was prepared by mixing sheep anti-rabbit IgG serum with normal rabbit serum (5:1; v:v). This solution was incubated for 16 h at  $4^{\circ}\text{C}$  before use at 1% in the precipitation system, which constituents were 0.05 M phosphate buffer (pH 7.5), 0.4% BSA, 4% PEG 6000, and 0.05% microcrystalline cellulose.

### Antisera binding test

The obtained three antisera were serially diluted in the RIA phosphate buffer (1/1000, 1/10,000, 1/20,000, 1/40,000, 1/80,000, 1/160,000, 1/320,000, 1/640,000 and 1/1,280,000) in order to obtain a tracer-binding ratio in the zero standard ( $B_0/T$ ) of approximately 30-50% and an NSB below 2%. For the binding test, 100  $\mu$ l of the diluted antiserum, 100  $\mu$ l  $^{125}$ I-bPgA and 300  $\mu$ l of the RIA buffer were incubated overnight before addition of the second antibody precipitation system, washing, centrifugation and count of the pellet radioactivity.

### Tracer stability

To test  $^{125}$ I-bPgA stability, the tracer was used for two weeks at short time intervals and the regression curve of B/T ratio was determined.

### Bovine PgA radioimmunoassay

As the concentrations of pepsinogen A in bovine blood are relatively high, the PgA-RIA system was developed without a preincubation step. The RIA was performed at 4°C in polystyrene assay tubes (75 x 12 mm). Pure stock bovine pepsinogen A (lyophilized powder) was diluted with assay buffer to give standard curves ranging from 19.5 to 10,000 ng/ml. Each tube contained 100  $\mu$ l of standard dilution or 100  $\mu$ l of unknown sample, 100  $\mu$ l of antiserum #822 diluted at 1/50,000 (1/250,000 final dilution), and 100  $\mu$ l of labeled pepsinogen (20,000 cpm). The incubation volume was made up to 500  $\mu$ l by addition of 200  $\mu$ l of assay buffer. In the zero standard tubes ( $B_0$ ), the standard dilution was replaced by assay buffer. NSB tubes contained 400  $\mu$ l buffer and 100  $\mu$ l tracer. All standard and unknown tubes were set up in duplicate. The mixture was incubated at 4°C from 18 to 24 h. After addition of 1.0 ml of the second antibody precipitation system, the mixture was allowed to react at 4°C for 1 h. Free and bound pepsinogen A were then separated by centrifugation at 3000 g for 20 min. The supernatant was discarded and the radioactivity of the pellet was determined in an automatic gamma counter with a counting efficiency of 75%.

### RIA characteristics

#### Specificity and serial dilutions of a blood sample

Commercially available members of the aspartic protease family such as porcine pepsinogen A, chymosin B from calf stomach, and human pepsinogen A were tested in the wide range of 1.0 to 100  $\mu$ g/ml. When a cross-reaction was observed, the percentage in the RIA was estimated. In addition, different dilutions of a plasma sample containing detectable concentrations of pepsinogen were set up in buffer (1/1, 1/2, 1/4, 1/8; 1/16, 1/32 and 1/64).

#### Accuracy

The accuracy test was carried out by adding defined concentrations of bovine pepsinogen A (78, 156 and 312 ng) to bovine plasma containing a known concentration. The percentage of recovery was calculated as follows: [observed value (ng/ml)/expected value (ng/ml)] x 100.

#### Reproducibility

To test the reproducibility of the RIA, samples with low and higher concentrations of pepsinogen were tested. RIA precision was determined by estimating the intra- and inter-assay coefficients of variation (CV). To determine the intra-assay CV, a serum was assayed 10 times within the same assay. The inter-assay reproducibility was assessed by analyzing different sera in five consecutive assays.

#### Sensitivity

The sensitivity was determined by measuring the least detectable dose of pepsinogen A in the developed RIA (32). The mean and

standard deviation of precipitate counts of 20 binding values at zero pepsinogen concentration were calculated. The pepsinogen value that corresponded to the mean count minus two standard deviations (SD) transposed onto the standard curve was defined as the sensitivity of the RIA.

### Animal and plasma samples

A total of six newborn calves were housed in the experimental farm of the Faculty of Veterinary Medicine (University of Liege, Belgium) from day 1 after birth to 120 days of age. Blood samples were serially taken from the jugular vein when the calves were 1, 7, 14, 21, 28, 60, 90 and 120 days old. Plasma was separated by centrifugation at 2000 g for 15 min and stored at -20°C until used.

### Statistical analysis

The data obtained were analyzed with Microsoft Excel. Inter- and intra-CVs were calculated as the SD divided by the mean value. Mean recoveries at each concentration were calculated as a percentage of the expected value.

## RESULTS

### Antisera binding ratios

The dilution curves of the three raised antisera (#821, 822, and 823) are presented in Figure 1. All the rabbits exhibited high antibody titers. For antiserum #822, 78% of labeled bPgA was bound and NSB was below 2% in the presence of excess antibody. A similarly high (over 70%) binding level (B/T) at 1/1000 was found in all antisera. These high binding levels point out the high degree of purity of the bPgA used as antigens. For the antiserum #822, a tracer-binding ratio in the zero standard of 40% (NSB below 2%) was obtained at a final dilution of 1:250,000.

### Tracer stability

The binding of the radiolabeled bPgA (B/T) declined progressively from 40 to 15% during the two weeks of running the RIA (Figure 2). During this period, there was no significant inter-assay variation of pepsinogen A concentrations as measured in the tested samples. However, a great variability was observed after these two weeks and the pepsinogen concentrations determined in these conditions were no more reliable.

### Standard curve and bPgA-RIA validation

Displacement curve of bPgA-RIA is presented in Figure 3. The standard inhibition curves ranged from 95 to 5% binding when serial dilutions of bPgA (ranging from 19.5 ng/ml to 10,000 ng/ml) were assayed.

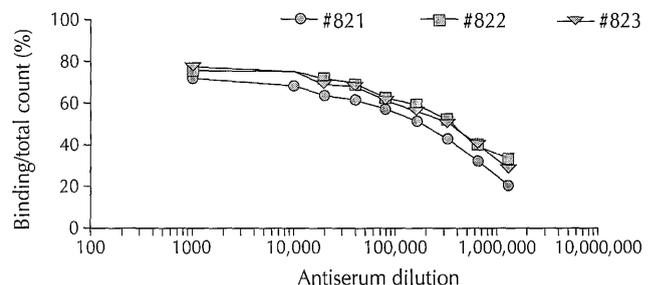


Figure 1: Binding ratio after serial dilution of three antisera raised against bovine pepsinogen A preparations.

A slight cross-reaction of bP<sub>g</sub>A-RIA was observed with calf chymosin B, porcine pepsinogen A and human pepsinogen A at concentrations ranging from 1.0 to 100 µg/ml (Figure 4). The cross-reactivity percentages at 100 µg/ml concentration were 0.50% for chymosin B, 0.16% for porcine pepsinogen A and 0.22% for human pepsinogen A. The serial dilution of the bovine plasma showed a dose-response curve parallel to the standard of the purified bP<sub>g</sub>A (Figure 3).

The recovery of the pepsinogen assay ranged from 85.5 to 103.3% (Table I). Concerning the reproducibility, mean bP<sub>g</sub>A concentrations and CVs are presented in Table II. The intra-assay coefficient of variation varied from 4.63 to 6.58% while the inter-assay ranged from 5.98 to 13.39%. The calculated least detectable dose was 2 ng/tube or 20 ng/ml of sample.

**Pepsinogen concentration in newborn calves**

Bovine pepsinogen A plasma concentrations gradually decreased with increasing calf age. The bP<sub>g</sub>A levels decreased from 2071 ± 752 ng/ml one day after birth to 677 ± 109 ng/ml at 120 days of age (Table III).

**Table I**

Recovery of purified bovine pepsinogen A (bP<sub>g</sub>A) added to four bovine samples containing different concentrations of bP<sub>g</sub>A

Initial serum sample bP <sub>g</sub> A concentration	Amount of bP <sub>g</sub> A (ng) added	Expected bP <sub>g</sub> A concentration (ng/ml)	Observed bP <sub>g</sub> A concentration (ng/ml)	Recovery* (%)
26 ng/ml	78	104	107	102.8
	156	182	188	103.3
	312	338	311	92.0
47 ng/ml	78	125	113	90.4
	156	203	180	88.6
	312	359	307	85.5
930 ng/ml	78	1008	999	99.1
	156	1086	1106	101.8
	312	1242	1280	103.0
967 ng/ml	78	1045	1050	100.4
	156	1123	1100	97.9
	312	1279	1271	99.3

\* (Observed value/expected value) x 100

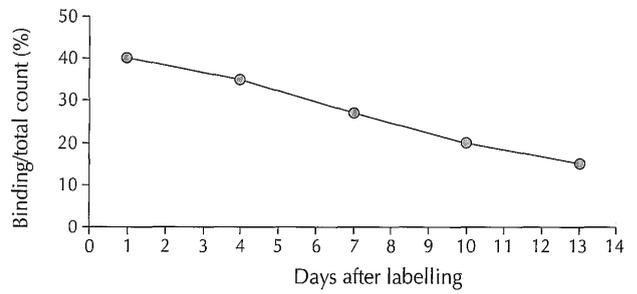
**Table II**

Coefficients of variation intra- and inter-assay of bovine pepsinogen A (bP<sub>g</sub>A) RIA

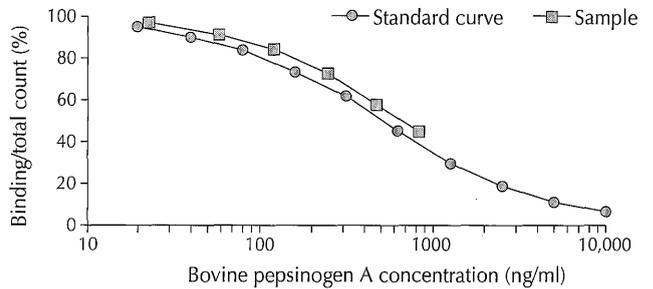
Bovine sample	Intra-assay		Inter-assay	
	bP <sub>g</sub> A concentration*	CV** (%)	bP <sub>g</sub> A concentration*	CV** (%)
Sample 1	106.63 ± 6.62 ng/ml	6.58	100.00 ± 13.39 ng/ml	13.39
Sample 2	1587.78 ± 69.31 ng/ml	4.63	1756.10 ± 105.02 ng/ml	5.98

\* Mean ± standard deviation

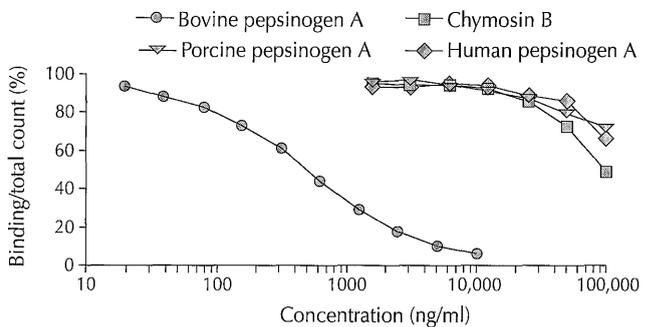
\*\* Coefficient of variation



**Figure 2:** Radio-labeled bovine pepsinogen A (<sup>125</sup>I-bP<sub>g</sub>A) stability during the two weeks of running the RIA.



**Figure 3:** Parallelism between bovine pepsinogen A (bP<sub>g</sub>A) standard curve and serial dilution of a bovine serum sample. The standard curve was calculated by the linear scale of B/B<sub>0</sub> ratio vs decadic logarithmic of the standard concentration using radiolabeled bP<sub>g</sub>A. B/B<sub>0</sub> means tracer bound / tracer bound in zero standard. The serum sample (1/1) was serially diluted at 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 and 1/64.



**Figure 4:** Specificity of the bovine pepsinogen A radioimmunoassay. The standard curve was calculated by the scale of B/B<sub>0</sub> ratio vs decadic logarithmic of bP<sub>g</sub>A concentrations (expressed in ng/ml) using radiolabeled bP<sub>g</sub>A (<sup>125</sup>I-bP<sub>g</sub>A). B/B<sub>0</sub> means tracer bound / tracer bound in zero standard.

Table III

Bovine pepsinogen A (bPgA) concentrations in plasma samples taken from six calves from birth to 120 days of age

Age (days after birth)	bPgA mean concentration (ng/ml)	bPgA SD* (ng/ml)	Minim.-maxim. concent.** (ng/ml)
1	2070.6	752.1	1084.0-3058.6
7	1451.1	459.0	800.1-1902.8
14	1214.9	377.8	765.2-1689.3
21	1196.3	306.8	724.8-1538.6
28	679.7	112.4	542.8-862.5
60	815.7	139.2	707.0-1085.5
90	714.1	120.8	514.0-832.0
120	677.3	108.5	497.0-814.8

\* Standard deviation

\*\* Range of minimal-maximal concentrations

## DISCUSSION

The present study is the first report on the development of a specific RIA for bovine pepsinogen A measurements in bovine plasma samples. Three antisera with high titers were obtained. Antiserum #822 had 78% binding ratio in excess antibody (1:1000) and was used for bPgA-RIA at a final dilution of 1:250,000, yielding 40% of total counts. The advantage of the use of a specific antiserum giving high dilution titers is the possibility to perform a large number of assays with a small volume of the antiserum, along with increased sensitivity and specificity of the assay. So, it is interesting to compare the performances of the present antisera with those reported in previous publications.

In 1974, Samloff and Liebmann (29) developed an RIA for human pepsinogen A using an antiserum at a lower dilution titer (1:50,000). In 1990, the first RIA for porcine pepsinogen A was developed by use of an antiserum diluted at 1:18,000 (27). This system gave very low plasmatic concentrations which were not confirmed. Later, higher antiserum dilution titers resulting in precise plasmatic concentration measurements were described for RIA of human and porcine pepsinogens. In humans, Biemond et al. (8) described the use of antisera diluted at 1:200,000 and 1:300,000 for pepsinogen A and pepsinogen C RIA systems, respectively. A similar dilution of antiserum (1:200,000) was described by Banga-Mboko et al. (6) for porcine pepsinogen A RIA. In bovine species, the only report on pepsinogen immunoassay was described by Gomes et al. (16). They reported the development of an ELISA in which the antiserum was diluted at 1:2000, which is hundred times more concentrated than the optimal antiserum titer used in the present investigation. In the investigation carried out by Gomes et al., bovine pepsinogen ELISA had a sensitivity of 32 ng/ml and no attempt to measure pepsinogen in plasma was described. In the present report, bPgA-RIA gave a sensitivity of 2 ng/tube or 20 ng/ml of plasma. No attempt was made to improve the sensitivity, because of the high plasmatic bPgA concentrations measured in blood samples.

This is also the first report describing bovine pepsinogen A labeling with  $^{125}\text{I}$ . The obtained tracer showed to be suitable in RIA routine analysis during a two-week period. The antiserum initially bound 40% of the  $^{125}\text{I}$ -bPgA, this binding decreasing steadily till 15% after a two-week period. After two weeks, bPgA concentra-

tions measured in control samples were highly variable. In the same way, Samloff and Liebman (29) reported that the decreasing activity of the labeled human pepsinogen depends probably on time, radiation damage, and pepsinogen instability. In their study, the labeled human pepsinogen was suitable for immunoassay for 6-7 weeks only when it was re-purified on a DEAE-cellulose column before the assay.

Considering the specificity, the present assay showed 0.16% cross-reaction with porcine pepsinogen A and 0.22% with human pepsinogen A. These cross-reactions can be explained by the high percentage of amino acid homology between bPgA and the tested pepsinogen preparations. As determined by comparison of amino acid sequences, bPgA have 83.5% and 82.1% homology with porcine pepsinogen A and human pepsinogen A, respectively (30). Additionally, such cross-reactivity was only observed when high concentrations of the zymogens (> 10 µg/ml) were tested. The relatively weak cross-reactivity observed in the present study confirms the necessity to develop specific RIA systems for the different existing bovine zymogens. Bovine pepsinogen A assay cross-reacted towards bovine chymosin B (bChyB) at 0.5%, when the amount of the added chymosin was higher than 10 µg/ml. The preliminary data on bChyB concentrations in bovine circulation showed that such high levels are not found in plasma, indicating the absence of impact of bChyB concentrations on plasmatic bPgA levels measured in bovine species (data not shown).

The recovery of the assay ranged from 85.5 to 103.3%. These values are closely similar to the data reported in porcine (81.7 to 102.3%) and human assays (81.3 to 139.5%) (6, 8). The RIA showed an intra-assay coefficient of variation lower than 6.6%, and an inter-assay variation of 13.39% or lower. These values were found with a fresh tracer; they remained stable during 14 days and increased sharply thereafter.

The general validation characteristics of bPgA-RIA (sensitivity, specificity, accuracy, intra and inter-assay coefficients of variations) being satisfactory, the present assay was considered suitable for measurement of bPgA in bovine plasma. Thus, bPgA-RIA was used to determine bPgA concentrations in plasma samples collected from six newborn calves serially sampled from birth to four months of age. Relatively high levels (1084.0 to 3058.6 ng/ml, mean 2070.6) were found in calves at birth, the concentration decreasing steadily until 120 days of age (497.0 to 814.8 ng/ml, mean 677.3 ng/ml).

Because of the high variability of pepsinogen concentrations between species, comparison of the present study with those carried out in other species must be made with great caution (3, 20, 34). Nevertheless, it is interesting to situate the present values in the reported data for other species found in the literature. Thus, no great discrepancy was found between the present values and those obtained by Banga-Mboko et al. (6) who reported that, in porcine, the mean values in serum were about 290 ng/ml for 21-day-old piglets and 383.5 ng/ml (249-570 ng/ml range) for finishing pigs at 213 days of age. In normal dogs, Suchodolski et al. (33) reported a range from 18 to 129 ng/ml for pepsinogen A. In humans, in which specific RIA have been developed for pepsinogens A and C, some data are available in samples collected under both physiological and pathological conditions. The reported values in healthy subjects range between 50 to 200 ng/ml for pepsinogen A, and vary around 15 ng/ml for pepsinogen C (8, 19, 29).

The measurement of the two forms of serum pepsinogen (A and C) by RIA and the use of the ratio A/C in humans revealed a great interest of this approach in clinical investigations on ulcers or gastric cancer (18, 22, 38). This suggests that in bovine the measurement by RIA of another zymogen such as chymosin or pepsinogen C could

be of great interest for the differential diagnosis of parasite diseases. This second form of pepsinogen (PgC) has been reported in bovine only in a few studies, but it is neither available on the market, nor in the scientific domain. It was reported that the proportion of bovine pepsinogen C in the extract of gastric mucosa was 30 times lesser than pepsinogen A (13), suggesting additional difficulties in its purification. This observation could explain the reason why, in a previous study on pepsinogen purification (31), the present authors only obtained the pepsinogen A form in large amounts after extraction, ammonium sulfate fractionation, DEAE ceramic and hydroxyapatite columns. Further investigation with an adapted protocol of purification is needed to isolate bovine pepsinogen C and develop a specific radioimmunoassay. Meanwhile, bPgA-RIA is an available precious tool, which can give reliable information on the status of bovine gastric mucosa.

## ■ CONCLUSION

RIA for the measurement of bovine pepsinogen A in blood is sensitive, specific, repeatable and reproducible. The assay can therefore be used to assess accurately pepsinogen A concentrations in bovine plasma. Measured bPgA concentrations are elevated in young calves. Further studies are needed to set up reference values of serum pepsinogen A concentrations in growing calves and adults of different breeds. These reference values are necessary to compare the concentrations in different gastric disorders such as helminthosis in animals kept under various environmental and diet conditions.

## Acknowledgments

The authors would like to thank Drs J.-F. Cabaraux and I. Dufrasne for their assistance in sample collecting, Drs J.-L. Hornick, N.M. Sousa, and M. Hamani, and Prof. A. Yenikoye for their contribution and suggestions along this work. They are grateful to Mrs R. Fares-Noucairi for secretary assistance. The Belgian FNRS and Ministry of Agriculture granted this study.

## REFERENCES

- ANDERSON N., ARMOUR J., JARRETT W.F.H., JENNINGS F.W., RITCHIE J.S.D., URQUHART G.M., 1965. A field study of parasitic gastroenteritis in cattle. *Vet. Rec.*, **77**: 1196-1204.
- ANDREN A., BJORCK L., 1986. Milk-feeding maintains the prochymosin production in cells of bovine abomasal mucosa. *Acta Physiol. Scand.*, **126**: 419-427.
- ANDREN A., BJORCK L., CLAESSEON O., 1980. Quantification of chymosin (rennin) and pepsin in bovine abomasal by rocket immunoelectrophoresis. *Swed. J. Agric. Res.*, **10**: 1323-1330.
- ANSON M.L., MIRSKY A.E., 1932. The estimation of pepsin with hemoglobin. *J. Gen. Physiol.*, **16**: 59-63.
- ANTONINI J., RIBADEAU-DUMAS B., 1971. Isolation, purification and properties of 2 bovine gastric zymogens. Properties of the corresponding proteases. *Biochemistry*, **53**: 321-329.
- BANGA-MBOKO H., SULON J., CLOSSET J., REMY B., YOUSDAO I., SOUSA N.M., EL AMIRI B., SANGILD P.T., MAES D., BECKERS J.F., 2003. An improved radioimmunoassay for measurement of pepsinogen in porcine blood samples. *Vet. J.*, **165**: 288-295.
- BERMEJO F., BOIXEDA D., GISBERT J.P., SANZ J.M., DEFARGES V., ALVAREZ CALATAYUD G., MORENO L., MARTIN DE ARGILA C., 2001. Basal concentrations of gastrin and pepsinogen I and II in gastric ulcer: influence of *Helicobacter pylori* infection and usefulness in the control of the eradication. *Gastroenterol. Hepatologia.*, **24**: 56-62.
- BIEMOND I., JANSEN J.B., CROBACH L.F., KREUNING J., LAMERS C.B., 1989. Radioimmunoassay of human pepsinogen A and C. *J. clin. Chem. clin. Biochem.*, **27**: 19-25.
- BIEMOND I., KREUNING J., JANSSEN J.B.M., LAMERS C.B., 1993. Diagnostic value of serum pepsinogen C in patients with raised serum concentrations of pepsinogen A. *Gut*, **34**: 1315-1318.
- CHOW R.B., KASSELL B., 1968. Bovine pepsinogen and pepsin. I. Isolation, purification, and some properties of the pepsinogen. *J. Biol. Chem.*, **243**: 1718-1724.
- DORNY P., VERCRUYSE J., 1998. Evaluation of a micro method for the routine determination of serum pepsinogen in cattle. *Res. vet. Sci.*, **65**: 259-262.
- ECKERSALL P.D., MACASKILL J., MCKELLAR Q.A., BRYCE K.L., 1987. Multiple forms of bovine pepsinogen isolation and identification in serum from calves with ostertagiasis. *Res. vet. Sci.*, **43**: 279-283.
- EDWARDS K., JEPSON R.P., WOOD K.F., 1960. Value of plasma pepsinogen estimation. *Br. med. J.*, **5165**: 30-32.
- FOLTMANN B., 1981. Gastric proteinases-structure, function, evolution and mechanism of action. *Essays Biochem.*, **17**: 52-84.
- FOLTMANN B., HARLOW K., HOUEN G., NIELSEN P.K., SANGILD P., 1995. Comparative investigations on pig gastric proteases and their zymogens. *Adv. exp. Med. Biol.*, **362**: 41-51.
- GOMES M.A., LIMA W., DOS S., PESQUERO J.L., 1994. A new method for bovine pepsinogen purification. Preparation of a specific antibody. *J. Immunoassay*, **15**: 157-170.
- GREENWOOD F.C., HUNTER W., GLOVER J., 1963. The preparation of 131I-labelled human growth hormone in high specific radioactivity. *Biochem. J.*, **89**: 114-123.
- HENGELS K.J., STROHMEYER G., 1989. Pepsinogens A and C: purification from human gastric mucosa and determination in serum by optimized radioimmunoassays. *J. Gastroenterol.*, **27**: 406-411.
- ICHINOSE M., MIKI K., FURIHATA C., KAGEYAMA THAYASHI R., NIWA H., OKA H., MASUSHIMA T., TAKAHASHI K., 1982. Radioimmunoassay of serum group I and group II pepsinogens in normal controls and patients with disorders. *Clin. Chim. Acta*, **126**: 183-191.
- KAGEYAMA T., 2002. Pepsinogens, progastricsins, and prochymosins: structure, function, evolution and development. *Cell. Mol. Life Sci.*, **59**: 288-306.
- KERBOEUF D., KOCH C., LE DREAN E., LACOURT A., 2002. Méthode simplifiée de mesure de la concentration en pepsinogène dans le sérum. *Revue Méd. vét.*, **153**: 707-712.
- KONISHI N., MATSUMOTO K., HIASA Y., KITAHORI Y., HAYASHI I., MATSUDA H., 1995. Tissue and serum pepsinogen I and II in gastric cancer identified using immunohistochemistry and rapid ELISA. *J. clin. Pathol.*, **48**: 364-367.
- KURABAYASHI Y., YAMADA J., ANDREN A., KITAMURA N., YAMASHITA T., 1991. Cellular and subcellular localization of progastricsin in calf fundic mucosa: colocalization with pepsinogen and prochymosin. *Acta Anat. (Basel)*, **140**: 75-84.
- MEITNER P.A., KASSELL B., 1971. Bovine pepsinogens and pepsins. A series of zymogens and enzymes that differ in organic phosphate content. *Biochem. J.*, **121**: 249-256.
- MESARIC M., ZADNIK T., KLINKON M., 2002. Comparison of serum pepsinogen activity between enzootic bovine leucosis (EBL) positive beef cattle and cows with abomasal ulcers. *Slov. vet. Res.*, **39**: 227-232.
- MIKI K., MORITA M., SASAJIMA M., HOSHIMA R., KANDA E., URITA Y., 2003. Useful of gastric cancer screening using the serum pepsinogen test method. *Am. J. Gastroenterol.*, **98**: 735-739.
- NAPPERT G., VRINS A., BEAUREGARD M., VERMETTE L., LARIVIERE N., 1990. Radioimmunoassay of serum pepsinogen in relation to gastric (pars oesophageal) ulceration in swine herds. *Can. J. vet. Res.*, **54**: 390-393.
- SAMLOFF I.M., 1989. Peptic ulcer: the many proteinases of aggression. *Gastroenterology*, **96** (suppl): 586-595.
- SAMLOFF I.M., LIEBMANN W.M., 1974. Radioimmunoassay of group I pepsinogen in serum. *Gastroenterology*, **66**: 494-502.
- SIDIKOU I.D., REMY B., HORNICK J.L., LOSSON B., DUQUESNOY N., YENIKOYE A., BECKERS J.F., 2005. Le pepsinogène et la prochymosine des bovins : connaissances actuelles, applications et perspectives. *Ann. Méd. vét.*, **149**: 213-228.

31. SIDIKOU D.I., REMY B., OTTHIERS G.N., JORIS B., BECKERS J.F., 2005. Bovine Pepsinogen A: isolation and partial characterization of isoforms with high activity. *J. Anim. vet. Adv.*, **4**: 894-901.
32. SKELLEY D.S., BROWN L.P., BESCH P.K., 1973. Radioimmunoassay. *Clin. Chem.*, **19**: 146-186.
33. SUCHODOLSKI J.S., STEINER J.M., RUAUX C.G., WILLIAMS D.A., 2003. Serum concentrations of pepsinogen A in healthy dogs after food deprivation and after feeding. *Am. J. vet. Res.*, **64**: 1146-1150.
34. SUZUKI M., NARITA Y., ODA S., MORIYAMA A., TAKENAKA O., KAGEYAMA T., 1999. Purification and characterization of goat pepsinogens and pepsins. *Comp. Biochem. Physiol. B.*, **122**: 453-460.
35. TURNER J.C., SHANKS V., 1982. An enzyme-linked immunoassay for pepsinogen in sheep plasma. *Vet. Parasitol.*, **10**: 79-86.
36. VAITUKAITIS J., ROBBINS J.B., NIESCHLAG E., ROSS G.T., 1971. A method for producing specific antisera with small doses of immunogens. *J. clin. Endocrinol. Metab.*, **33**: 988-991.
37. WAGNER S., HARUMA K., GLADZIWA U., SOUDAH B., GEBEL M., BLECK J., SCHMIDT H., MANNS M., 1994. *Helicobacter pylori* infection and serum pepsinogen A, pepsinogen C, and gastrin in gastritis and peptic ulcer: significance of inflammation and effect of bacterial eradication. *Am. J. Gastroenterol.*, **89**: 1211-1218.
38. WU M.S., LIN J.T., WANG J.T., HUANG S.C., WANG C.Y., WANG T.H., 1993. Serum levels of pepsinogen I in healthy volunteers and patients with gastric ulcers and gastric carcinoma in Taiwan. *J. forms. med. Assoc.*, **92**: 711-716.
39. ZADNIK T., MESARIC M., 1999. Fecal blood level and serum proenzyme pepsinogen activity of dairy cows with abomasal displacement. *Isr. J. vet. Med.*, **54**. [http://www.isrvma.org/article/54\\_3\\_2.htm](http://www.isrvma.org/article/54_3_2.htm) (consulted on 11/07/05).

Reçu 16.01.2006, accepté le 16.05.2006

## Résumé

**Sidikou D.I., Remy B., Beckers J.F.** Développement du dosage radioimmunologique du pepsinogène A bovin

Le pepsinogène A est le zymogène le plus abondant présent dans la circulation sanguine des ruminants, et son dosage enzymatique est utilisé pour établir un diagnostic lors de lésions digestives. La présente étude a été menée pour mettre au point un dosage radioimmunologique (RIA) spécifique du pepsinogène A plasmatique chez les bovins. Les auteurs ont purifié en grandes quantités trois isoformes non dénaturées, possédant une activité élevée, du pepsinogène A bovin. Ces préparations homogènes ont été utilisées pour la production d'antisérums spécifiques chez des lapins Blancs Néozélandais, et trois antisérums avec des titres élevés ont été obtenus. Dans la présente étude l'antisérum n° 822 a été utilisé à une dilution finale de 1/250 000. La limite de détection du dosage a été de 20 ng/ml et l'exactitude a été comprise entre 85,5 et 103,3 p. 100. Les coefficients de variation intradosage (répétabilité) et inter-dosages (reproductibilité) ont été inférieurs respectivement à 6,6 et 13,4 p. 100. La capacité du RIA à détecter le pepsinogène A dans le sang a été évaluée en mesurant ses concentrations plasmatiques chez le veau (n = 6) de la naissance à 4 mois d'âge. La valeur moyenne du pepsinogène A (moyenne ± déviation standard) dans le plasma des veaux a été de 2 071 ± 752 ng/ml à un jour d'âge. Cette concentration a diminué progressivement pour atteindre environ 1 196 ± 307 ng/ml à 21 jours et 677 ± 109 ng/ml à 120 jours. La présente étude rapporte pour la première fois la mesure par RIA des concentrations du pepsinogène A chez les bovins. D'autres études utilisant cette technique devraient être réalisées afin de confirmer ces valeurs et de déterminer les niveaux du pepsinogène A chez des bovins plus âgés dans différentes conditions physiologiques et pathologiques, comme les infestations par les parasites gastro-intestinaux.

**Mots-clés :** Bovin – Pepsinogène – Technique radioimmunologique – Plasma sanguin.

## Resumen

**Sidikou D.I., Remy B., Beckers J.F.** Desarrollo de un radio inmunoensayo para el pepsinógeno bovino A

El pepsinógeno A es el cimógeno más abundante de la sangre y su medida enzimática se utiliza para el diagnóstico de lesiones gástricas. El presente estudio se llevó a cabo para desarrollar un radioinmuno ensayo (RIA) específico al pepsinógeno A en el plasma bovino. Los autores purificaron grandes cantidades de tres iso-formas no desnaturalizadas del pepsinógeno bovino A, con gran actividad proteolítica. Estas preparaciones homogéneas se utilizaron para producir un anti suero específico en conejos Blancos de Nueva Zelanda y se obtuvieron tres anti sueros con altos títulos. En el presente ensayo se utilizó el anti suero No 822 a una dilución final de 1/250 000. El límite de detección del ensayo fue de 20 ng/ml y la recuperación varió de 85,5 a 103,3%. La repetibilidad (coeficiente de variación intra ensayo) fue menor de 6,6%, mientras que la reproducibilidad (coeficiente de variación inter ensayo) fue de 13,4%. La capacidad el RIA para detectar el pepsinógeno A en la sangre fue probada mediante la medida de las concentraciones en el plasma de terneros recién nacidos (n=6) en muestras en serie desde el nacimiento hasta cuatro meses de edad. El valor promedio de pepsinógeno A (promedio ± desviación estándar) en el plasma de los terneros fue de 2071 ± 752 ng/ml un día después del nacimiento. La concentración disminuyó progresivamente y fue de alrededor de 1196 ± 307 ng/ml al día 21 y de 677 ± 109 ng/ml al día 120. El presente estudio es el primer reporte de concentraciones de pepsinógeno A en el bovino, medido mediante radioinmuno ensayo. Deben realizarse más estudios con el RIA, con el fin de confirmar estos valores y determinar los niveles de pepsinógeno en animales más viejos en condiciones tanto fisiológicas como patológicas, tal como helmintosis gastrointestinales.

**Palabras clave:** Ganado bovino – Pepsinógeno A – Técnica radioinmunológica – Plasma sanguíneo.

# Quæ.com

Editions Cemagref, Cirad, Ifremer, Inra

<http://www.quae.com>

Visitez **www.quae.com**, nouveau site des éditions du Cemagref, du Cirad, de l'Ifremer et de l'Inra.

Ouvert le 2 janvier 2006, quae.com permet la consultation d'un catalogue commun qui regroupe plus de 900 titres édités par les quatre organismes, le suivi de l'activité éditoriale, la commande et le paiement sécurisé en ligne. Le site est entièrement bilingue français-anglais.

Les internautes peuvent s'inscrire à des listes de diffusion pour être avertis, en avant-première, des nouveautés à paraître dans les champs thématiques qu'ils ont sélectionnés. Ils peuvent faire part de leur avis sur les livres présentés et envoyer les fiches descriptives à leurs correspondants.

Un espace consacré aux auteurs fournit des informations pratiques pour la préparation et la soumission de leurs manuscrits. D'autres espaces professionnels sont dédiés aux libraires et éditeurs.

**Quae.com** est un nouveau pas dans la mutualisation des activités d'édition du Cemagref, du Cirad, de l'Ifremer et de l'Inra. Dorénavant, les quatre établissements coéditent leurs ouvrages dans de nouvelles collections communes et assurent collectivement la promotion, la commercialisation et la diffusion de leurs ouvrages.

Ce site ouvre également vers [www.symposcience.org](http://www.symposcience.org), le site commun du Cemagref, du Cirad, de l'Ifremer et de l'Inra, spécialisé dans la publication en ligne des actes de colloques.

Visit **www.quae.com**, the new CEMAGREF, CIRAD, IFREMER and INRA publications website.

The site was launched on 2 January 2006 and enables users to consult a joint catalogue of more than 900 publications from the four organizations, keep track of their publishing operations and place orders, with a secure online payment facility. It is entirely bilingual (French-English).

Users can sign up to receive advanced warning of upcoming publications in their chosen fields. They can comment on the books presented and send information sheets to their correspondents.

There is also a space for authors, with practical information on producing and submitting manuscripts, along with other spaces for booksellers and publishers.

**Quae.com** is a new step towards a merger of publication operations at CEMAGREF, CIRAD, IFREMER and INRA. From now on, the four organizations will be co-publishing their works in new joint collections and promoting, marketing and distributing them jointly.

The site also contains a link to [www.symposcience.org](http://www.symposcience.org), the joint CEMAGREF-CIRAD-IFREMER-INRA website specializing in the online publication of conference proceedings.

[www.quae.com](http://www.quae.com)



# Les minilaiteries comme modèle d'organisation des filières laitières en Afrique de l'Ouest : succès et limites

C. Corniaux<sup>1</sup> \* G. Duteurtre<sup>2</sup> P.N. Dieye<sup>3</sup>  
R. Pocard-Chapuis<sup>4</sup>

## Mots-clés

Vache laitière – Petite exploitation agricole – Production laitière – Rentabilité – Sénégal – Mali.

## Résumé

En Afrique de l'Ouest, les entreprises artisanales de collecte et de transformation du lait ont connu un essor sans précédent depuis les années 1990. Cet article vise à analyser les raisons de cet engouement mais aussi d'en mesurer les limites. Sur la base d'exemples pris notamment au Sénégal et au Mali, les auteurs montrent que la réussite des minilaiteries est à nuancer sur le plan de l'économie nationale. Elle l'est davantage encore sur le plan social, en particulier dans la rentabilité de ces opérations pour les populations pastorales initialement ciblées.

## ■ INTRODUCTION

En Afrique de l'Ouest, les minilaiteries connaissent un engouement certain depuis le milieu des années 1990. Appuyées par de nombreux projets de développement, ces entreprises artisanales apparaissent comme un moyen de dynamiser la filière du lait produit localement et de lutter contre la pauvreté rurale (1, 7, 9, 10, 14).

Après une dizaine d'années à l'épreuve du terrain, il semble possible d'apprécier la pertinence de ce modèle d'organisation des filières laitières africaines. L'objectif du présent article a été d'évaluer les échecs et les réussites de ces minilaiteries. Plus précisément, les auteurs ont cherché à estimer dans quelle mesure les deux objectifs initiaux étaient ou non atteints. La question directrice a été de savoir si la réussite des minilaiteries était réelle et à qui elle profitait. Pour ce faire, les auteurs ont entrepris de reconstituer l'histoire de cet essor, puis d'examiner la dimension de ce succès prétendu, pour ensuite en analyser les limites, notamment dans les retombées économiques et sociales en amont de la filière. Les exemples

ont été pris essentiellement au Sénégal et au Mali, deux pays à la pointe de cet engouement en Afrique de l'Ouest.

## ■ DU MODELE INDUSTRIEL AU MODELE ARTISANAL

### *Gloire et déclin du modèle industriel*

Pendant longtemps, le modèle de développement laitier promu en Afrique a favorisé l'installation de laiteries industrielles. Avant les indépendances, l'enjeu était de nourrir une population urbaine solvable, consommatrice de produits laitiers de type européen et exigeante en matière de qualité sanitaire. L'administration coloniale, encouragée par la deuxième révolution laitière<sup>1</sup>, n'hésita pas à promouvoir l'industrialisation. Il s'agissait alors d'adapter aux conditions africaines le modèle laitier moderne européen. Les autorités firent le choix d'un système d'économie mixte qui s'appuyait sur des fermes laitières spécialisées, souvent privées, et sur des structures de transformation industrielles, généralement publiques. En amont, on importa des vaches laitières, on installa des stabulations, on développa les cultures fourragères et la complémentarité alimentaire. En aval, on mit en place des systèmes de collecte avec chaîne du froid et on importa des usines. L'industrialisation fut promue avec une réussite relative dans plusieurs pays d'Afrique subsaharienne, notamment en Afrique de l'Ouest (13, 23).

<sup>1</sup> En Europe, la seconde révolution laitière correspondait à un mouvement de spécialisation des exploitations laitières après la Seconde Guerre mondiale. Elle a accompagné le développement des transports et de nouveaux procédés technologiques, notamment dans la conservation du lait.

1. Cirad, UPR Systèmes d'élevage, Montpellier, F-34000 France ; IER, Ségou, Mali.

2. Cirad, UPR Systèmes d'élevage, Montpellier, F-34000 France ; Isra, Dakar, Sénégal.

3. Isra, Dakar, Sénégal.

4. Cirad, UPR Systèmes d'élevage, Montpellier, F-34000 France ; Institut économie rurale, Sikasso, Mali.

\* Auteur pour la correspondance

Cirad, UPR Systèmes d'élevage, TA30/A, Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France.  
Tél. : +223 232 27 15 ; e-mail : corniaux@cirad.fr

En marge de ce modèle dominant, quelques unités de transformation de petite taille avaient été mises en place : beurreries, fromageries ou petits ateliers de pasteurisation. Ces entreprises, la plupart du temps gérées par des entrepreneurs et des missionnaires européens ainsi que par des commerçants libano-syriens, étaient destinées à valoriser le lait issu des fermes périurbaines de petite taille, mais surtout le « lait de brousse » commercialisé par les pasteurs ou les agropasteurs de la zone. Cependant, ce modèle de petites entreprises resta marginal. Les politiques s'intéressèrent surtout aux projets de réalisations plus ambitieuses, en dépit de réelles difficultés techniques que rencontraient les installations de grande taille (11, 15).

Dans les années 1960, les passages à l'indépendance aggravèrent les difficultés que connaissaient déjà bon nombre de ces fermes et de ces unités industrielles en raison de leur surdimensionnement (4, 14). Pour satisfaire aux nouvelles exigences politiques, la plupart des grandes unités industrielles furent nationalisées : le capitalisme d'Etat fut de mise. Les deux objectifs majeurs furent, d'une part, de proposer aux populations urbaines des produits bon marché et de bonne qualité sanitaire et, d'autre part, de servir de tremplin au développement de la production locale. Pour cela, les structures industrielles bénéficièrent d'un monopole sur le commerce des produits laitiers en zone urbaine. Ce modèle centralisé bénéficia dans les années 1970 des faveurs des institutions internationales comme le Programme alimentaire mondial des Nations unies (PAM), le Fonds des Nations unies pour l'enfance et la famille (Unicef), l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ou la Banque mondiale. Ainsi, en Afrique de l'Ouest, furent créés l'Union laitière de Bamako au Mali, l'Office du lait du Niger (Olani), et l'Union des coopérations laitières (Ucolait) au Sénégal. L'importation à bas prix ou le don de lait en poudre provenant des pays du Nord excédentaires étaient sensés doper les économies du Sud, sur le modèle de l'opération *flood* menée à cette époque en Inde (l'opération *flood* s'inscrivait dans le cadre d'une politique générale de développement de la transformation laitière dans les pays en développement, politique alors menée par les organisations internationales. L'objectif était, en créant des structures industrielles, de favoriser la production laitière de type moderne afin d'améliorer la couverture alimentaire des populations. A cette fin, outre une aide à l'investissement, au démarrage une aide à l'exploitation sous la forme d'une fourniture à bas prix de poudre de lait ou d'huile de beurre était proposée). Appliquée avec succès en Inde, l'expérience fut, c'est le moins que l'on puisse dire, beaucoup moins convaincante au Sénégal, au Mali ou au Niger. L'importation de poudre de lait, qui devait temporairement compenser la faible collecte de lait local, y devint en effet structurelle et l'approvisionnement local déficient. A cela se sont ajoutés de sérieux problèmes de gestion combinés à des pratiques plus ou moins frauduleuses (13, 22).

Les années 1980-90 furent marquées dans la plupart des pays par la mise en œuvre des programmes d'ajustement structurel qui conduisirent à privatiser la grande majorité des entreprises publiques. Les laiteries gouvernementales furent revendues ou cédées à des investisseurs privés qui s'engagèrent dans la réhabilitation de ces installations. La collecte et la distribution du lait furent libéralisées, et les laiteries perdirent leur monopole dans le commerce laitier. Cependant, ces nouvelles entreprises ont poursuivi les tendances des années précédentes en recourant massivement à l'importation de poudre de lait.

Dans ces conditions, le modèle industriel de collecte et de transformation fut progressivement délaissé par ceux qui entendaient promouvoir la production laitière locale. Certes, au contact de ces entreprises, les pratiques des éleveurs évoluèrent aussi bien dans l'intensification de la production du lait que dans sa commercialisation

sur un circuit formel (8). Les consommateurs urbains modifièrent aussi leurs habitudes alimentaires, le lait devenant un des produits de diversification de l'alimentation des populations des villes. Ces évolutions furent probablement favorables à la diffusion ultérieure de produits laitiers fabriqués localement (14). Dans de rares cas, des fermes laitières intensives développèrent leur activité et donnèrent même naissance à un secteur laitier industriel périurbain. Mais au total, on assista en Afrique de l'Ouest à l'échec de la plupart des tentatives de collecte du lait local par les industries laitières. Dans de rares situations, des industries réussirent à collecter le lait de brousse. Ce fut le cas notamment de Nestlé-Sénégal qui mit en place un système de collecte réfrigérée dans la région du Ferlo, destiné à approvisionner l'usine de Dakar. Ce système fonctionna entre 1991 et 2003. Toutefois notons qu'au cours de cette opération, Nestlé était sans doute plus motivé par la promotion de son image que par son intérêt économique dans la mesure où le lait local a toujours représenté moins de 5 p. 100 de la matière première conditionnée à Dakar (22).

C'est pourquoi, depuis le début des années 1990, la question de l'organisation des filières laitières se pose de manière relativement nouvelle. Dans un contexte de libéralisation des économies, de concurrence toujours vive sur le marché international et, en 1994, de dévaluation du franc CFA qui permit de renforcer la compétitivité du lait local, la littérature se mit à relever la richesse et la diversité des petites entreprises laitières (19). Soulignant les potentialités de la production laitière pour lutter contre la pauvreté rurale, plusieurs projets de développement s'intéressèrent à la mise en place d'unités de collecte de lait local de plus petite taille.

### Essor des minilaiteries

Dans les années 1990, on passa donc à un modèle plus modeste en apparence. Sous couvert du slogan fédérateur « *small is beautiful* », les petites unités artisanales furent promues comme le parangon du développement. La FAO, qui avait pourtant soutenu le modèle industriel, joua un rôle déterminant dans la diffusion et dans l'adoption de cette nouvelle stratégie, grâce à sa participation à un grand nombre de projets de développement et à la publication de plusieurs documents d'appui technique (17, 18). Plusieurs institutions de développement et ONG, comme le CTA<sup>1</sup>, la FAO/OAA ou le Gret<sup>2</sup> (16, 21), s'impliquèrent aussi directement dans cette dynamique.

Les années 1990 furent ainsi marquées par l'essor des entreprises laitières privées de petite taille. Depuis, la diversité est grande et en relation avec les contextes locaux : fromageries artisanales, petites entreprises modernes, ateliers artisanaux de beurre, minilaiteries (13). En Afrique de l'Ouest, le développement des minilaiteries artisanales est sûrement le plus remarquable. D'une capacité variant de 25 à 300 l/j, ce qui ne correspond pas toujours à leur production effective, elles collectent localement leur lait. Situées généralement à proximité d'une zone urbaine offrant des opportunités de commercialisation sur des marchés plus larges et plus rémunérateurs, elles proposent le plus souvent du lait fermenté. Leur équipement sommaire comprend notamment du matériel de pasteurisation et de refroidissement. En outre, les réfrigérateurs ou les congélateurs permettent un stockage limité en volume et dans le temps.

Soutenues par différents projets, les minilaiteries se sont multipliées notamment dans les villes secondaires. Au Sénégal, leur essor est flagrant aussi bien au Nord dans la région de Saint-Louis (1, 7) qu'au Sud dans les zones de Kolda, Tambacounda et Vélingara (10). Au Mali, les minilaiteries *Danaya Nono* se sont imposées dans plusieurs villes secondaires réparties à travers le pays : Niono,

<sup>1</sup> Centre technique pour l'agriculture et la coopération rurale

<sup>2</sup> Groupe de recherches et d'échanges technologiques

Koutiala, Mopti, San et Fana (9). Elles ont parfois aussi échoué comme à Sikasso et à Ségou. Les minilaiteries se sont enfin développées autour des capitales, comme Bamako, Banjul, Dakar, Niamey ou Ouagadougou (19, 20). Leur marché potentiel est alors plus important et leurs capacités de collecte s'élèvent en conséquence à plusieurs centaines de litres de lait par jour. Afin de rester à proximité des zones de production, elles sont néanmoins confrontées au problème d'urbanisation qui les éloigne du centre urbain de consommation. Elles doivent alors se doter de moyens de transport coûteux, ce qui impose un niveau de collecte plus élevé que dans les villes secondaires : nous sommes ici à la transition avec le modèle industriel.

Ces derniers exemples interrogent quant à la réussite du modèle. En effet, au delà des discours optimistes de leurs promoteurs, des chiffres prometteurs décrivant leur expansion, dans quelle mesure les minilaiteries sont-elles vraiment un succès ?

## ■ REUSSITE RELATIVE DES MINILAITERIES

### *Bases du succès*

Les conditions d'émergence des minilaiteries varient en fonction des contextes. Néanmoins il existe certaines constantes dans leur mise en place et leur développement. Ainsi, elles se positionnent toutes sur des créneaux commerciaux en émergence (3). La dynamique actuelle de la consommation urbaine en est le moteur principal. Elles visent par exemple les nouveaux usages ménagers et la restauration hors foyer (14). Si les stratégies commerciales des minilaiteries apparaissent bien peu formalisées, elles ne s'appuient pas moins sur une intuition ou une expérience robuste qui conduisent à une recherche élaborée sur les produits, les prix et le conditionnement, et à une adaptation aux conditions de consommation. Ainsi, le produit phare est le lait caillé sucré vendu dans un sachet d'environ un quart de litre à un prix avoisinant 100 Fcfa, c'est-à-dire à la portée de revenus faibles. Certaines entreprises se sont lancées dans la production de lait pasteurisé, de yaourt et, plus récemment, de beurre et de fromage.

### *Force des minilaiteries : contractualisation avec l'amont*

L'expérience des minilaiteries est intéressante sur le plan de l'intensification des systèmes d'élevage, de la trésorerie familiale et de la sécurisation des flux de produits. En effet, ces initiatives privées, souvent dirigées par des femmes, induisent de nouveaux comportements et de nouvelles pratiques chez les éleveurs. La complémentarité alimentaire et le suivi vétérinaire des animaux laitiers se généralisent (1, 7). Bien que la manipulation (source de contamination) des produits s'accroît, la qualité sanitaire du lait collecté s'améliore par la filtration du lait trait et une limitation des délais de transport (2). Les pratiques frauduleuses de mouillage ou d'ajout de lait en poudre disparaissent. Des revenus supplémentaires sont parfois dégagés. Mais, c'est sans doute davantage la sécurisation de ce revenu qui est recherchée. Le prix d'achat du lait et, plus rarement, les quantités à livrer sont ainsi négociés chaque année entre la structure de collecte et les représentants des producteurs.

C'est dans la contractualisation que les minilaiteries consolident avec une réelle efficacité leur position. Elle peut ainsi être définie avec des groupements d'éleveurs ou au sein des minilaiteries qui produisent elles-mêmes leur lait par le biais des membres de leur groupement d'intérêt économique (7, 10, 12). Cette contractualisation souvent non écrite repose sur la confiance, la réputation et les réseaux de relations entre les gérants propriétaires et les éleveurs. Les contrats permettent d'assurer un approvisionnement minimum

qui reste néanmoins parfois insuffisant. Afin de limiter les problèmes d'approvisionnement et de préserver leur offre, certaines minilaiteries ont recours au lait en poudre.

## ■ LIMITES DE CE DEVELOPPEMENT

### *Risques de saturation du marché*

La probable poursuite de l'élargissement du marché, compte tenu de l'accroissement démographique, de l'urbanisation, des changements des habitudes alimentaires (14, 15) et ponctuellement de l'augmentation du pouvoir d'achat, semble *a priori* représenter un gage de réussite et de durabilité pour ces petites structures souples et adaptables. Mais il faut ici moduler l'enthousiasme des promoteurs éventuels. En Afrique de l'Ouest, la croissance de la demande s'observe essentiellement dans les capitales des Etats (19). Or les minilaiteries sont généralement situées dans les régions, là où est produit le lait. Si la faiblesse des investissements est un atout pour la création ou les capacités d'adaptation de ces structures, elle limite considérablement leurs potentialités d'exportation vers les capitales. Autrement dit, leur unique marché est celui des capitales régionales. C'est le cas au Mali et au Sénégal où la situation est favorable tant que le marché absorbe la production. En revanche, elle se dégrade en cas de multiplication des initiatives privées. Ainsi, à Niono au Mali (12) et à Kolda au Sénégal (10) la forte dynamique dans la mise en place de minilaiteries conduit déjà à une situation de saturation du marché local. La concurrence exacerbée met alors en danger nombre d'entre elles (aussi bien pour le marché visé que pour l'approvisionnement en lait frais).

D'ailleurs, les conditions de concurrence (encadré 1) ne sont pas toujours équitables : en l'absence de normes précises (13),

#### *Encadré 1*

Y a-t-il concurrence entre les filières informelle et formelle ? *A priori*, rien ne semble moins sûr. Le lait caillé peut être un produit typé bien identifiable. En l'absence de brassage, il se présente sous forme de grumeaux de tailles variables surageant dans le petit lait. Cet aspect rebute un nombre croissant de consommateurs urbains, en particulier les enfants familiarisés aux nouveaux produits laitiers. En outre son conditionnement ne peut pas être confondu avec celui des minilaiteries : le lait caillé des minilaiteries se présente en sachets d'un demi ou d'un quart de litre alors que le lait peut être généralement vendu à la louche. En somme, bien qu'ils portent le même nom, les produits sont différents. Les circuits de commercialisation le sont également. Il arrive que des vendeuses peules proposent les produits de la minilaiterie. C'est le cas à Richard-Toll, au Sénégal, ce qui peut créer une certaine confusion dans l'esprit du consommateur. Pour le consommateur, le lait caillé des minilaiteries peut être perçu davantage comme un dessert ou une confiserie. Le lait caillé peut être plus dans la confection du petit déjeuner ou des plats traditionnels (Corniaux, 2003, Cirad-émvt). Pourtant, il ne faudrait pas ignorer une certaine substitution. Paradoxalement, elle est clairement au profit du lait caillé peut dans la vallée du fleuve Sénégal. En hivernage, son abondance et son prix entraînent même un arrêt de production dans la minilaiterie de Richard-Toll. Cet avantage ne semble toutefois pas aussi décisif dans des régions où les populations traditionnellement consommatrices de lait sont minoritaires.

les laiteries peuvent incorporer du lait en poudre importé de qualité variable dans leurs produits, dont le prix de revient est ainsi abaissé ; la pratique est courante en période sèche en raison de la saisonnalité de la production locale. Mais, à l'encontre de toute idée de développement de l'offre locale, toutes les minilaiteries ne sont pas tenues contractuellement de limiter cette incorporation. Ainsi, des transformateurs vendent du lait caillé produit exclusivement à base de lait en poudre mais avec le conditionnement du lait produit localement. C'est le cas de *Soowu Saloum* dans plusieurs villes du Sénégal (7). Il est évident que les pouvoirs publics, désireux d'affirmer une réelle volonté politique de développer la production locale, devront au plus vite légiférer dans ce domaine (normes d'incorporation de lait en poudre, appellations contrôlées, étiquetage).

La situation est d'autant plus délicate que les marges des minilaiteries sont relativement réduites. En effet, le prix d'achat au producteur demeure élevé en s'alignant sur les prix du marché traditionnel (de l'ordre de 200 à 250 Fcfa). D'autre part, le prix de vente doit tenir compte des produits concurrents, notamment ceux issus du lait en poudre. Enfin, les produits proposés, tels que le lait frais, le lait caillé ou le *féné*, ont subi peu de transformations. Les produits offrant une meilleure valorisation, les yaourts ou le fromage, sont quant à eux peu commercialisés à ce jour. La situation serait somme toute moins préoccupante si les volumes mis sur le marché étaient plus conséquents.

**Faibles quantités collectées**

L'aspect le plus controversé est sans doute l'impact économique effectif de ces minilaiteries pour l'amont des filières laitières. A l'échelle d'un pays, le constat est sans appel. Diallo (9) note qu'au Mali les quantités collectées par ces minilaiteries, de l'ordre de 300 t de lait par an, « sont encore insignifiantes et par là même ont un effet faible sur l'économie nationale ». La production laitière bovine commercialisable est en effet estimée à 120 000 tonnes de lait par an au Mali (9). La situation n'est guère plus reluisante au Sénégal mais demeure contrastée. Ainsi dans la région de Saint-Louis, la collecte par les sept minilaiteries en activité représente à peine 10 t d'équivalent lait par an alors que la production régionale est de l'ordre de 15 à 20 000 t (figure 1). En outre, le marché de

Saint-Louis n'est pas concerné par cette production qui n'est vendue que dans des villes secondaires comme Richard-Toll, Podor, Matam et Mpal. Au sud du Sénégal, les quantités collectées sont encore très modestes par rapport au potentiel de production. En revanche, la part sur les marchés des villes de Kolda, Tambacounda ou Vélingara est de plus en plus importante puisqu'elle atteint presque 95 p. 100 de l'offre en saison sèche (10).

Le nombre de livreurs concernés est lui aussi limité. A titre d'exemple, dans la région de Saint-Louis le nombre de livreurs <sup>1</sup> par laiterie varie de 1 à 30. A Niono, il ne dépasse pas le seuil de 50. De surcroît, les rayons de collecte sont réduits par les conditions rudimentaires de transport (vélo ou charrette). Au Sénégal, ils dépassent rarement les dix kilomètres et, bien souvent, la collecte se concentre uniquement dans la zone périurbaine, voire urbaine, des villes secondaires concernées. Au Mali ou au Burkina, ils peuvent toutefois atteindre une vingtaine de kilomètres le long des axes routiers quand les déplacements sont motorisés.

Bien sûr, la marge de progression des minilaiteries demeure importante, notamment du point de vue des quantités transformées par rapport au potentiel de production local et par rapport à leur niveau d'investissement. Mais la réussite des minilaiteries est donc à nuancer sur le plan de l'économie nationale. Elle l'est peut-être davantage encore sur le plan social.

■ A QUI PROFITE LA MODIFICATION DES CIRCUITS DU LAIT ?

En l'absence d'une structure de collecte, la vente du lait est le monopole des Peules qui proposent du lait caillé et parfois de l'huile de beurre. C'est ce que l'on appelle le circuit informel (19). La mise en place des minilaiteries le modifie inévitablement. Le discours officiel

<sup>1</sup> Un livreur collecte généralement le lait, ou plus exactement, une partie du lait produit dans un campement ou une concession. Un livreur peut par conséquent représenter plusieurs ménages, notamment chez les Peuls, échelle à laquelle est géré l'argent du lait (8).

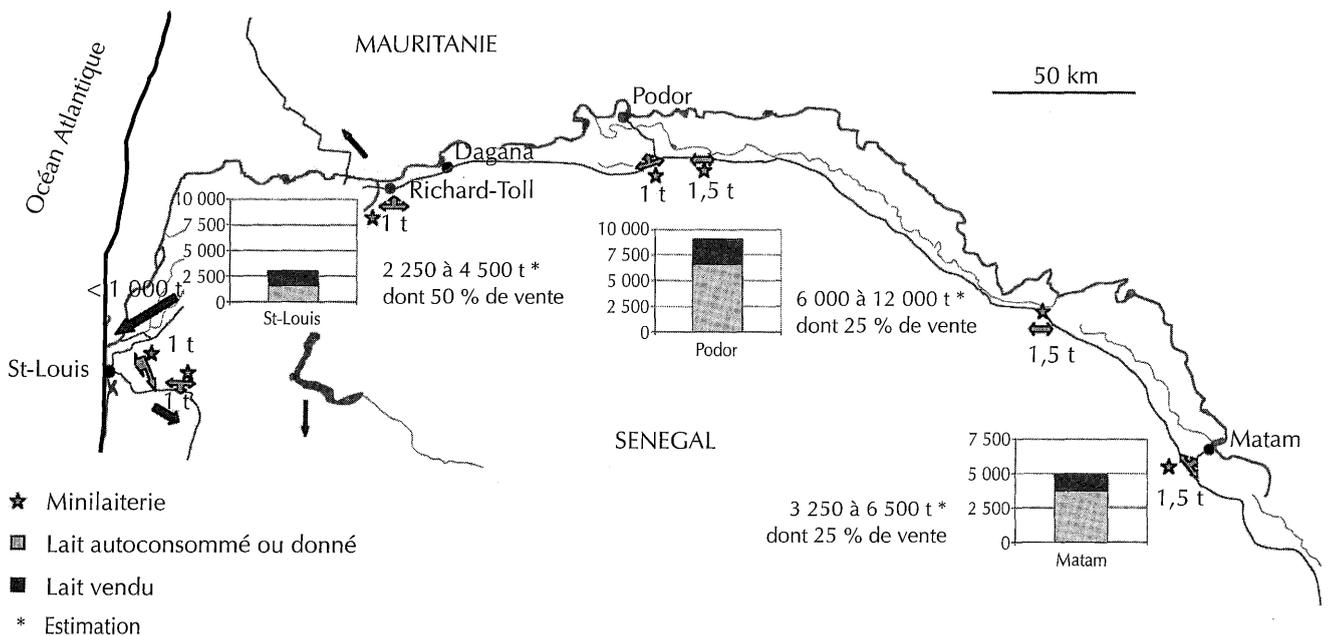


Figure 1 : comparaison de la production locale et de la collecte de lait de vache par les minilaiteries dans la région de Saint-Louis (en tonnes équivalent lait par an) (Corniaux, 2003, www.laitsain.com).

des promoteurs de ce type de collecte relate bien souvent une louable intention, d'une part, de développer la production locale et, d'autre part, de lutter contre la pauvreté en milieu rural (notamment celle des femmes peules). Qu'en est-il dans la pratique ? En amont, qui profite de la mise en place des minilaiteries ?

### Des pasteurs aux agropasteurs

Pour leur approvisionnement, les responsables des minilaiteries ont deux soucis majeurs. Le premier concerne la qualité sanitaire de la collecte, le second est relatif à la régularité de l'approvisionnement. Les deux conduisent à réduire le rayon d'action des collecteurs.

Le lait est un produit hautement périssable. En l'absence de systèmes de réfrigération (le système de conservation à la lactopéroxydase, préconisé par la FAO, est encore peu utilisé dans les minilaiteries), la qualité sanitaire dépend de la contamination initiale mais aussi de la rapidité de son transport (2). Les rayons de collecte sont par conséquent réduits. Ils dépendent de la capacité de production des opérateurs et des moyens de transport, motorisés ou non. Aussi, les éleveurs éloignés de plus d'une dizaine de kilomètres de la laiterie ou d'un axe routier sont *de facto* exclus. Dès lors, on comprend aisément que les pasteurs soient peu nombreux à pouvoir bénéficier d'une telle collecte (figure 1).

Par ailleurs, afin d'assurer la constance de cette collecte, des contrats sont passés entre producteurs laitiers et responsables de l'entreprise. Le prix à payer et les quantités à livrer sont ainsi sécurisés pour les deux signataires. Un effet induit de cette contractualisation est la sédentarisation de tout ou d'une partie du troupeau laitier et des familles de producteurs. Autrement dit, les pasteurs transhumants, et *a fortiori* les nomades, sont exclus du système du fait de leur mobilité et de leur éloignement des points de collecte.

La sédentarisation d'éleveurs peuls ou maures autour des villes secondaires, sédentarisation liée à la diversification des activités (notamment à la pratique de l'agriculture pluviale ou irriguée), a bien souvent précédé la mise en place des minilaiteries. Ces dernières s'appuient, au moins au départ, sur le potentiel laitier de ces agropasteurs pour initier leur collecte. Mais un autre phénomène se développe actuellement. Les agriculteurs du bassin arachidier sénégalais, cotonnier malien et des systèmes rizicoles irrigués (vallée du fleuve Sénégal, delta intérieur du Niger) ont thésaurisé dans l'élevage bovin. Même lorsqu'ils confient leurs troupeaux, ils sont eux aussi devenus des agroéleveurs. Sédentarisés, situés à proximité du lieu de la transformation, disposant d'un potentiel animal laitier et de possibilités d'affouragement toute l'année, ils représentent les candidats idéaux pour la laiterie. Ainsi, à Niono, là même où le potentiel animal est considérable avec la proximité du Macina, haut lieu de transhumance et d'élevage au Mali, la collecte de lait est exclusivement issue de producteurs dont l'activité dominante est l'agriculture. Cette évolution n'est pas neutre. Des conflits se multiplient entre les bergers salariés, souvent Peuls, et les propriétaires des troupeaux. Ces derniers retirent en effet des vaches en production du lot confié, s'octroyant ainsi le lait, mode de paiement traditionnel des bergers. Lésés de leur rémunération en nature, ils contestent cette marginalisation. Afin de limiter les points de friction, un équilibre est souvent trouvé dans la traite d'un nombre réduit de laitières nourries à l'auge chez le propriétaire et dans une rémunération supplémentaire et monétarisée du berger.

### De l'usufruitier du lait au propriétaire des animaux laitiers

La mise en place d'une structure de collecte, qu'elle soit artisanale ou industrielle, induit une redistribution des flux laitiers au niveau des concessions d'élevage. Chez les néoproduiteurs laitiers

(wolofs, bambaras, toucouleurs, miniankas...), comme vu précédemment, la gestion du lait passe partiellement du berger peul aux propriétaires des troupeaux, généralement les chefs de concession.

Chez les Peuls, les modifications sont plus subtiles mais aussi plus profondes sur le plan social. De nombreux auteurs notent en effet que l'argent du lait, traditionnellement géré par les femmes, est réorienté au profit des hommes (5, 12). Les facteurs sont multiples. Cependant, il est au fond question de droit sur le lait, de statut des animaux laitiers et de pouvoir au sein des concessions (encadré 2).

Dans les deux cas, l'intérêt économique suscité par l'opportunité de vendre du lait à une structure de collecte remet en question un droit sur le lait, certes tacite mais garant d'une stabilité sociale inter et intra groupes. La séparation entre la propriété de l'outil de production (les vaches) et l'usage du produit (le lait) est ici au cœur d'une renégociation de l'allocation de l'argent du lait. L'évolution se fait indubitablement au profit des propriétaires des animaux. Mais il faut rester nuancé tant l'équilibre des concessions des éleveurs relève du partage de cet argent. Ainsi, le berger salarié préserve un noyau laitier confié et les femmes peules continuent de percevoir en partie les sommes reçues par leurs maris à la minilaiterie (8). En d'autres termes, il est nécessaire de bien distinguer le droit sur les animaux et le droit sur le lait. Le changement fondamental se situe finalement dans la perte du contrôle exclusif de l'argent du lait.

#### Encadré 2

On a recours à la notion d'« informel » pour définir le marché traditionnel du lait. En fait, il est d'abord opaque pour les hommes des concessions peules : ils ne connaissent pas la valeur du lait. Avec la mise en place d'une laiterie, la collecte et la vente deviennent beaucoup plus transparentes et induisent la prise de conscience par les hommes de l'importance financière du lait. Le paiement mensuel, qu'ils récupèrent désormais, ne fait que renforcer leurs présomptions initiales. Néanmoins, ce n'est probablement pas la perspective d'une rémunération supplémentaire qui motive le plus les maris. D'abord, les hommes de la concession ne veulent pas prendre le risque d'une traite accrue qui mettrait en danger les veaux et les vaches. Mais l'enjeu se situe sans doute au niveau de la relation entre un mari et son épouse. Il s'agit d'une relation de pouvoir au sein du foyer. Par sa nature contractuelle, le paiement du lait est à rapprocher d'un salaire que l'homme n'est assurément pas prêt d'abandonner sans concessions à sa femme. Une fois les besoins domestiques couverts, elle a en effet la possibilité d'utiliser les profits de la vente à des fins personnelles. Pour le mari, il s'agit donc de contrôler cette marge de liberté, y compris lorsqu'il prétend reverser intégralement l'argent perçu à sa(ses) femme(s), qui préserve(nt) toutefois son(leur) droit sur le lait. Il en a le pouvoir et il en use par le biais de l'allocation temporaire d'animaux laitiers dont il a la gestion (Corniaux, 2005, Thèse Doct.).

\* Du point de vue économique, les collectrices ont souvent plus intérêt à vendre du lait caillé sur le marché traditionnel. Cela résulte d'une vente en microdosettes et d'une commercialisation cumulée de lait caillé écrémé et de beurre alors que la minilaiterie achète au litre du lait frais entier (sans valorisation de la matière grasse).

## ■ CONCLUSION

Les minilaiteries connaissent un développement sans précédent depuis les années 1990. Leur essor aujourd'hui spontané dans certaines régions de l'Afrique de l'Ouest (Kolda, Niono, Saint-Louis) prouve leur vigueur et la dynamique de la filière lait. La production locale ne peut qu'être bénéficiaire d'un tel engouement, en dépit de la concurrence ou de la substitution éventuelle par le lait en poudre importé. En outre, elle engendre en aval de la collecte un début d'organisation formelle du marché, elle œuvre en faveur de la création, certes limitée, de nouveaux créneaux ou métiers du lait, et en amont elle accompagne l'intensification des pratiques.

Pourtant, on ne saurait ignorer que ces entreprises artisanales touchent un nombre réduit de producteurs, de surcroît tous établis en zone périurbaine voire urbaine. Le potentiel laitier national est largement sous-exploité dans la mesure où les populations pastorales sont exclues de l'espace de collecte. L'objectif de lutte contre la pauvreté en zone rurale n'est donc pas atteint. Plus encore, l'ambition implicite de lutter contre la pauvreté des femmes peules, principales détentrices du marché informel laitier, est considérablement réduite dans la mesure où, à l'échelle des concessions, les maris s'approprient bien souvent le contrôle de ce nouveau débouché. Finalement, ce sont des agroéleveurs sédentarisés qui profitent de la mise en place des minilaiteries, agroéleveurs dont le niveau de pauvreté n'est pas le plus critique eu égard à la diversification de leurs sources de revenus.

Au delà de ces considérations sur les bénéficiaires en amont de la filière, il semble qu'un nouveau danger guette les minilaiteries. Paradoxalement, elles pourraient être victimes de leur succès. Moins de dix ans après leur mise en place, certaines se retrouvent en effet dans des situations de concurrence exacerbée sur des marchés étroits et saturés comme à Kolda au Sénégal ou à Niono et Koutiala au Mali. Leur vulnérabilité dénote en fait leur incapacité à exporter leur production vers les marchés des grandes villes et, en premier lieu, ceux des capitales. Autrement dit, elles seraient victimes de leur enclavement commercial. Aussi, ne serait-il pas temps de réhabiliter le modèle industriel ? L'exemple probant de la laitière de Mauritanie (Tiviski), qui collecte environ 10 000 l/j auprès de centaines d'éleveurs dans la zone du delta du fleuve Sénégal depuis une dizaine d'années, atteste en effet qu'en dépit d'une production atomisée il n'est pas fatalement condamné à l'échec. Il n'empêche certes pas le contrôle de l'argent du lait par les hommes, ce qui n'est pas une singularité des minilaiteries, mais il présente l'indéniable avantage d'éviter l'écueil de la saturation marchande des villes moyennes et de la limitation géographique du réseau de collecte.

En d'autres termes, n'est-il pas urgent d'envisager un développement durable de la filière lait locale en s'appuyant à la fois sur les laiteries artisanales et industrielles ? N'aurait-on pas intérêt à y voir d'abord leur complémentarité économique et sociale plutôt que de se cantonner à un discours idéologique (*small is beautiful*) stérile, voire contre-productif ?

## BIBLIOGRAPHIE

1. BA DIAO M., TRAORE E.H., DIENG A., SALL C., SOW O.S., ONFI O.R., 2004. Petites entreprises de transformation et développement laitier dans la vallée du fleuve Sénégal. *Revue Afr. Santé Prod. Anim.*, **2** : 25-30.
2. BONFOH B., WASEM A., TRAORE A.N., FANE A., SPILLMAN H., SIMBE C.F., ALFAROUKH I.O., NICOLET J., FARAH Z., ZINSSTAG J., 2002. The milk microbiological contamination chain from the cow's udder to the selling point in Bamako, Mali. *Food Control*, **14**: 495-500.
3. BOUTONNET J.P., CERDAN C., 2004. Rôle des petites entreprises laitières dans le développement local. In : Compte-rendu de recherche financée par le fonds commun Inra-Cirad, Montpellier, France, atelier 7-8 sept. 2004. Montpellier, France, Cirad, 18 p.
4. BROKKEN J.P., SENAÏT SEYOU, Eds, 1992. In: Proc. Symposium Dairy marketing in sub-Saharan Africa, Addis Abeba, Ethiopia, 26-30 Nov. 1990. Addis Abeba, Ethiopia, ILCA, 392 p.
5. BRUGGEMAN H., PUGET F., TRAORE N., 2001. La gestion des produits laitiers chez les agropasteurs peuls de la périphérie de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). In : Duteurtre G., Meyer C., Eds, Actes atelier international Marchés urbains et développement laitier en Afrique subsaharienne, Montpellier, France, 9-10 sept. 1998. Montpellier, France, Cirad, p. 95-102. (Coll. Colloques)
6. CORNIAUX C., 2003. La filière lait et produits laitiers dans la région de Saint-Louis. Montpellier, France, Cirad-emvt, 52 p. + annexes.
7. CORNIAUX C., 2003. Organisation de la filière laitière dans la région de Saint-Louis du Sénégal : place des mini-laiteries. In : Séminaire Lait sain pour le Sahel, Bamako, Mali, 24 fév.-1 mars 2003. www.laitsain.com
8. CORNIAUX C., 2005. Gestion technique et gestion sociale de la production laitière : les champs du possible pour une commercialisation durable du lait – Cas des systèmes d'élevage actuels du delta du fleuve Sénégal. Thèse Doct., INA-PG, Paris, France, 242 p. + annexes.
9. DIALLO A., 2001. Organisation de la production, de la transformation et de la commercialisation des produits laitiers dans les villes secondaires du Mali. In : Duteurtre G., Meyer C., Eds, Actes atelier international Marchés urbains et développement laitier en Afrique subsaharienne, Montpellier, France, 9-10 sept. 1998. Montpellier, France, Cirad, p. 195-203. (Coll. Colloques)
10. DIEYE P.N., DUTEURTRE G., SISSOKHO M.M., SALL M., DIA D., 2003. La production laitière au sud du Sénégal. Saisonnalité de l'offre et permanences économiques. *Tropicicultura*, **21** : 142-148.
11. DUTEURTRE G., 1998. Compétitivité prix et hors-prix sur le marché de produits laitiers à Addis-Abeba (Ethiopie) : la production laitière face à ses nouveaux concurrents. Thèse Doct. Agroéconomie, Ecole nationale supérieure agronomique, Montpellier, France, 362 p.
12. DUTEURTRE G., 2000. L'organisation de la filière laitière autour de Niono. Rapport de mission. Montpellier, France, Cirad-emvt, 31 p.
13. DUTEURTRE G., 2004. Normes exogènes et traditions locales : la problématique de la qualité dans les filières laitières africaines. *Cah. Agric.*, **13**.
14. DUTEURTRE G., CORNIAUX C., BOUTONNET J.P., 2003. Baisse de la consommation des produits laitiers en Afrique subsaharienne : mythe ou réalité ? *Rencontres Rech. Ruminants*, **10** : 323-326.
15. DUTEURTRE G., KOUSSOU M.O., SOULEYMAN E.N., 2003. Les bars laitiers à N'Djamena : des petites entreprises qui valorisent le lait local. In : XI<sup>e</sup> Colloque Méga-Tchad, Ressources vivrières et choix alimentaires dans le bassin du lac Tchad, Nanterre, France, 20-22 nov. 2002.
16. JACQUINOT M., 1986. Le point sur les minilaiteries. Paris, France, Gret, 133 p.
17. LAMBERT J.C., 1988. La transformation laitière au niveau villageois. Rome, Italie, FAO, 73 p. (Production et santé animales)
18. LAMBERT J.C., SOUKEHAL A., 1994. Amélioration de la technique du fromage tchoukou au Niger. *Revue mond. Zootech.*, **79** : 34-45.
19. METZGER R., CENTRES J.M., THOMAS L., LAMBERT J.C., 1995. L'approvisionnement des villes africaines en lait et produits laitiers. Rome, Italie, FAO, 105 p. (Production et santé animales n° 124)
20. MUNSTERMANN S., SOMDA J., KAMUANGA M., HEMPEN M., UNGER F., CARAYOL D., 2004. Small scale milk transformation to enhance value added milk production from the local dairy sector of the peri-urban markets in the Gambia. *Sahelian Stud. Res.*, No 8-9: 133-140.
21. SANOGO M., 1994. Créer une petite fromagerie : expériences et procédés. Paris, France, Gret, 95 p.
22. VATIN F., 1996. Le lait et la raison marchande. Essais de sociologie économique. Rennes, France, Presses universitaires de Rennes, 205 p.
23. WALSH M.J., GRINDLE J., NELL A., BACHMANN M., 1991. Dairy development in sub-Saharan Africa: a study of issues and options. Washington DC, USA, World Bank, 94 p. (Technical paper No 135)

Reçu le 06.02.2005, accepté le 17.02.2006

## Summary

**Corniaux C., Duteurtre G., Dieye P.N., Pocard-Chapuis R.**  
The Mini Dairy Farm as a Model for the Organization of the Dairy Subsector in West Africa: Strong Points and Limitation

In West Africa, milk collection and transformation farms have taken on a new lease of life since the 1990s. The article aims at analyzing the reasons for this interest, and to measure its limits. Based on examples from Senegal and Mali in particular, the authors show that this apparent success may be all relative when checked at the national economy level. But this success is still today obvious at the social level, especially in terms of profitability to the initially targeted pastoral populations.

**Keywords:** Dairy cow – Small farm – Milk production – Profitability – Senegal – Mali.

## Resumen

**Corniaux C., Duteurtre G., Dieye P.N., Pocard-Chapuis R.**  
Las mini lecherías como modelo de organización de las filiares lecheras en Africa del Oeste: éxitos y limitaciones

En Africa del Oeste las empresas artesanales de recolección y de transformación de leche conocieron una promoción sin precedentes desde los años 1990. Este artículo se enfoca hacia un análisis de las razones de este furor, así como también la medida de las limitaciones. Sobre la base de ejemplos tomados principalmente en Senegal y Malí, los autores muestran que el éxito de las mini lecherías debe relativizarse sobre el plan económico nacional. Y aún más desde el punto de vista social, en particular en cuanto al beneficio de estas operaciones para las poblaciones pastorales, a las que se apuntó originalmente.

**Palabras clave:** Vaca lechera – Explotación en pequeña escala – Producción lechera – Rentabilidad – Senegal – Malí.



<http://www.symposcience.org/>

Le site **SympoScience** est le support commun au Cemagref, au Cirad, à l'Ifremer et à l'Inra pour la diffusion en ligne, dans le cadre de leur mission de diffusion de la connaissance scientifique et technique, des actes de leurs colloques, séminaires, congrès et symposiums. Il propose également des colloques organisés par d'autres partenaires et portant sur des thématiques communes ou proches.

### Les missions des organismes

Le Cemagref, le Cirad, l'Ifremer et l'Inra sont quatre organismes publics français de recherche :

- sur l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement (Cemagref) ;
- sur le développement durable des pays tropicaux et subtropicaux (Cirad) ;
- sur l'exploitation durable de la mer (Ifremer) ;
- sur l'agriculture, l'alimentation et la sécurité alimentaire, l'environnement et la gestion des territoires (Inra).

### Les coordonnées et sites web des organismes

#### Cemagref

Délégation aux systèmes d'information et à la communication  
BP 44 - 92163 Antony Cedex  
Tél. : +33 (0)1 40 96 62 85 - Fax : +33 (0)1 40 96 61 64  
<http://www.cemagref.fr/index.asp>



#### Cirad

Direction de l'innovation et de la communication (DIC)  
Délégation à la communication  
TA 173/05  
Avenue Agropolis,  
34398 Montpellier Cedex 5  
Tél. : +33 (0)4 67 61 58 00 - Fax : +33 (0)4 67 61 59 86  
<http://www.cirad.fr/fr/index.php>



#### Ifremer

155, rue Jean-Jacques Rousseau  
92138 Issy-les-Moulineaux Cedex  
Tél. : +33 (0)1 46 48 21 00 - Fax : +33 (0)1 46 48 21 21  
<http://www.ifremer.fr/>

#### Inra

Inra Éditions  
RD 10  
78026 Versailles Cedex  
Tél. : +33 (0)1 30 83 34 06 - Fax : +33 (0)1 30 83 34 49  
<http://www.inra.fr/>



# Qualité sanitaire du lait cru tout au long de la filière dans le district de Mbarara et la ville de Kampala en Ouganda

N. Grillet<sup>1,2</sup> P. Grimaud<sup>1,2\*</sup> G. Loiseau<sup>3</sup>  
M. Wesuta<sup>4</sup> B. Faye<sup>2</sup>

## Mots-clés

Lait – Qualité – Hygiène des aliments – Contamination biologique – Préservation – Ouganda.

## Résumé

La qualité sanitaire du lait cru est une problématique importante en Ouganda, tant pour des raisons socio-économiques que sanitaires. L'étude conduite sur la filière informelle du lait cru en Ouganda a mis en évidence deux principaux points critiques pour la qualité du lait : le manque d'hygiène du lieu de production au lieu de consommation, et l'absence de système efficace de conservation limitant le développement des bactéries pendant le transport vers Kampala. La charge microbienne a atteint en effet des niveaux très élevés, proche de  $2 \times 10^6$  unités formant colonie par millilitre sur le lait de ferme dans le bassin laitier de Mbarara au sud-ouest du pays, que le transport vers la capitale Kampala a multiplié par un facteur d'environ 150. Il existe, au sein de cette filière informelle, des unités artisanales dites de pasteurisation. Le lait qu'elles produisent est certes exempt de bactéries à sa sortie mais la conservation sur plusieurs jours de ce produit surchauffé pourrait rendre ce procédé plus dangereux que bénéfique. Ces constats doivent alerter tous les acteurs de la filière informelle sur la nécessité de mettre en œuvre une stratégie d'amélioration de la qualité du lait, à la fois par une modification des pratiques courantes pour qu'elles deviennent plus respectueuses de l'hygiène, et par une amélioration de la conservation du lait au moyen de technologies telles que la réfrigération, la pasteurisation à petite échelle ou encore l'utilisation du système lactoperoxydase. Cette étude a permis d'acquies des bases techniques et scientifiques pour appuyer les actions visant à améliorer la qualité du lait cru en Ouganda. Quelle que soit la stratégie qui sera adoptée par les autorités, elle ne pourra être mise en œuvre que si elle implique l'ensemble des acteurs de la filière.

## ■ INTRODUCTION

En Ouganda, pays largement rural (80 p. 100 de la population active), l'élevage représente, après les céréales, le second poste dans la constitution du produit intérieur brut agricole ; il est par ailleurs majoritairement représenté (50 p. 100) par la production bovine laitière (1). Le secteur laitier présente dans ce pays une

dynamique très forte, liée aux conditions générales de l'évolution de la demande en Afrique subsaharienne (15). Pour répondre à cette demande, la production laitière ougandaise n'a cessé d'augmenter depuis une dizaine d'années. On estime aujourd'hui que 900 millions de litres sont produits par an au niveau national, dont 70 p. 100 seraient commercialisés au travers d'une filière formelle (produits transformés) et d'une filière informelle (lait cru).

1. Cirad, UPR Systèmes d'élevage, université de Makerere, Kampala, Ouganda.  
2. Cirad, UPR Systèmes d'élevage, Montpellier, F-34000 France.  
3. Cirad, UPR Qualité des aliments tropicaux, Montpellier, F-34000 France.  
4. Mbarara University of Science and Technology, Mbarara, Uganda.

\* Auteur pour la correspondance  
Cirad, UPR Systèmes d'élevage, TA 30/A, Campus international de Baillarguet,  
4398 Montpellier Cedex 5, France.  
Tél. : +256 41 342 120 ; fax : +256 41 342 355  
E-mail : patrice.grimaud@cirad.fr

Toutefois, le secteur laitier connaît des problèmes de qualité liés essentiellement à la prédominance de la filière informelle. En effet, le lait cru (vendu exclusivement sur le marché informel) représente aujourd'hui 80 à 90 p. 100 du lait commercialisé en Ouganda. Ce phénomène est lié à plusieurs facteurs : (i) les consommateurs privilégient le lait cru, pour des raisons de goût et de prix (22) ; (ii) la filière formelle a beaucoup souffert du monopole de la Dairy Corporation, usine de transformation du lait gérée par l'Etat ;

(iii) la filière informelle s'est aujourd'hui organisée et propose la plupart du temps aux éleveurs des conditions d'achat bien plus intéressantes que les usines du secteur formel (12).

Le cheptel ougandais est, de plus, fortement affecté par des zoonoses majeures telles que la tuberculose ou la brucellose (16) dont la transmission par la consommation de lait cru représente un facteur de risque important. Le problème de la qualité sanitaire du lait dans la filière informelle se pose donc pour assurer la sécurité des consommateurs ougandais, pour maintenir le niveau économique du secteur laitier et pour permettre aux producteurs de crédibiliser leur produit (18). L'objectif de la présente étude visait à identifier les principaux points critiques tout au long de la filière, dans le but de proposer une stratégie d'action pour l'améliorer.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

L'étude a été menée dans le district de Mbarara, principal bassin de production laitière en Ouganda, et dans la capitale, Kampala, où le lait est acheminé et consommé (figure 1). Elle s'est déroulée de mai à octobre 2004, soit pendant la saison sèche. Dans le district de Mbarara, trois zones agroécologiques sont classiquement décrites : les zones pastorale, agropastorale et agricole (12, 18) qui abritent trois types d'élevage : (i) les élevages traditionnels, où les producteurs élèvent des animaux de race locale, les Ankolés, en race pure, présentant généralement une faible productivité (environ 1 à 3 l/j/vache) ; (ii) les élevages intermédiaires, avec des troupeaux composés d'animaux de races Ankolé indigène, Frisonne-Holstein, introduite dans le pays il y a une quinzaine d'années, ou de leurs métis (environ 3 à 5 l/j/vache) ; (iii) les élevages modernes où les éleveurs possèdent un troupeau majoritairement de race Frisonne-Holstein, en race pure à productivité plus forte (environ 5 à 7 l/j/vache).

Observation de la filière

La première partie de l'étude a consisté en une analyse de l'organisation de la filière qui s'est faite en deux phases. Des discussions

informelles avec les acteurs et des observations des déplacements de camions ont d'abord permis d'obtenir une première image de la filière et notamment des flux de distribution du lait cru. Par la suite, des entretiens ont été réalisés auprès des acteurs choisis pour le prélèvement des échantillons dans le but d'appréhender, d'une part, leur positionnement dans la filière et, d'autre part, leurs pratiques de gestion de l'hygiène. Ces informations ont permis de mieux comprendre les causes de dégradation de la qualité du lait au cours de son passage de la ferme au consommateur.

Plan d'échantillonnage

Les premières observations ont permis d'identifier les grandes étapes de la filière (figure 2) et ainsi de constituer la base du plan d'échantillonnage. Les unités de pasteurisation (septième niveau du plan d'échantillonnage) peuvent apparaître hors du sujet d'étude, focalisé sur la filière lait cru. Il est donc important de préciser que sont appelées « unités de pasteurisation » des structures récentes, entièrement imbriquées dans la filière informelle, et pratiquant un traitement thermique artisanal du lait (75 à 80 °C pendant deux heures). Elles ont été incluses dans le but d'analyser leurs effets en matière de qualité.

Les critères de choix retenus pour réaliser le plan d'échantillonnage (tableau I) proviennent des observations de la première phase et des études diagnostic réalisées préalablement (8, 12). Ils ont servi essentiellement d'appui pour quantifier le nombre d'échantillons à prélever à chaque niveau de la filière.

Au niveau des fermes, le nombre d'échantillons par zone agroécologique a été corrélé à la production totale de chacune d'elle. La répartition a aussi tenu compte des trois types d'élevages identifiés, avec une prise de 4, 6 et 5 échantillons, respectivement dans les élevages traditionnels, intermédiaires et modernes. Les élevages traditionnels n'ont pu être considérés qu'en zone pastorale, car ils sont pratiquement absents dans les deux autres zones.

Dans la zone agricole, seul le niveau de la ferme a été représenté, car la grande majorité du lait collecté est destiné au secteur formel. Le marché du lait cru dans cette zone reste donc limité à un niveau très local et n'influence pas la qualité du lait allant à Kampala.

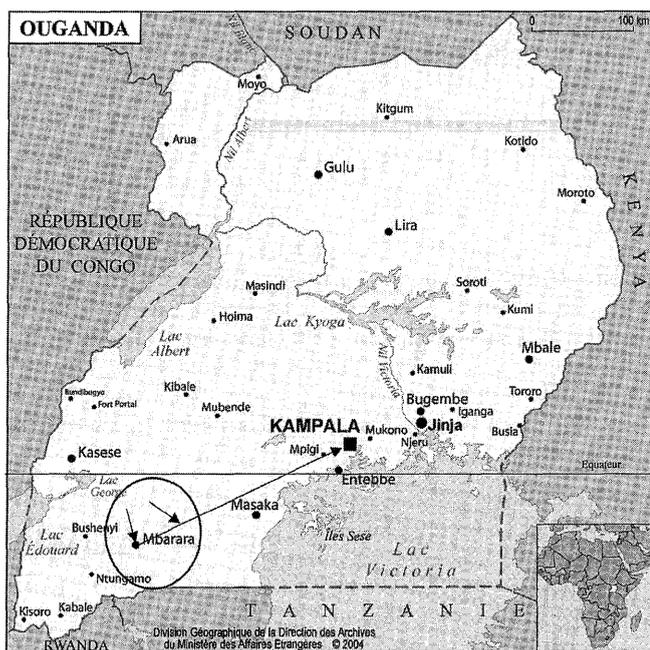


Figure 1 : carte générale de l'Ouganda et zones d'étude.

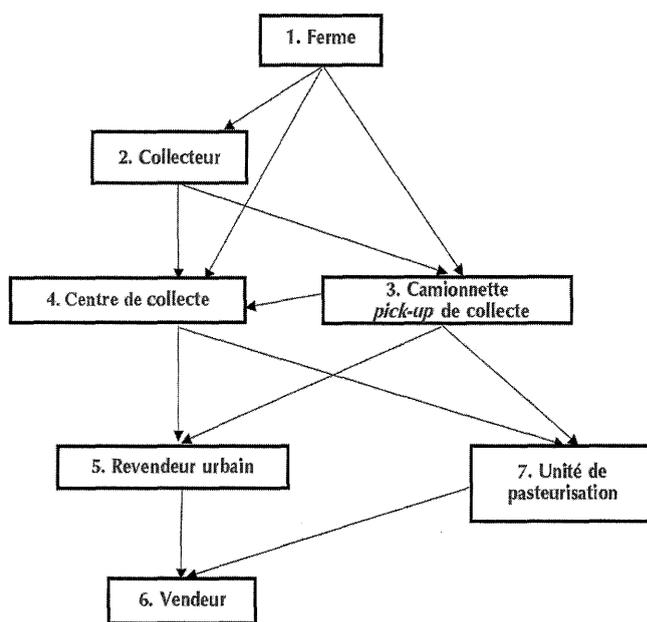


Figure 2 : organisation des sept niveaux d'échantillonnage dans la filière informelle.

Tableau I

Répartition des échantillons en fonction des critères de choix à chaque niveau

Niveau	Critères de choix	Zone agroécologique			Nb. d'échantillons (n = 88)
<b>Collecte</b>		<b>Pastorale (19)</b>	<b>Agropastorale (20)</b>	<b>Agricole (2)</b>	<b>41</b>
	Production de la zone	Forte (8)	Moyenne (5)	Faible (2)	
Ferme	Type de ferme	Traditionnelles (4) Intermédiaires (3) Modernes (1)	Intermédiaires (2) Modernes (3)	Intermédiaires (1) Modernes (1)	15
Collecteur à vélo	Importance	Peu nombreux (2)	Nombreux (7)	Absents	9
Camionnette pick-up de collecte	Propriétaire	Grandes compagnies (2) Indépendants (1)	Grandes compagnies (2) Indépendants (2)	Destiné à la filière formelle	7
Centre de collecte	Refroidissement	Entrée (3) / sortie (3)	Entrée (2) / sortie (2)	Destination transformation	10
<b>Vente</b>		<b>Mbarara (4)</b>	<b>Kampala (20)</b>		<b>47</b>
Revendeur urbain	Propriétaire	Indépendants (2)	Grandes compagnies (7) Indépendants (3)		24
	Refroidissement	Entrée (2) / sortie (2)	Entrée (10) / sortie (10)		
Vendeur	Nombre	Absents	Très nombreux (14)		14
Unité de pasteurisation	Traitement thermique	Absentes	Entrée (3) / Sortie 1 (3) / Sortie 2 (3)		9

Dans les centres de collecte et auprès des revendeurs urbains, deux prélèvements ont été effectués sur chaque lieu d'échantillonnage : un échantillon « entrée », prélevé à l'arrivée du lait sur place, et un échantillon « sortie », prélevé 10 à 24 h après le début du refroidissement. Ces prélèvements devaient permettre d'apprécier l'évolution de la qualité durant la phase de stockage au froid.

Sur le même principe, la qualité a été évaluée avant et après le traitement thermique dans les unités de pasteurisation. A ce niveau, un échantillon entrée et un échantillon sortie 1 ont donc été prélevés. A cela a été ajouté un échantillon sortie 2 prélevé plusieurs heures après la fin du traitement, afin de suivre la qualité du lait après le traitement thermique. Le nombre total d'échantillons s'est ainsi élevé à 88, répartis sur l'ensemble du district de Mbarara et de la ville de Kampala.

### Analyses de la qualité

Les analyses pratiquées étaient celles généralement utilisées pour évaluer la qualité sanitaire du lait. Les protocoles répondaient aux normes internationales bien qu'ils aient parfois été adaptés localement par l'Uganda National Bureau of Standards (Unbs) ou régionalement par l'East African Community (EAC).

Neuf analyses ont ainsi été effectuées sur les 88 échantillons, dont cinq tests rapides :

- la mesure du pH ; lecture au pHmètre calibré par des solutions titrées de pH 4, 7 et 10 (30) ;
- la mesure de la densité ; lecture au lactodensimètre, accompagnée d'une mesure de température permettant de corriger la valeur lue sur le densimètre (24) ;
- le test à l'éthanol ; le mélange du lait à un volume équivalent d'éthanol à 70 p. 100 provoque une coagulation si le lait est anormalement contaminé (24) ;

– le test d'ébullition ; les laits anormaux (colostrum, laits mammaires ou contaminés) coagulent au chauffage (24) ;

– le test à la résazurine ; 10 ml de lait sont mélangés à 1 ml d'une solution de résazurine standard, puis incubés 10 min à 37 °C. La coloration du mélange indique son niveau de contamination (sept niveaux) (30).

Les quatre analyses restantes ont été :

– le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale sur gélose blanche ; dénombrement à plusieurs dilutions différentes après 48 h à 35 °C [Mbarara University of Science and Technology (Must), Ouganda] ;

– l'énumération des coliformes totaux ; estimation selon la production de gaz en bouillon à la tryptose et au lauryl sulfate (trois tubes par dilution, trois dilutions incubées 48 h à 35 °C) et confirmation par production de gaz en bouillon lactosé bilié au vert brillant (48 h, 35 °C) (Must, Ouganda) ;

– l'énumération des coliformes fécaux ; isolement à partir des coliformes totaux et estimation selon la production de gaz en bouillon EC (48 h, 45 °C) (Must, Ouganda) ;

– l'énumération d'*Escherichia coli* ; isolement à partir des coliformes fécaux et estimation selon le développement sur gélose à l'éosine et au bleu de méthylène (24 h, 35 °C), confirmation par test indole sur les colonies formées (Must, Ouganda).

La recherche de *Mycobacterium* sp. et de *Listeria* sp. a été effectuée en parallèle par le laboratoire de l'Unbs qui a ensuite communiqué ses résultats. Ces deux analyses ont été réalisées sur les échantillons de lait provenant des fermes et des revendeurs urbains, soit 41 échantillons représentatifs des premier et dernier niveaux de la filière, en vue de connaître l'importance de ces deux germes pathogènes majeurs.

## ■ RESULTATS

### Qualité du lait à la production

Plusieurs des analyses effectuées ont été considérées comme des indicateurs de la qualité globale du lait et de l'hygiène des pratiques (tests rapides, dénombrement de la flore totale et dénombrement des coliformes). Ceux-ci ont permis de constater des contaminations importantes au début de la filière (tableau II, figure 3), puisque, dès le niveau de production en ferme, la charge microbienne s'est élevée en moyenne à  $1,84 \times 10^6$  ufc/ml<sup>1</sup>, puis a augmenté assez rapidement en passant d'un niveau à l'autre de la filière. Il est toutefois à noter que la dispersion des résultats autour de la moyenne (écarts moyens) est très importante, témoignant ainsi de la variabilité des pratiques d'hygiène d'un lieu de collecte à l'autre.

De même, les coliformes, témoins de l'hygiène des pratiques, étaient présents dès le niveau de la ferme (figures 4 et 5) à des valeurs plutôt élevées : respectivement 260 NPP/ml<sup>2</sup> et 157 NPP/ml pour les coliformes totaux et fécaux. A la différence de la flore totale, les coliformes se sont développés rapidement et ont atteint des taux importants avant même de quitter le district de Mbarara pour la vente. Néanmoins, ces constats étaient à relativiser car la variabilité des résultats pour les coliformes était à nouveau assez élevée. En effet, les écarts moyens à la ferme étaient respectivement de 335,73 et 206,31 NPP/ml pour les coliformes totaux et fécaux. L'énumération d'*Escherichia coli* a montré une évolution de la contamination qui suit de près les résultats obtenus pour les coliformes fécaux et qui n'a donc pas été détaillée ici.

Les résultats communiqués par l'Unbs pour la détection des *Listeria* sp. ont révélé 12 p. 100 de positifs. Sur ces cinq échantillons, trois provenaient d'élevages et deux de revendeurs urbains. Leur caractéristique commune a été qu'ils provenaient tous d'endroits où l'hygiène générale était plus satisfaisante que la moyenne, notamment, le matériel y était nettoyé à l'eau chaude et les personnes qui manipulaient se lavaient les mains. Les résultats de la détection de *Mycobacterium* sp. se sont quant à eux révélés tous négatifs.

### Qualité du lait et conditions de transport

Les résultats d'analyses ont souligné l'importance de la dégradation du lait pendant le transport entre le district de Mbarara et la ville de Kampala. Le lait restait à température ambiante durant

Tableau II

Résultats moyens du dénombrement de la flore totale en début de filière

Niveau	Moyenne flore totale (écart moyen) x 10 <sup>6</sup> ufc/ml
Ferme	1,84 (3,22)
Collecteur	1,22 (1,21)
Camionnette pick-up de collecte	171,39 (285,32)
Centre de collecte entrée	9,45 (9,68)
Centre de collecte sortie	6,37 (5,40)
Centre de collecte moyenne	7,77 (7,55)

<sup>1</sup> Unités formant colonie par millilitre

<sup>2</sup> Nombre le plus probable par millilitre

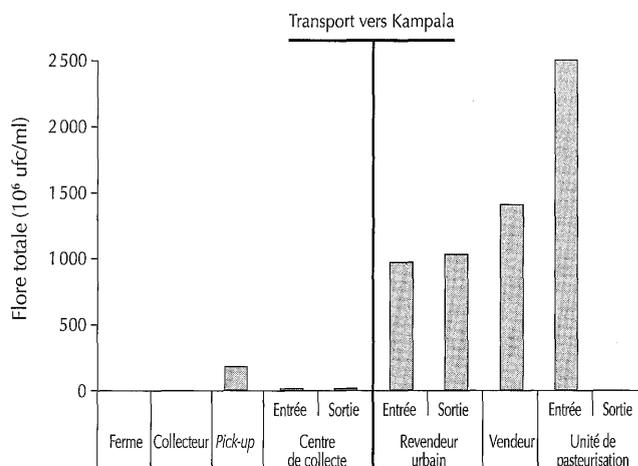


Figure 3 : résultats moyens du dénombrement de la flore totale par niveau.

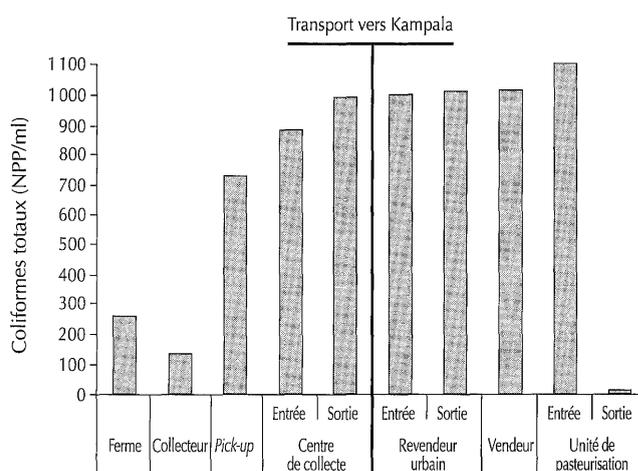


Figure 4 : résultats moyens du dénombrement des coliformes totaux par niveau (NPP = nombre le plus probable).

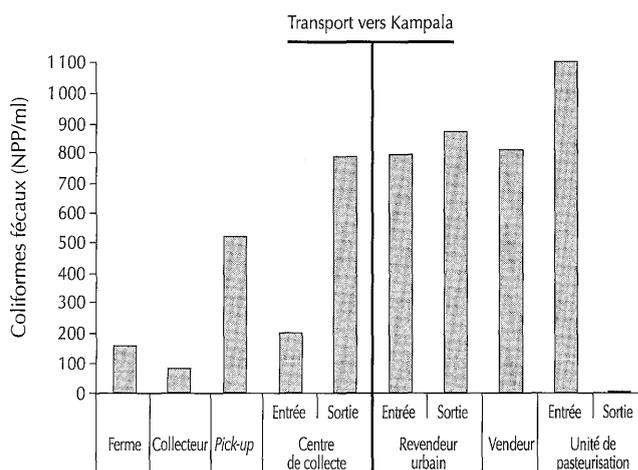


Figure 5 : résultats moyens du dénombrement des coliformes fécaux par niveau (NPP = nombre le plus probable).

les 4 à 5 heures de transport en pleine journée, ce que Faye et Loiseau (17) définissent comme des conditions particulièrement favorables au développement rapide des bactéries. Or, le lait étant déjà fortement contaminé au départ de Mbarara ( $6,37 \times 10^6$  ufc/ml en moyenne à la sortie des centres de collecte), la charge microbienne connaît alors une croissance exponentielle (figure 3) multipliant par plus de 150 le nombre de micro-organismes par millilitre. Cette dégradation de la qualité globale a été confirmée par l'évolution des notes au test à la résazurine (figure 6) qui sont passées en dessous du niveau acceptable dès la sortie des revendeurs urbains, première étape du circuit de vente dans Kampala. En revanche, le transport n'a pas particulièrement favorisé le développement des coliformes puisque ceux-ci ont semblé effectuer leur phase de multiplication beaucoup plus rapidement que les autres groupes de bactéries (figures 4 et 5) et ont atteint quasiment le niveau maximum de détection permis par l'analyse (1 100 NPP/ml) lors de leur entrée au centre de collecte. Toutefois, les résultats de toutes les analyses ont montré une forte dispersion au niveau des vendeurs et des revendeurs urbains (tableau III), reflétant la variabilité des pratiques de gestion de la qualité sanitaire.

Par ailleurs, le lait transporté indirectement, c'est-à-dire refroidi en centre de collecte pendant 10 à 24 h avant d'être acheminé aux heures plus fraîches de la journée (à l'aube ou au crépuscule), a subi une altération moindre pendant le transport, en comparaison avec

celui qui n'a pas été refroidi avant le départ (figure 7). L'ensemble des analyses montre en effet une stabilité des résultats dans le temps du lait refroidi sur place par rapport au lait transporté directement après la collecte. A titre d'exemple, la flore totale au moment de la vente aux particuliers (vendeur) a été pratiquement cinq fois plus nombreuse dans le lait n'ayant pas été refroidi avant le transport ( $4\,550 \times 10^6$  contre  $932,43 \times 10^6$  ufc/ml pour le lait refroidi).

### Qualité du lait et pasteurisation

L'ensemble des résultats d'analyse tendent à montrer que la pasteurisation a eu un effet stérilisateur sur le lait (figure 8). En effet, la flore bactérienne a été nulle pour la flore totale, 15 NPP/ml pour les coliformes totaux et une note de 6 à la résazurine à la sortie des unités de pasteurisation, et ce, malgré une qualité déplorable à l'entrée des unités ( $2\,512,6 \times 10^6$  ufc/ml pour la flore totale, 1 100 NPP/ml pour les coliformes totaux, note de 3,67 à la résazurine). Les échantillons sortie 2 ayant été prélevés peu de temps après la sortie des unités de pasteurisation, aucune différence significative n'a été notée entre ces échantillons et ceux prélevés immédiatement à la fin du procédé de pasteurisation (sortie 1). De plus, les écarts moyens en sortie des unités ont été très faibles (valeurs proches de 0 dans la plupart des cas), indiquant que les effets de la pasteurisation étaient constants d'une unité à l'autre.

Néanmoins deux résultats particuliers, inattendus après ce type de traitement thermique ont été notés : (i) dans certains cas, le pH augmentait après la pasteurisation pour retrouver un niveau normal (environ 6,4) ; (ii) les tests à l'éthanol étaient parfois positifs après pasteurisation (figure 9).

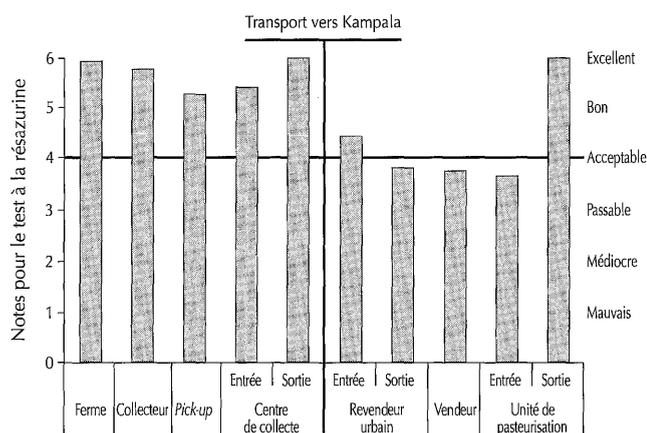


Figure 6 : moyenne des résultats du test à la résazurine par niveau (moyenne des notes sur 6).

### DISCUSSION

#### Importance des pratiques d'hygiène

Les résultats des analyses de la qualité globale (flore totale, tests rapides) indiquent tous une très mauvaise qualité du lait cru au regard des standards acceptés. A titre d'exemple, le seuil de  $2 \times 10^6$  ufc/ml, que l'EAC définit comme la limite maximale pour que le lait soit considéré comme acceptable (11), était largement dépassé avant même que le lait ne quittât la zone de production. Ces mêmes normes fixent à  $10^6$  ufc/ml la valeur en dessous de laquelle le produit est jugé bon. La contamination du lait était déjà supérieure à cette limite au niveau de la ferme. Selon Faye et Loiseau (17), un animal sain dont la traite est effectuée dans de bonnes conditions d'hygiène produit normalement un lait peu contaminé contenant

Tableau III

Ecart moyen (par rapport à la moyenne) des résultats des indicateurs principaux pour les revendeurs urbains (entrée, sortie) et les vendeurs

Analyse	Revendeurs urbains		Vendeurs
	Entrée	Sortie	
pH	0,05 (6,38)	0,19 (6,31)	0,24 (6,23)
Résazurine	1,32 (4,45)	1,19 (3,83)	1,63 (3,77)
Flore totale ( $\times 10^6$ ufc/ml)	1 363,67 (973,27)	1 310,25 (1 039,63)	1 674,42 (1 417,26)
Coliformes totaux (NPP */ml)	181,32 (1 000,27)	161,49 (1 011,92)	150,67 (1 018,38)
Coliformes fécaux (NPP/ml)	391,54 (792,36)	347,13 (868,58)	405,16 (807,38)

\* Nombre le plus probable

une flore globale de  $10^3$  à  $10^5$  ufc/ml. Ici, les charges microbiennes présentes dans les fermes ont été bien supérieures à ces valeurs indicatrices de bonnes pratiques d'hygiène.

Les coliformes totaux et fécaux quant à eux sont considérés comme des témoins de l'hygiène de traite en raison de leur origine fécale (19, 21). Or, ils ont été présents dans les échantillons provenant des fermes en quantités supérieures au seuil de 100 NPP/ml recommandé par l'Unbs (30). De telles valeurs témoignent de pratiques d'hygiène insuffisantes lors de la traite (17), confirmant ainsi les observations de Desvaux (10) qui rapporte, à titre d'exemple parmi une dizaine de pratiques à risque, que 71,4 p. 100 des éleveurs de la région de Mbarara ne se lavent jamais les mains avant la traite. Les pratiques de traite les plus courantes (tableau IV) peuvent ainsi être particulièrement mises en cause dans la contamination initiale du produit (9, 32). De plus, l'absence de contrôles de qualité à chaque étape de la filière et la mauvaise gestion de l'hygiène à tous

les niveaux ont contribué à la dégradation rapide du lait cru pendant son acheminement final vers le consommateur.

La qualité du lait sortant des élevages présente un risque d'autant plus important que les troupeaux ougandais sont largement contaminés par la tuberculose, posant un problème sanitaire majeur dans le pays. En effet, en 2001, une étude portant sur 340 troupeaux du district de Mbarara a révélé un taux de prévalence troupeau pour la tuberculose de 74 p. 100 (16). Pourtant, les résultats des détections de *Mycobacterium* sp. effectuées sur les 41 échantillons de laits de fermes et de revendeurs urbains ont tous été négatifs, laissant supposer que la transmission du bacille par le lait était minime ou que le test effectué était peu fiable.

Les bactéries du genre *Listeria* présentent également un risque important pour la santé humaine et le lait cru en contenant est considéré comme impropre à la consommation au vu des normes

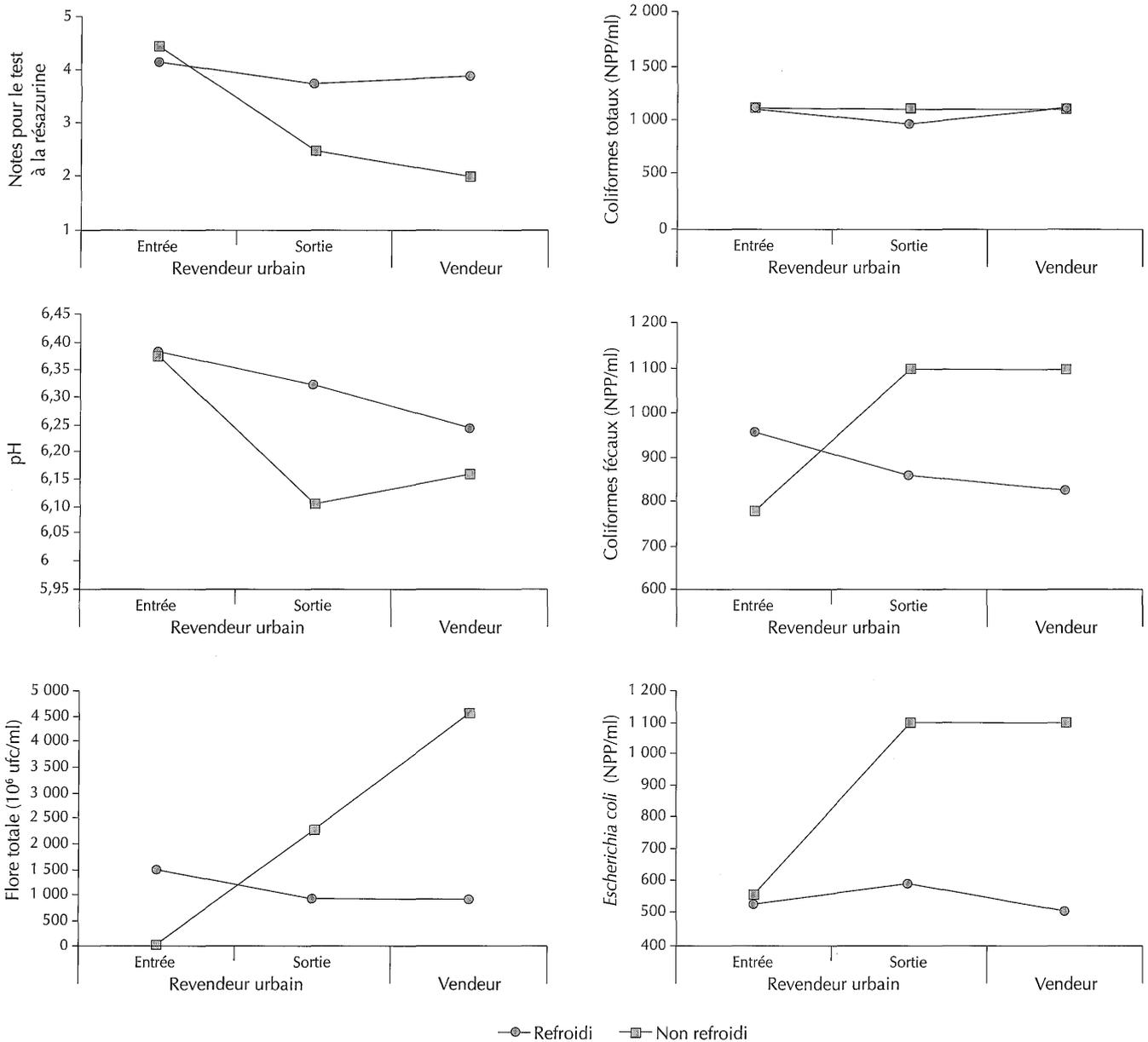


Figure 7 : effets du refroidissement avant transport sur six indicateurs de la qualité ; résultats chez les revendeurs urbains (entrée et sortie) et chez les vendeurs. NPP = nombre le plus probable.

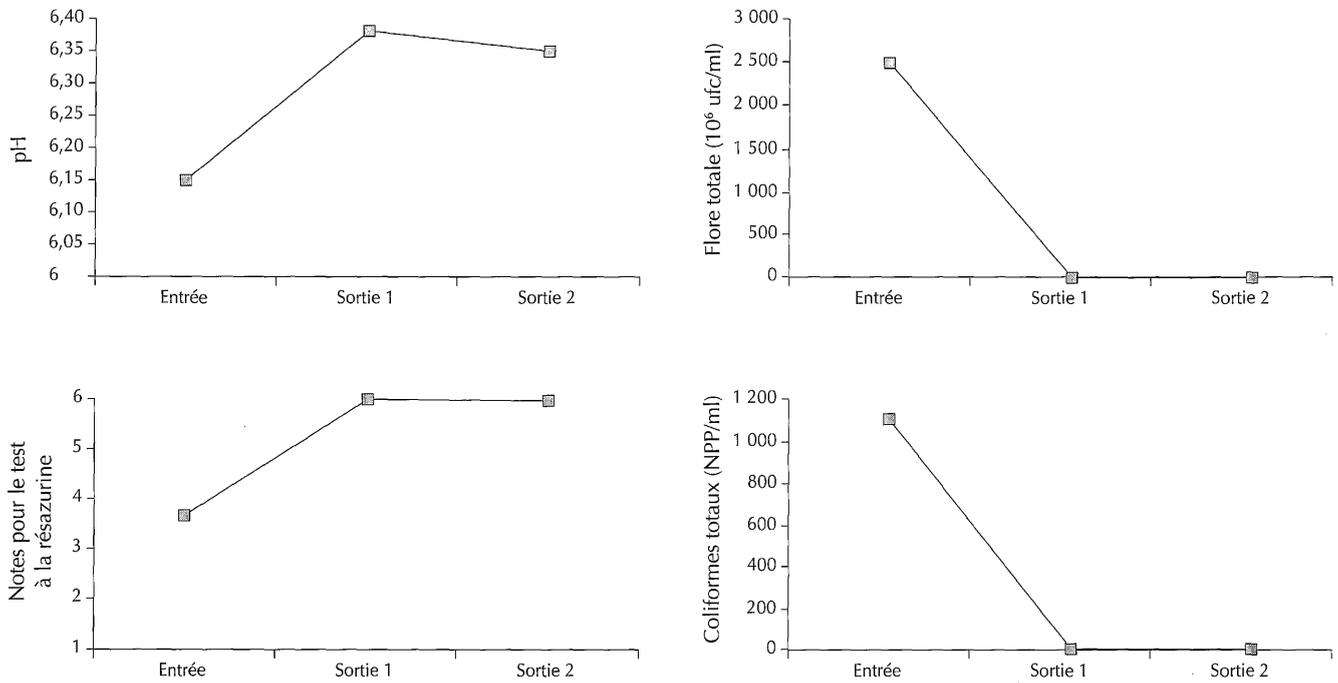


Figure 8 : effets du traitement thermique sur quatre indicateurs de la qualité globale ; résultats des unités de pasteurisation (entrée, sortie 1 et sortie 2). NPP = nombre le plus probable.

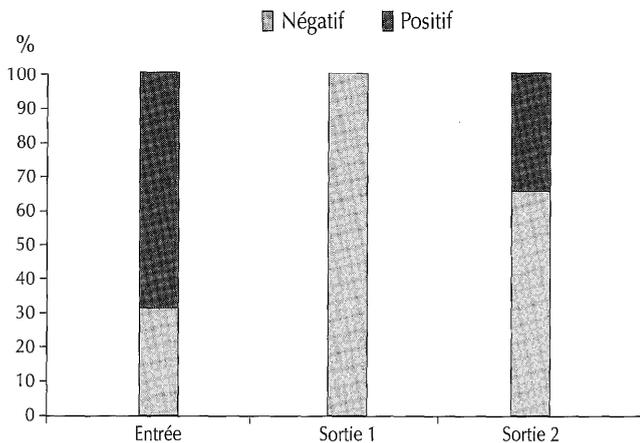


Figure 9 : effet du traitement thermique sur les résultats du test à l'éthanol ; résultats des unités de pasteurisation (entrée, sortie 1 et sortie 2).

européennes (7). Les résultats proposés par l'Unbs concernant la présence des *Listeria* sp. ont montré que les échantillons positifs provenaient tous de lieux de collecte respectant mieux les règles d'hygiène que la moyenne. Ce phénomène s'explique par le fait que les *Listeria* sp. sont des bactéries opportunistes, s'accommodant mieux des milieux peu contaminés (29). Elles proviennent généralement de l'environnement (10) et peuvent donc témoigner d'un contact trop long du lait avec l'air, notamment durant la traite. De même l'eau utilisée pour le nettoyage des récipients est souvent contaminée (28, 32) et peut-être elle aussi un vecteur de bactéries telles que les *Listeria* sp. Ainsi, même aux endroits où l'hygiène était mieux maîtrisée, la qualité sanitaire du lait n'était pas encore optimale et le lait produit présentait un danger pour la santé des consommateurs.

La présente étude a ainsi permis de mettre en évidence l'insuffisance des pratiques d'hygiène, notamment au niveau de la production, par la publication de résultats scientifiques sur la qualité sanitaire du lait. Toutefois, il serait intéressant de poursuivre l'étude de la qualité globale (sanitaire et sensorielle) pour identifier exactement les pratiques à risque et ainsi mieux sensibiliser les acteurs de la filière. Ceci permettrait aussi de mettre en relation la composition de la flore microbienne du lait avec les pratiques d'élevage. Cette donnée pourrait être une information importante par la suite pour mieux contrôler la modification de la qualité organoleptique du lait lors des traitements thermiques (27) et ainsi favoriser leur acceptation par les consommateurs.

### Refroidissement et qualité

La comparaison entre les laits refroidis avant transport et ceux amenés directement aux revendeurs urbains de la capitale a permis de mettre en avant l'importance de cette étape de refroidissement au niveau des centres de collecte. En effet, en refroidissant le lait peu de temps après la traite, on profite des qualités bactériostatiques du produit (17) et les bactéries sont bloquées en phase de latence où la croissance est quasiment nulle (33). Dans le cas du lait non refroidi, les bactéries terminent leur phase de latence pendant le transport et entament un développement important avant que le lait n'atteigne sa température de conservation. Cette étape, même si elle retarde le départ du lait collecté pour la capitale, permet ainsi de stabiliser le produit à son niveau de qualité de départ. Bien entendu, l'efficacité de cette technique repose entièrement sur l'amélioration des pratiques d'hygiène en amont des centres de collecte.

### Effets de la pasteurisation

La pasteurisation en vrac a été proposée par la Dairy Development Authority (DDA) pour améliorer la qualité du lait par un traitement thermique final avant la vente. Ceci a été mis en œuvre par la création d'unités de pasteurisation artisanales. Les résultats concernant

Tableau IV

Sources de contamination liées aux pratiques de traites \*

Agent de contamination	Sources potentielles	Dangers
Animal ; contaminations endogènes	Vache atteinte de mammité non détectée	<i>Staphylococcus</i> sp., <i>E. coli</i> , dégradation nutritionnelle, destruction des protéines, réduction de la durée de conservation
	Vache porteuse saine d'une maladie	<i>Mycobacterium</i> sp., <i>Brucella</i> sp., <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Streptococcus</i> sp., <i>Listeria</i> sp., <i>E. coli</i>
	Non-respect du temps d'attente après traitement	Résidus chimiques, antibiotiques, anti-parasitaires, inhibition de la lactofermentation
Animal ; contaminations exogènes	Pas de nettoyage de la mamelle et des trayons, pas de séchage	<i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> sp., <i>Clostridium</i> sp., coliformes et autres bactéries fécales, bactéries psychrotrophes, bactéries lactiques
	Queue non attachée	Contamination par des particules de déjections et de terre, coliformes et autres bactéries fécales, <i>Salmonella</i> sp., bactéries psychrotrophes
Personne à la traite	Pas de lavage des mains	<i>Staphylococcus</i> sp., <i>Streptococcus</i> sp., <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> sp., <i>Clostridium</i> sp., bactéries fécales
Contenants	Mauvais nettoyage, mauvais séchage	Multiplication des bactéries se nourrissant des résidus, contamination par l'eau, <i>E. coli</i>
	Transfert brutal entre deux contenants	Dégradation nutritionnelle, réduction de la durée de conservation, rancissement
	Absence de filtration, filtre mal nettoyé	Contamination par des particules de déjections, de terre, des insectes, des plantes... entraînement des souillures retenues dans le filtre
Environnement	Lieu de traite non nettoyé	Contaminations fécales, coliformes
	Contact prolongé avec l'air	Germes de l'environnement : <i>Listeria</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp., bactéries psychrotrophes, levures et moisissures

\* De Graaf et coll., 1997 ; Desvaux, 2001 ; Faye et Loiseau, 2002 ; Jouzier et Cohen-Maurel, 1986 ; Tourette et coll., 2002 ; Weber, 1985

ce traitement ont semblé effectivement indiquer une amélioration de la qualité globale par l'élimination des bactéries. Cependant, le chauffage excessif dans ces unités semble provoquer une altération physico-chimique du lait et une dénaturation des protéines (3) qui coaguleraient alors à l'éthanol. On peut aussi penser que cette altération provoque la destruction partielle ou totale des systèmes naturels de stabilisation et de protection du produit, comme le système lactoperoxydase par exemple (27). Ceci signifierait donc que le lait dit pasteurisé produit dans ces unités deviendrait un substrat vierge idéal pour une nouvelle colonisation par les bactéries environnantes, notamment pour les opportunistes telles que *Listeria* sp. (3).

Ainsi, même si l'effet bactéricide d'un tel traitement est efficace, plusieurs facteurs de risque persistent : (i) le traitement pratiqué est agressif, essentiellement à cause du temps de chauffage appliqué qui dépasse de beaucoup celui de trente minutes (temps maximal) défini officiellement pour la pasteurisation du lait (33) ; (ii) les conditions de vente du lait pasteurisé ne permettent pas d'assurer le maintien de la qualité obtenue (2, 26) ; les emballages utilisés ne sont pas stérilisés, le matériel est nettoyé de façon rudimentaire et le lait pasteurisé n'est pas stocké au froid.

De plus, la modification des qualités organoleptiques du produit par des réactions physico-chimiques (de type Maillard par exemple) et par la destruction de la flore (27) est une des raisons pour laquelle

les unités de pasteurisation artisanales ne connaissent pas le succès escompté par la DDA. En effet, les consommateurs de lait cru ne retrouvent pas dans ce nouveau produit le goût qu'ils recherchent. Leur difficulté à pénétrer le marché confronte les unités de pasteurisation artisanale à un problème économique majeur : pour être compétitives, elles se voient obligées de vendre au même prix que les vendeurs de lait cru alors qu'elles ont un coût de production supérieur.

### Propositions pour une amélioration de la qualité sanitaire du lait cru

#### Développement de la chaîne du froid

Le refroidissement est considéré comme l'un des meilleurs moyens de préservation du lait par gestion du risque de développement bactérien (13, 17). Le lait est un produit sensible, il se détériore rapidement et nécessite donc un système de refroidissement rapide et une chaîne du froid efficace et complète tout au long de la filière, difficile à mettre en place dans des conditions tropicales (26, 31).

En Ouganda, les infrastructures sont encore insuffisantes malgré un développement significatif ces dernières années (centres de collecte). Le réseau routier ne permet pas un transport très rapide et il existe peu de disponibilités en matière d'équipement frigorifique (20).

En outre, la mise en œuvre d'une chaîne du froid en Ouganda devrait être précédée d'une étude socio-économique pour comprendre et évaluer le coût et l'efficacité d'une telle mesure sur l'ensemble de la filière. Il est probable que les grandes compagnies réussiront à s'adapter facilement aux nouvelles exigences, alors que les acteurs indépendants, trop petits pour supporter le coût de la chaîne du froid, se verront obligés, à long terme, de se regrouper pour survivre ou disparaîtront.

Néanmoins, il semble que c'est vers l'établissement d'une chaîne du froid complète sur l'ensemble du secteur laitier que l'Etat ougandais devrait porter son effort. Ce type d'organisation coûteux et long à mettre en place peut se faire en complément de stratégies alternatives, telles que l'utilisation des traitements thermiques à petite échelle, ou l'introduction du système lactoperoxydase, déjà mis en œuvre dans certains pays de la zone est africaine (23).

#### *Utilisation des traitements thermiques*

Comme les résultats de l'étude le montrent, les conditions de pasteurisation et de vente des unités artisanales ne permettent ni de garantir la qualité sanitaire et sensorielle optimale pour le consommateur, ni d'assurer la viabilité économique de l'activité. Pour pallier ce phénomène, des minilaiteries ou micro-unités de transformation ont été installées à titre expérimental dans le district de Mbarara. Elles permettent de transformer à moindre coût de petites quantités de lait en maîtrisant les contraintes d'hygiène en post-traitement. Ces unités ont l'avantage de dynamiser efficacement le tissu économique au niveau local et d'améliorer la qualité générale par des techniques innovantes et par la contraction de la filière (4).

Le développement de telles unités réparties sur le territoire semble donc être une possibilité intéressante pour l'amélioration de la qualité globale du lait. Toutefois, leur installation reste possible sans investissements trop importants à la condition qu'elles ne traitent que de petites quantités à un niveau très local. Il est donc difficilement envisageable de considérer ces micro-unités comme une solution à l'échelle de la filière informelle globale.

#### *Utilisation du système lactoperoxydase (SLP)*

La lactoperoxydase est une enzyme qui permet de préserver à moindre coût la qualité initiale du lait pendant plusieurs heures à température ambiante. Elle représente à ce titre une solution alternative pour améliorer les conditions de transport du lait dans les zones difficiles à équiper en matériel de refroidissement (5, 13).

Il existe aujourd'hui un *kit* de SLP pour le traitement de bidons de 50 l. Ce *kit* présente le double avantage d'être utilisable sur de petites quantités et d'être présenté sous la forme de deux comprimés (l'un de thiocyanate, l'autre de peroxyde d'hydrogène), limitant ainsi les erreurs de dosage (6). L'utilisation du complexe lactoperoxydase est simple tout en nécessitant un minimum de formation auprès des acteurs. Cependant, elle reste aujourd'hui interdite par la FAO sur le lait destiné à l'export (14), notamment pour des raisons d'image du produit.

Le SLP pourrait être introduit en Ouganda au travers d'un programme expérimental dans la région de Mbarara, uniquement sur la filière lait cru, qui s'adresse exclusivement au marché national et n'est donc pas soumise à la restriction concernant le marché international. Accompagnée par une démarche de sensibilisation auprès des producteurs, des gérants de points de collectes et des scientifiques locaux, cette expérience pourrait ouvrir sur une stratégie plus large de gestion de la conservation du lait au niveau national.

Toutefois, la pertinence de l'utilisation du SLP en comparaison à la mise en place de la réfrigération systématique reste à démontrer dans le contexte ougandais.

## ■ CONCLUSION

La qualité sanitaire des aliments répond à plusieurs enjeux. D'une part, elle est une condition nécessaire pour assurer la santé des consommateurs, d'autre part, la question de la qualité est essentielle au sein d'une filière, car elle conditionne en grande partie l'évolution économique de celle-ci. Le défi est donc non seulement de garantir la sécurité des aliments, mais aussi d'assurer au secteur un bon développement économique dans le temps.

Les résultats de l'étude ont permis de montrer que le manque de qualité sanitaire du lait arrivant à la capitale était dû à deux catégories de facteurs : (i) les sources de contamination sont liées essentiellement au manque d'hygiène en amont de la filière, notamment au niveau de la ferme ; (ii) les conditions de stockage, plus particulièrement lors du transport, qui facilitent le développement bactérien et accentuent ainsi la contamination globale.

Au vu des résultats de la présente étude, il apparaît nécessaire d'agir prioritairement au niveau des éleveurs pour améliorer la qualité. Toutefois, la filière est complexe et fonctionne comme un ensemble, il est donc indispensable que tous les niveaux soient impliqués dans une démarche globale par le travail concerté des différents acteurs. Pour cela, il est intéressant de les impliquer au cours de trois étapes majeures : (i) la sensibilisation pour permettre de comprendre l'intérêt de la gestion de l'hygiène et de connaître les « bonnes pratiques » à mettre en œuvre ; (ii) la mise en place de systèmes de contrôle pouvant jouer à la fois un rôle de surveillance et de conseil pour progresser dans la démarche ; (iii) la rémunération à la qualité servant d'encouragement et de système de reconnaissance envers les acteurs qui se sont impliqués.

De plus, les conditions de préservation et de transport du lait doivent être améliorées de manière à éviter la dégradation de la qualité initiale. Deux approches peuvent être envisagées : (i) la gestion des risques par le développement de la chaîne du froid ou, en tant que transition, l'utilisation du SLP ; (ii) la stérilisation finale du produit avant la vente par la mise en place de minilaiteries. Quelles que soient les solutions envisagées par les autorités ougandaises, elles devront combiner les deux éléments que sont l'amélioration de la qualité initiale et son maintien au cours du transport jusqu'au consommateur.

## Remerciements

L'étude a été menée avec le soutien et la participation de l'ambassade de France en Ouganda dans le cadre du projet Fonds de solidarité prioritaires. A ce titre, les auteurs remercient M. Bellinguez, chef du projet Consultation agricole et structuration des filières (Casf), ainsi que Mme Baherle, responsable du service de Coopération et d'Action culturelle de l'ambassade de France en Ouganda en 2004. Les auteurs adressent également leurs remerciements à leurs partenaires ougandais de la DDA, en particulier à Mme A. Baguma, de l'Unbs, des universités de Mbarara et de Makerere. Enfin, ils remercient l'équipe du projet Casf pour son travail au sein de l'étude ainsi que l'ensemble des producteurs et des acteurs de la filière informelle pour leur disponibilité et les informations qu'ils leur ont communiquées.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ALIGUMA L., NYORO J.K., 2004. Regoverning markets. Scoping study on dairy products, fresh fruits and vegetables. Kampala, Uganda, Ministry of Agriculture, 40 p.
2. ASPERGER H., 1993. Methods for recontamination control. *Bull. int. Dairy Fed.*, **281**: 16-19.
3. ASPERGER H., 1993. Microbiology of pasteurized milk. *Bull. int. Dairy Fed.*, **281**: 14-16.
4. BELLINGUEZ A., 1994. Etude de l'impact des projets sur les systèmes de production laitiers périurbains à Bamako, Mali. Mémoire Ingénieur, Cnearc/Esat, Montpellier, France, p. 69-70.
5. BENNETT A., 2000. The lactoperoxidase system (LP-s) of milk preservation. In: FAO E-mail Conf. Small-scale milk collection and processing in developing countries, 29 May- 28 Jul. 2000. FAO, Rome, Italy, p. 68-70.
6. CLAESSEON O., 1994. The use of the lactoperoxidase system. In: Proc. Regional workshop on raw milk handling and preservation in the Near East region, University of Alexandria, Egypt, 13-15 Sept. 1994. Rome, Italy, FAO, p. 26-40.
7. COUNCIL OF THE EUROPEAN COMMUNITY, 1992. Council directive 92/46/EEC of 16 June 1992 laying down the health rules for the production and placing on the market of raw milk, heat-treated milk and milk-based products. European Community, [www.europa.eu.int/com/food/fs](http://www.europa.eu.int/com/food/fs) (30/03/05).
8. DABUSTI N., VANCAUTEREN D., 1999. Les systèmes d'élevage du district de Mbarara (Ouganda) et leur contribution à la filière laitière. Diagnostic, dynamiques d'évolution et recommandations pour l'action. Mémoire Ingénieur Cnearc/Esat, Montpellier, France, 252 p.
9. DE GRAAF T., ROMERO ZUNIGA J.J., CABALLERO M., DWINGER R.H., 1997. Microbiological quality aspects of cow's milk at a smallholder cooperative in Turrialba, Costa Rica. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **50** : 57-64.
10. DESVAUX S., 2001. Contraintes hygiéniques et sanitaires de la filière lait dans le district de Mbarara en Ouganda. Etude et propositions d'actions pour la maîtrise de la qualité du lait. Thèse Doct. vét., université de Nantes/ENV, France, 109 p.
11. EAST AFRICAN COMMUNITY, 1999. East African standards. Unprocessed (raw) whole milk - Specification. Arusha, Tanzania, EAC, 14 p.
12. FABOZZI L., VANCAUTEREN D., 2004. Milk producers associations in Mbarara district. Inventory and priority needs appraisal. Final report. Kampala, Ouganda, ACSS, 78 p.
13. FAO/OMS, 2000. *Codex Alimentarius*. Lait et produits laitiers, vol. 12, 2<sup>e</sup> éd. Rome, Italie, FAO, 129-136.
14. FAO/WHO, 2005. Reports of the *ad hoc* FAO/WHO expert consultations on risk assessment of microbiological hazards in food and related matters. Prepared by FAO and WHO, 14-19 March 2005. Buenos Aires, Argentina, CCFH, 9 p.
15. FAYE B., ALARY V., 2001. Les enjeux des productions animales dans les pays du Sud. *Prod. Anim.*, **14** : 3-13.
16. FAYE B., CASTEL V., LESNOFF M., RUTABINDA D., DHALWA J., 2005. Tuberculosis and brucellosis prevalence survey on dairy cattle in Mbarara milk basin (Uganda). *Prev. vet. Med.*, **67**: 267-281.
17. FAYE B., LOISEAU G., 2002. Sources de contamination dans les filières laitières et exemple de démarches qualité. In : Actes atelier int. Gestion de la sécurité des aliments dans les pays en développement. Sources de contamination dans les filières laitières et exemples de démarches qualité, Montpellier, France, 11-13 déc. 2000. Montpellier, France, Cirad, cédérom.
18. GRIMAUD P., FAYE B., MUGARURA L., MUHOOZI E., BELLINGUEZ A., 2004. Identification of research activities for the dairy sector development in Uganda: systemic and participatory approaches. *Uganda J. Agric. Sci.*, **9**: 879-884.
19. GUIRAUD J.P., 1998. Analyse du lait. In : Micro-biologie alimentaire. Paris, France, Dunod, p. 387-413.
20. ISHARAZA W.K., 2002. Approaches to quality control of milk and dairy products in Uganda. In : Atelier sur la qualité des produits animaux dans les pays tropicaux, Rennes, France, 11-22 sept. 2001. Montpellier, France, Cirad-emvt, p. 83-85.
21. JOUZIER X., COHEN-MAUREL E., 1986. Manuel de référence pour la qualité du lait. Paris, France, Cidil, 199 p.
22. LANDO'LAKES, 2001. Report on the milk production market chain study. Kampala, Ouganda, Friend's Consult, 44 p.
23. LHOSTE F., RAMET J.P., 2004. Le lait de brousse. L'organisation de la collecte du lait dans les zones sans infrastructure laitière en Afrique de l'Ouest. Rome, Italie, FAO, 31 p.
24. LOISEAU G., 2002. Les tests de qualité du lait. In : Memento de l'agronome. Montpellier, France, Cirad, cédérom.
25. MAE, 2005. Afrique centrale et orientale. Paris, France, ministère des Affaires étrangères, [www.diplomatie.gouv.fr/actu/actu.asp?DOS=12464](http://www.diplomatie.gouv.fr/actu/actu.asp?DOS=12464) (26/02/05).
26. MEYER C., DENIS J.P., 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Montpellier, France, Cirad, 313 p.
27. MONTEL M.C., BEUVIER E., HAUWUY A., 2003. Pratiques d'élevage, microflore du lait et qualités des produits laitiers. *Prod. Anim.*, **16** : 279-282.
28. PISSANG TCHANGAI D., 2001. Evaluation de la qualité du lait et des produits laitiers dans les systèmes traditionnels de transformation au Tchad. In : Actes atelier int. Marchés urbains et développement laitier en Afrique subsaharienne, Montpellier, France, 9-10 sept. 1998. Montpellier, France, Cirad, p. 125-133.
29. ROZIER J., CARLIER V., BOLNOT F., 1984. Bases microbiologiques de l'hygiène. Paris, France, Sapaic, 232 p.
30. SAMARAJEWA U., 1999. Manual on microbiological analysis. Kampala, Ouganda, UNBS, 125 p.
31. SOUKEHAL A.H., 1996. Amélioration de la collecte du lait par l'utilisation de la technique de réactivation du système lactoperoxydase. In : 2<sup>e</sup> journée scientifique et technique en agro-sylvo-pastoralisme, N'Djamena, Tchad, 9-12 déc. 1996. Rome, Italie, FAO, 4 p.
32. TOURETTE I., MESSAD S., FAYE B., 2002. Impact des pratiques de traite des éleveurs sur la qualité sanitaire du lait de chamelle en Mauritanie. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **55** : 229-233.
33. WEBER, 1985. Réfrigération du lait à la ferme et organisation des transports. Rome, Italie, FAO, 216 p. (Production et santé animales n° 47)

Reçu le 11.10.2005, accepté le 29.05.2006

## Summary

**Grillet N., Grimaud P., Loiseau G., Wesuta M., Faye B.** Sanitary Quality of Raw Milk within the Commodity Subsector in Mbarara District and Kampala City in Uganda

The sanitary quality of raw milk is an important issue in Uganda for social, economical and health reasons. The present study carried out on the informal raw milk subsector of Uganda highlighted two main issues: (i) poor hygiene conditions from the production location all the way to the consumer; (ii) lack of an efficient preservation system to limit bacteria development during transportation to Kampala. The bacteria population reached very high levels close to  $2 \times 10^6$  colony forming units per milliliter on the farm milk of Mbarara District in the southwestern region of the country, and these levels increased 150-fold during transportation to Kampala. The sector also includes rudimentary pasteurization units, where the overheated milk comes out bacteria-free. However, conservation over several days of the overheated milk makes this process potentially more dangerous than beneficial. Thus, the need for all the players of the sector to implement a strategy to improve milk quality can be two ways: (i) by changing common practices to ensure better hygiene conditions; (ii) by improving milk preserving through new methods such as cooling, small-scale pasteurization, or the use of the lactoperoxidase system. This study can help develop a technical and scientific basis to generate quality improvement actions in Uganda. But, whatever the strategy adopted by decision makers, it can only be implemented if all the stakeholders of the sector are involved.

**Keywords:** Milk – Quality – Food hygiene – Biological contamination – Preservation – Uganda.

## Resumen

**Grillet N., Grimaud P., Loiseau G., Wesuta M., Faye B.** Calidad sanitaria de la leche cruda a lo largo de la filial en el distrito de Mbarara y de la ciudad de Kampala (Uganda)

La calidad sanitaria de la leche cruda es una problemática importante en Uganda, tanto por razones socio-económicas como sanitarias. El estudio llevado a cabo sobre la filial informal de la leche cruda en Uganda mostró dos puntos críticos principales para la calidad de la leche: la falta de higiene entre el lugar de producción y el lugar de consumo y la ausencia de un sistema eficaz de conservación que limite el desarrollo de las bacterias durante el transporte hacia Kampala. En efecto, la carga microbiana alcanzó niveles muy elevados, cerca de  $2 \times 10^6$  unidades formando colonias por mililitro de leche de finca en la meseta lechera de Mbarara al sudoeste del país, que el transporte hacia la capital Kampala multiplicó por un factor de alrededor 150. En el seno de esta filial informal, existen unidades artesanales llamadas de pasteurización. La leche que éstas producen esta ciertamente libre de bacterias al final de la producción, pero la conservación durante varios días de este producto sobrecalentado podría transformar éste en un proceso más peligroso que beneficioso. Estas constataciones deben alertar a los actores de la filial informal sobre la necesidad de poner en marcha una estrategia para mejorar la calidad de la leche, mediante una modificación de las prácticas corrientes, para que respeten la higiene y por una mejoría de la conservación de la leche mediante tecnologías, tales como la refrigeración, la pasteurización a pequeña escala o entonces el uso de un sistema de lactoperoxidasa. Este estudio permitió la adquisición de bases técnicas y científicas para apoyar las acciones orientadas a mejorar la calidad de la leche cruda en Uganda. Cualquiera que sea la estrategia adoptada por las autoridades, ésta solo podrá ser puesta en marcha si ella implica al conjunto de los actores de la filial.

**Palabras clave:** Leche – Calidad – Higiene de los alimentos – Contaminación biológica – Preservación – Uganda.

Venez rendre visite à la  
*Come and visit*

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

En accès libre  
sur Internet

*In open access  
on the Internet*

<http://remvt.cirad.fr>

# Test d'un complément minéral et azoté sur les paramètres de reproduction de la chèvre du Sahel burkinabé

B.I. Gnanda<sup>1\*</sup> S.J. Zoundi<sup>2</sup> J.A. Nianogo<sup>3</sup>  
C. Meyer<sup>4</sup> O. Zono<sup>1</sup>

## Mots-clés

Chèvre Sahélienne burkinabée – Avortement – Complément alimentaire – Reproduction – Variation saisonnière – Burkina Faso.

## Résumé

L'étude a eu pour objet l'évaluation, au cours de deux périodes (période de saison sèche et période de saison pluvieuse), de l'impact d'une complémentation minérale assurant une couverture en phosphore, iode, cuivre, zinc et manganèse, en association avec un apport azoté, sur le taux d'avortement et sur d'autres paramètres de reproduction de 66 chèvres du Sahel burkinabé. Les quatre types de traitements alimentaires suivants ont été appliqués : pâturage naturel (Pn) seul ; Pn + complémentation minérale ; Pn + complémentation azotée ; et Pn + complémentation minérale et complémentation azotée. Les résultats de la période de saison sèche ont indiqué un effet significatif de la complémentation minérale et/ou azotée sur la réduction des avortements. Le traitement qui a combiné à la fois les complémentations minérale et azotée s'est révélé le plus efficace car aucun avortement n'a été observé chez les animaux qui en ont bénéficié. Parmi les chèvres ayant avorté au cours de cette saison, les primipares ont été les plus affectées (50 p. 100 des cas enregistrés). Aucun avortement n'a été enregistré durant la période de saison pluvieuse, traduisant ainsi l'inopportunité d'apporter aux chèvres gravides des compléments minéraux et azotés au cours de cette saison qui présente une offre alimentaire de pâturage suffisante en quantité et en qualité. Pendant cette saison, la fécondité des chèvres s'est accrue de plus 12,3 points (en pourcentage) par rapport à celle enregistrée au cours de la conduite de saison sèche. La supplémentation a permis en toutes saisons d'améliorer aussi les autres paramètres de reproduction : taux de fertilité, taux de mises bas, taux de fécondité et poids à la naissance.

## ■ INTRODUCTION

L'espèce caprine constitue le troupeau numériquement le plus important et économiquement le plus exploité par les éleveurs et les agropasteurs du Burkina Faso (10). En dépit de cette importance numérique et socio-économique de l'espèce caprine au Burkina Faso, une faible attention est portée sur celle-ci, tant pour les soins nutritionnels que sanitaires (27). L'alimentation en particulier

est à l'origine des carences et déséquilibres nutritionnels qui affaiblissent la défense immunitaire des animaux et les rendent vulnérables vis-à-vis de nombreuses maladies (10, 22, 30). Certaines de ces maladies entraînent des avortements qui constituent une préoccupation importante du fait de leur fréquence et des pertes occasionnées directes ou « insidieuses » (2). Chez cette race de chèvre, des taux d'avortement de 25,19 et 19,7 p. 100 ont été rapportés respectivement par Dembele (10) et Konate (17).

Sans occulter le fait que ces avortements peuvent avoir des causes infectieuses, des auteurs (6, 9) soulignent l'importance du rôle que peuvent jouer les carences nutritionnelles (minérales et azotées notamment). En effet, il est connu que les carences en minéraux tels que le phosphore (P), l'iode (I), le cuivre (Cu), le zinc (Zn) et le manganèse (Mn) peuvent entraîner des troubles de reproduction (baisse de la fertilité, infécondité, avortement, mortalité...) (1, 18, 25). Cependant, la fourniture en ces éléments utiles aux animaux

1. Inera/Crrea du Sahel, Dori, Burkina Faso.  
2. Inera, Ouagadougou, Burkina Faso.  
3. Institut du développement rural, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.  
4. Cirad, UPR Systèmes d'élevage, Montpellier, F-34000 France.  
\* Auteur pour la correspondance  
Inera/Crrea du Sahel, BP 80, Dori, Burkina Faso.  
Tél. +226 40 46 00 54 ; fax +226 40 46 04 39  
E-mail : gnandaisid@yahoo.fr

est insuffisante, notamment en saison sèche où l'essentiel de l'alimentation est constitué par des pailles de parcours naturels et des résidus de récolte qui sont pauvres en ces minéraux (4, 25). C'est pour cela que la présente étude analyse l'impact d'une complémentation assurant une couverture en ces cinq éléments minéraux, en association ou non avec un apport azoté, sur les paramètres de reproduction.

## ■ MATERIEL ET METHODES

### Les animaux

Soixante-six chèvres du Sahel adultes, âgées de 1,5 à 5 ans au début de l'étude, ont été utilisées. Parmi ces chèvres, ont été dénombrees 10 nullipares (chevrettes), 10 primipares et 46 multipares dont 11 à leur deuxième, 16 à leur troisième et 19 à leur quatrième mises bas. Pour la saillie de ces chèvres, trois boucs de 2 à 3 ans ont été utilisés.

### Organisation générale du dispositif expérimental

Afin de prendre en compte la différence de l'offre quantitative et qualitative des parcours naturels entre la saison pluvieuse et la saison sèche par rapport aux problèmes d'avortement, l'étude a été effectuée en deux étapes :

- une première étape (phase I) qui s'est étalée du mois de novembre au mois d'avril, qualifiée de phase de déficience alimentaire des pâturages pour le déroulement normal des gestations ;
- une deuxième étape (phase II) qui s'est étalée du mois d'août au mois de janvier, qualifiée de phase de bonne disponibilité alimentaire des pâturages pour le déroulement normal des gestations.

Pour les deux phases, la lutte des chèvres a été synchronisée en utilisant la méthode zootechnique ou « effet bouc ». Pour ce faire, les dispositions suivantes ont été prises : a) séparation totale des mâles et des femelles deux mois (août à septembre pour la première phase et mai à juin pour la deuxième phase) avant l'application des mesures de prophylaxie sanitaire et de *flushing* alimentaire ; b) déparasitage des animaux à la fin du deuxième mois de

séparation à l'aide du Synanthic<sup>ND</sup> et application d'une complémentation pendant un mois (octobre pour la phase I et juillet pour la phase II), afin d'assurer les conditions qui préparaient chaque catégorie d'animal (mâle et femelle) à être apte à la reproduction. Cette complémentation à base de tourteau de coton a assuré un apport journalier d'environ 50,5 g de matières azotées digestibles (MAD) et 0,11 UF par animal par jour ; c) introduction des mâles à la fin du mois de complémentation pour une durée de deux mois, ceci de façon rotative à raison de quatre heures le matin (8 à 12 h) et trois heures le soir (14 à 17 h). Cette durée de deux mois d'utilisation des mâles a eu pour but de produire si possible deux à trois cycles œstriens pour chaque sujet soumis à l'expérimentation.

Afin que les mêmes chèvres de la phase I puissent être utilisées pour la phase II, les chevreaux issus des mises bas de cette phase ont été précocement sevrés à deux mois d'âge et soumis à une ration de sevrage. Les mères ont reçu des apports de fourrage constitués essentiellement de fanes de niébé, jusqu'au mois de juin de la deuxième année de l'étude.

Par ailleurs, les saillies ont fait l'objet de suivi par le berger à l'aide d'une fiche élaborée à cet effet. Sur cette fiche étaient inscrits les numéros des boucles auriculaires des chèvres avec des cases à cocher lorsqu'une chèvre venait en chaleur et acceptait la monte. Durant les deux mois de présence de géniteurs parmi les femelles, le berger a pu vérifier le non-retour en chaleur des chèvres saillies qui ont été identifiées pour être soumises, dès certification de la monte effective par le berger, aux rations de complémentation pour la gestation. Au bout des deux mois d'utilisation des mâles, les chèvres, dont les saillies n'ont pas pu être certifiées à l'issue du suivi du berger, ont été à leur tour ventilées dans leurs différents lots, conformément aux critères de mise en lot préalablement définis et décrits ci-après.

### Conduite alimentaire

Pour chacune des deux phases (phases I et II), les 66 chèvres ont été d'abord classées selon l'âge et le rang de mise bas, et affectées aléatoirement à chacun des quatre traitements (tableau I).

Tableau I

Allotement et régimes alimentaires des animaux

	Lot Pn	Lot PnM	Lot PnA	Lot PnAM	Total
Régimes alimentaires					
Pâturage naturel	+	+	+	+	
Complémentation minérale utilisant des pierres à lécher industrielles (PLI) <i>ad libitum</i> et de la poudre d'os (20 à 30 g/animal/jour)		+		+	
Complémentation azotée à l'aide de tourteau de coton assurant une couverture de 75 % des besoins journaliers en MAD des animaux et 14 % de leurs besoins en UF			+	+	
Nombre d'animaux					
Phase I	17	16	17	16	66
Phase II	16	16	17	17	66

Pn : pâturage naturel

PnM : pâturage naturel + apport minéral

PnA : pâturage naturel + apport azoté

PnAM : pâturage naturel + apport azoté et minéral

MAD : matières azotées digestibles

UF : unité fourragère

Le récapitulatif de la ventilation des animaux de l'essai selon leur âge et leur rang de mise bas est donné dans le tableau II. Les pâturages fréquentés par les animaux ont présenté les caractéristiques floristiques suivantes (31) :

– sur les dunes, les pâturages ligneux étaient dominés par *Combretum glutinosum*, *Acacia laeta* et *Faidherbia albida*, et les pâturages herbacés par *Zornia glochidiata* et *Cassia mimosoides* ;

– sur les glacis, on rencontrait surtout des ligneux comme *Acacia raddiana*, *Grewia tenax* et *Boscia senegalensis* ; le tapis herbacé était dominé par *Schoenefeldia gracilis* ;

– sur les dépressions, les pâturages herbacés étaient également dominés par *Schoenefeldia gracilis* avec quelques présences de *Panicum laetum*. Le peuplement ligneux était composé d'*Acacia seyal*, *Acacia raddiana*, de *Combretum aculeatum*, *Combretum micranthum*, *Guiera senegalensis* et *Grewia tenax* ;

– sur les zones des ensablements nouveaux, les ligneux rencontrés étaient en majorité *Balanites aegyptiaca*, *Acacia raddiana* et *Ziziphus mauritiana*. La flore herbacée était dominée par *Schoenefeldia gracilis*, *Aristida adscensionis* et *Zornia glochidiata*.

Pour la complémentation minérale, les pierres à lécher utilisées ont été des blocs de 5 kg ayant la composition minérale suivante : Na (370 g/kg), Mg (2400 mg / kg), Fe (700 mg/ kg), Cu (100 mg/ kg), Zn (600 mg/ kg), Mn (420 mg/ kg) et I (28 mg/ kg). De la poudre d'os a été utilisée comme source de phosphore pour les animaux, dont les besoins journaliers estimés sont de 2,5 g/animal (24). Pour permettre sa consommation par les chèvres du lot PnM (tableau II), les auteurs ont effectué un mélange de poudre d'os avec une quantité moyenne de 75 g de son local de mil pour le lot. Du tourteau de coton a été utilisé pour assurer la complémentation azotée. Les compléments ont été apportés aux animaux

Tableau II

Effectif des lots par classe d'âge et par numéro de mise bas

		Lot Pn	Lot PnM	Lot PnA	Lot PnAM	Total
Par classe d'âge						
Phase I	1-2 ans	3	2	2	2	9
	2-3 ans	2	4	2	3	11
	3-4 ans	1	10	1	0	2
	4-5 ans	11	10	12	11	44
	5-6 ans	0	0	0	0	0
	Total	17	16	17	16	66
Phase II	1-2 ans	0	0	0	0	0
	2-3 ans	2	2	3	1	8
	3-4 ans	2	2	3	3	10
	4-5 ans	0	2	4	1	7
	5-6 ans	12	10	7	12	41
	Total	16	16	17	17	66
Par rang de mise bas						
Phase I	0	3	3	3	2	10
	1	3	2	2	2	10
	2	4	3	3	2	11
	3	3	3	3	5	16
	4	4	5	5	5	19
	5	0	0	0	0	0
	Total	17	16	16	16	66
Phase II	0	2	2	3	3	10
	1	1	1	2	2	6
	2	2	1	3	2	8
	3	2	3	2	2	10
	4	3	4	3	3	13
	5	6	5	4	4	19
	Total	16	16	17	17	66

Pn : pâturage naturel

PnM : pâturage naturel + apport minéral

PnA : pâturage naturel + apport azoté

PnAM : pâturage naturel + apport azoté et minéral

le soir après leur retour des pâturages, où ils restaient sept heures par jour.

### Recherche de maladies abortives

Un prélèvement sanguin ponctuel (à la veine jugulaire) a été réalisé lors de la première phase chez tous les animaux d'expérimentation, sauf chez les mâles pour les tests de la brucellose, de la chlamydiae et de la campylobactériose dans le cadre d'une étude séro-épidémiologique conduite par Dembele (10). Le sérodiagnostic de cette étude a été effectué selon la technique d'agglutination rapide sur lame par l'épreuve de l'antigène tamponné (EAT), notamment pour la brucellose et la chlamydiae.

### Données collectées, matériel utilisé et traitement des résultats

Les données collectées ont porté essentiellement sur les paramètres de reproduction et de productivité pondérale.

#### Paramètres de reproduction

Les données collectées ont porté sur le nombre de mises bas, dont l'enregistrement s'est fait à l'aide d'une fiche de suivi, et d'avortements apparents (produits fœtaux recensés). Le traitement des résultats a concerné le taux de fertilité, d'avortement apparent, de mises bas, de prolificité et de fécondité. Pour le calcul de ces différents taux retenus, les définitions proposées par différents auteurs (18, 21) ont été appliquées.

#### Paramètres de productivité pondérale

Les données collectées et traitées ont porté sur le poids à la naissance des chevreaux et le poids post-partum des mères (après un temps écoulé de 24 heures). Pour la pesée des chevreaux, un peson

de portée 10 kg (précision de 50 g) a été utilisé. Les mères ont été pesées à l'aide d'un peson de 50 kg (précision de 200 g).

### Analyse statistique des données

En plus des paramètres élémentaires, tels que les moyennes et les écarts-types établis pour les données pondérales, une analyse de variance a été faite sur les facteurs alimentaires, saison de conduite, âge des sujets, et rang de mise bas. Pour ce faire, l'analyse statistique a eu recours au logiciel Genstat et la comparaison des moyennes s'est effectuée selon le test t. Le test du Chi-2 a été utilisé pour l'analyse des paramètres de reproduction.

## ■ RESULTATS

### Tests des maladies abortives

Les tests sur les maladies abortives principales (brucellose, chlamydiae, campylobactériose) ont tous été négatifs (10).

### Influence de la conduite alimentaire sur les paramètres de reproduction

Au cours de la phase I où le problème de carences alimentaires s'est posé avec beaucoup d'acuité, notamment dans les derniers mois de cette phase, l'apport combiné de minéraux et du tourteau de coton a permis une amélioration globale des paramètres de reproduction avec une réduction significative ( $P < 0,05$ ) du taux d'avortement chez les chèvres du lot PnAM ayant bénéficié de ce traitement, comparativement à celles du lot Pn qui n'ont bénéficié d'aucune complémentation et à celles du lot PnM où la complémentation a été uniquement minérale (tableau III). L'apport du tourteau de coton (qui fournit en plus de l'azote, de l'énergie) a

Tableau III

Influence de la conduite alimentaire sur les paramètres de reproduction

Lot	Taux de fertilité (%)	Taux d'avortement (%)	Taux de mise bas (%)	Taux de prolificité (%)	Taux de fécondité (%)	
Phase I	Pn	89,4	26,7 <sup>a</sup>	77,7	109,9	84,9
	PnM	82,4	21,4 <sup>ab</sup>	64,5	116,7	75,4
	PnA	88,2	13,3 <sup>ab</sup>	76,5	115,4	86,5
	PnAM	100	0 <sup>b</sup>	100	106,7	104,9
	Moyenne	89,4	16,9	74,2	109,6	84,9
Phase II	Pn	64,3	0	64,3	122,2	78,6
	PnM	66,7	0	66,7	125	83,3
	PnA	87,5	0	87,5	129,5	113,3
	PnAM	82,2	0	82,2	116,7	95,9
	Moyenne	77,9	0	78,8	123,4	97,2
Moyenne générale	83,7	8,5	78,2	114,5	89,5	

Pn : pâturage naturel

PnM : pâturage naturel + apport minéral

PnA : pâturage naturel + apport azoté

PnAM : pâturage naturel + apport azoté et minéral

<sup>a, b</sup> Pour la phase I, les valeurs se rapportant aux avortements et portant des lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ )

eu plus d'impact que la complémentation minérale pour tous les autres paramètres de reproduction (taux de fertilité, taux de mise bas, taux de prolificité, taux de fécondité, taux d'avortement).

**Influence de la saison sur les paramètres de reproduction**

Seul, le taux de fertilité a été plus élevé pendant la phase I. Les paramètres tels que les taux de mises bas, de prolificité et de fécondité ont été plus élevés pendant la phase II. La saison a en revanche déterminé de façon significative ( $P < 0,05$ ) l'apparition des avortements (tableau III). En effet, un taux moyen d'avortement de 16,9 p. 100 a été enregistré au cours de la période de saison sèche (phase I) contre un taux nul pour la période de saison pluvieuse (phase II).

**Influence de l'âge et du rang de mises bas sur le taux d'avortement**

Au total, sept avortements sur dix enregistrés au cours de l'essai ont porté sur les animaux dont l'âge était compris entre 1 et 3 ans (tableau IV). Pour l'influence du rang de mise bas (tableau V), il a été constaté qu'au fur et à mesure que le rang de mise bas augmentait, le pourcentage des avortements diminuait ; les primipares ont été les plus affectées par le problème d'avortement. En effet, au cours de cette expérimentation, toutes les chèvres de cette catégorie ont avorté (tableau V). En revanche, aucun avortement n'a été enregistré sur les chèvres de quatrième rang de mise bas.

**Influence de la conduite alimentaire et de la saison sur les poids post-partum des mères et à la naissance des chevreaux**

Les poids moyens des quatre lots de chèvres avant l'essai n'ont pas présenté de différence significative. Par rapport à la conduite alimentaire, les animaux des lots complémentés ont présenté les poids post-partum les plus importants (tableau VI) avec une avance significative ( $P < 0,05$ ) de croît pour les animaux du lot PnAM. Les poids à la naissance des chevreaux dont les mères ont été complémentées ont été nettement plus intéressants comparativement aux autres (tableau VI). Qu'il s'agisse des mères ou des petits, la complémentation azotée a mieux favorisé la productivité pondérale que la complémentation minérale.

Globalement, les meilleures performances pondérales ont été relevées avec un apport azoté (tourteau de coton) chez les mères comme chez leurs petits. En effet, une corrélation significative ( $P < 0,05$ ) et positive ( $r^2 = 0,6$ ) a été établie entre les poids post-partum des mères et les poids à la naissance des chevreaux.

**Tableau IV**

Influence de l'âge sur le taux d'avortement au cours de la phase I

Classe d'âge (ans)	Nb. de reproductrices	Nb. de gestations	Nb. d'avortements	Taux d'avortement (%)
1-3	20	15	7	46,7 <sup>a</sup>
3-5	46	44	3	6,8 <sup>b</sup>
Tous âges confondus	66	59	10	16,9

<sup>a, b</sup> Les valeurs figurant dans la même colonne et portant des lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ )

**Tableau V**

Influence du rang de mise bas sur le taux d'avortement au cours de la phase I

Rang de mise bas	Nb. de reproductrices	Nb. de gestations	Nb. d'avortements	Taux d'avortement (%)
Nullipares	10	5	5	100 <sup>a</sup>
Multipares de 1 <sup>er</sup> rang de mises bas	10	10	2	20 <sup>b</sup>
Multipares de 2 <sup>e</sup> rang de mises bas	11	11	2	18,2 <sup>bc</sup>
Multipares de 3 <sup>e</sup> rang de mises bas	16	14	1	7,1 <sup>bc</sup>
Multipares de 4 <sup>e</sup> rang de mises bas	19	19	0	0 <sup>c</sup>
Tous rangs de mises bas confondus	66	59	10	16,9

<sup>a, b, c</sup> Les valeurs figurant dans la même colonne et portant des lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ )

**Tableau VI**

Valeurs moyennes (phases I et II) du poids post-partum des mères et du poids à la naissance des chevreaux en fonction de la conduite alimentaire

Paramètre	Lot Pn	Lot PnM	Lot PnA	Lot PnAM
Poids des mères avant saillie (kg)	26,7 ± 4,3 <sup>a</sup>	26,9 ± 4,8 <sup>a</sup>	27,8 ± 5,4 <sup>a</sup>	28,4 ± 5,8 <sup>a</sup>
Poids post-partum des mères (kg)	28,6 ± 5,2 <sup>a</sup>	28,8 ± 5,3 <sup>a</sup>	31,1 ± 5,4 <sup>ab</sup>	34,7 ± 2,1 <sup>b</sup>
Poids des chevreaux (kg)	2,2 ± 0,5 <sup>a</sup>	2,3 ± 0,6 <sup>a</sup>	2,5 ± 0,5 <sup>a</sup>	3,1 ± 0,4 <sup>a</sup>

Pn : pâturage naturel

PnM : pâturage naturel + apport minéral

PnA : pâturage naturel + apport azoté

PnAM : pâturage naturel + apport azoté et minéral

<sup>a, b</sup> Les moyennes figurant sur la même ligne et portant des lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ )

En ce qui concerne l'influence de la saison, les poids post-partum des mères et ceux des chevreaux à la naissance ont été plus élevés pendant la période de saison pluvieuse (phase II) que pendant la période de saison sèche (phase I) : 32,5 et 2,8 kg pendant la phase II, contre 28,7 et 2,4 kg pendant la phase I, respectivement pour les mères et les chevreaux (tableau VII).

Tableau VII

Influence de la saison sur le poids post-partum des mères et le poids à la naissance des chevreaux

Paramètre	Phase I	Phase II
Poids post-partum des mères (kg)	28,7 ± 6,9 <sup>a</sup>	32,5 ± 5,4 <sup>b</sup>
Poids des chevreaux (kg)	2,4 ± 0,5 <sup>a</sup>	2,8 ± 0,3 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> Les valeurs figurant sur la même ligne et portant des lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ )

## DISCUSSION

### Tests sanitaires

Les résultats tous négatifs de la sérologie effectuée dans cette étude par rapport aux trois maladies infectieuses impliquées le plus souvent dans les avortements (brucellose, chlamydie, campylobactériose) pouvaient traduire l'absence d'infection, mais pouvaient aussi bien résulter de la méthode d'analyse de laboratoire appliquée. En effet, des auteurs comme Chartier et Chartier (7) qui ont eu à utiliser cette technique en Mauritanie ont également relevé des taux de prévalence nuls pour ces maladies. En revanche, en utilisant le procédé de fixation du complément grâce aux réactifs du laboratoire national de pathologie de petits ruminants de Nice, France, Bloch et Diallo (3) ont enregistré sur des chèvres du Niger des taux de prévalence variant, en fonction des sites d'enquêtes, de 0,6 à 11,6 p. 100 pour la brucellose et de 0,03 à 1 p. 100 pour la chlamydie. Par le même procédé, il a été trouvé chez les chèvres Sahéliennes du Sénégal, des taux de prévalence respectifs de 18 et 80 p. 100 pour la brucellose et la chlamydie (22).

Par ailleurs, il semble que pour des pathologies telles que la brucellose l'infection soit modérée chez les petits ruminants comparés aux bovins (29). De plus, le fait que le climat dans la présente étude était sec et chaud pouvait limiter la présence ou la prévalence de ces maladies infectieuses abortives qui ont fait l'objet de test dans cette étude, étant donné que ce sont les milieux à climat chaud et humide qui sont surtout favorables à leur développement.

### Paramètres de reproduction

Plusieurs auteurs ont déjà relevé, à partir des résultats d'enquêtes en milieu paysan conduites en Afrique centrale et de l'Ouest, l'effet bénéfique de la complémentation de saison sèche sur les paramètres de reproduction des animaux (6, 29). Les taux d'avortements enregistrés dans cette étude apparaissent comparables à celui de 80 p. 100 rapporté chez 52 femelles de la même race, toutes nullipares (26).

Par rapport aux paramètres de reproduction comme le taux de fertilité, le taux de mise bas, le taux de prolificité et le taux de fécondité, les présentes observations corroborent celles relevées par Tourrand et Landais (29) chez la même race de chèvre du Sahel, élevée dans le delta du fleuve Sénégal. En effet, ces auteurs ont montré que la complémentation améliorait la productivité des chèvres car, rapportée à l'échelle du troupeau, ils ont estimé un gain numérique de 35 p. 100 dû à la complémentation.

En termes de taux de fertilité, de fécondité et de prolificité, Tourrand et Landais ont enregistré chez les sujets non complémentés des chiffres respectifs de 87, 93 et 120 p. 100, alors que chez leurs homologues ayant bénéficié de la complémentation, ces valeurs ont été respectivement de 97, 106 et 122 p. 100 (29). Par ailleurs, les résultats de cette même étude ont indiqué que les valeurs de ces trois paramètres relevées chez les chèvres Guinéennes ont été plus élevées avec respectivement 124, 170 et 145 p. 100. Entre cette race Guinéenne et la race Sahélienne, des observations similaires ont également été faites par Clement et coll. (8), mais uniquement sur la mesure de la prolificité dont les taux rapportés ont été de 117 et 156 p. 100, respectivement pour la première et pour la seconde race.

Plus un animal vieillit (donc plus il avance en rang de mise bas), plus sa capacité à se reproduire faiblit (18). Cela pourrait donc expliquer en partie la baisse de fertilité des chèvres pendant la seconde phase. En effet, on peut constater dans cette étude que parmi les chèvres qui n'ont pas été fécondées lors de la phase II, 60 p. 100 d'entre elles en étaient à leur quatrième rang de mise bas. En revanche, les primipares ne représentaient que 13 p. 100 des sujets non fécondés.

Par ailleurs, le fait de l'existence des variations de durée d'œstrus post-partum entre les sujets pouvait expliquer également qu'une partie des chèvres n'aient pas repris leur activité sexuelle pendant la période de leur mise en reproduction lors de la seconde phase, surtout pour les sujets plus légers. De plus, le rétablissement de l'activité ovarienne post-partum n'est pas immédiat car dépendant de beaucoup de facteurs tels que l'alimentation et la saison de mises bas précédente (16).

L'amélioration des paramètres taux de fécondité et taux de prolificité lors de la phase II pouvait provenir de l'effet de l'amélioration des conditions alimentaires des pâturages due à la saison des pluies, étant donné qu'aucun avortement n'a été enregistré lors de cette saison. Les résultats obtenus par Dumas (11) concernant le facteur saison ont également montré que les avortements étaient plus importants pendant la période sèche chaude, avec 55,3 p. 100 des avortements enregistrés, contre 22,6 et 21,8 p. 100, respectivement pour la saison sèche froide et la saison pluvieuse. Cependant, les taux enregistrés dans cette étude ont été relativement bas par rapport à ceux enregistrés chez les chèvres Naines du Burkina Faso qui ont été respectivement de 48,5 et 21,6 p. 100 pour la saison chaude et la saison pluvieuse (5). Ils ont également été en deçà de ceux rapportés chez la même race que celle de l'étude, soit 4 p. 100 pour la saison pluvieuse et 46,4 p. 100 pour la saison sèche (10).

Le niveau élevé des avortements en saison sèche pouvait s'expliquer surtout par les problèmes de carences alimentaires des animaux en cette saison. A cela pouvait s'ajouter les problèmes d'intoxication car, souvent, face à la gravité de la crise alimentaire de la saison, certains animaux sont amenés à consommer des aliments impropres dont parfois des substances potentiellement toxiques. C'est la raison pour laquelle certains auteurs (24) insistent sur l'impact du niveau et de la qualité de l'alimentation avant et durant la lutte sur l'apparition des œstrus et la viabilité des embryons.

Plusieurs résultats mettent en relief le fait que les risques d'avortement sont d'autant plus grands que les sujets sont jeunes (10, 23, 28). Ainsi, des auteurs comme Quirin et coll. (23) ont relevé que parmi les avortements qu'ils ont enregistrés, 74,4 p. 100 concernaient les jeunes de zéro à un an et les autres (25,6 p. 100) les animaux de la classe d'âge supérieure à un an. Chez des animaux de même race que celle de la présente étude, Dembele a rapporté que 59,9 p. 100 des avortements enregistrés concernaient les sujets de 2 à 3 ans, contre seulement 21,05 p. 100 chez les chèvres de 4 à 5 ans (10). Selon cet auteur, le taux d'avortement plus élevé chez

les chèvres de 2 à 3 ans était surtout lié au fait que les animaux de cette classe d'âge étaient composés essentiellement de primipares.

Le faible taux de prévalence des avortements chez les multipares pourrait aussi s'expliquer par le fait qu'elles sont immunisées de façon durable contre certaines maladies abortives lors des gestations antérieures (23). Cela expliquerait *a contrario* le fort taux d'avortement chez les primipares du fait qu'elles n'ont pas encore acquis une immunité et un développement suffisant de leurs organes génitaux pour supporter convenablement la gestation (18). Les carences alimentaires, notamment les fortes variations saisonnières, sont causes de retard dans le développement des animaux. Pour cette catégorie d'animaux qui n'ont pas terminé leur croissance et leur développement, les besoins azotés de gestation viennent s'ajouter aux besoins d'entretien et de croissance qui ne sont guère couverts en saison sèche par les pâturages sahéliens dont les teneurs en azote se situent constamment en dessous de 1 p. 100 (4). Ainsi, il est toujours nécessaire d'assurer des apports en matières azotées afin d'éviter toute compétition entre ces trois processus et garantir ainsi une gestation convenable (24). Cela peut justifier en partie le fait que, dans cette étude, la complémentation azotée ait induit un impact plus positif sur la réduction du taux d'avortement comparativement à la complémentation minérale, et ceci, d'autant plus que la complémentation azotée (tourteau de coton) a fourni en même temps des sels minéraux, notamment le phosphore (19).

### Paramètres de productivité pondérale

Lorsqu'en saison sèche l'alimentation des animaux est basée sur le pâturage naturel, on assiste généralement à des pertes importantes de poids (13, 32). Parmi les nutriments incriminés dans cette crise pondérale, l'azote reste l'élément le plus marquant (15). Un apport substantiel d'une source azotée aux animaux évoluant sur parcours naturels de saison sèche se traduit généralement par la réduction ou parfois la suppression totale de la perte de poids accompagnée de gains positifs (15, 32). La complémentation minérale est cependant indispensable en saison sèche, mais elle est surtout profitable aux animaux lorsque ces derniers bénéficient d'une offre en matière organique facilement dégradable (25).

Il semble, comme l'a déjà souligné Guerin (12), que pour les animaux de l'élevage extensif des régions tropicales, la complémentation minérale, notamment la complémentation en phosphore, est moins évidente chez les petits ruminants en termes de gain pondéral comparativement aux bovins. Pour l'auteur, cela est lié au fait que les petits ruminants sont plus aptes, grâce à leur tri alimentaire plus intense (notamment les caprins), à se constituer une ration peu carencée pour se maintenir.

Les poids moyens à la naissance des chevreaux obtenus dans cette étude ont été similaires à ceux rapportés par Sanfo (26) qui a travaillé sur la même race Sahélienne du Burkina. Ils ont été également comparables à la valeur de  $2,25 \pm 0,63$  kg rapportée chez la même race (17).

La corrélation positive entre les poids de parturition des chèvres et les poids à la naissance de leurs petits a été relevée par plusieurs auteurs (19). Le fait que les chèvres complémentées de cette étude aient pris plus de poids que leurs homologues non complémentées (par exemple un gain de poids de 6,3 kg pour le Lot PnAM contre 1,9 kg pour le Lot Pn) peut expliquer les meilleurs poids à la naissance de leurs petits. C'est ce qui peut d'ailleurs justifier le fait que les poids de ces sujets et ceux de leurs petits aient été plus corrélés ( $r^2 = 0,75$ ) que les poids des sujets non complémentés et ceux de leurs petits ( $r^2 = 0,46$ ). Cependant, l'absence de différence significative entre les poids des chevreaux due à l'influence des traitements alimentaires confirme les observations déjà relevées par d'autres auteurs (19).

L'importance quantitative et qualitative des pâturages de saison pluvieuse peut expliquer les meilleurs résultats de poids post-partum des mères et de poids à la naissance des chevreaux de la deuxième phase par rapport à la première. Cette situation a par ailleurs favorisé une bonne croissance des nullipares qui ont pu mettre bas normalement sans qu'il y ait d'avortement. En effet, en saison pluvieuse, les pâturages sont notamment riches en protéines et minéraux indispensables (25). De plus, les nullipares au début de l'essai étaient plus âgées en saison pluvieuse. En revanche, en saison sèche, les pâturages sont essentiellement constitués de paille peu digestible et de faible valeur nutritive, et sont donc insuffisants pour couvrir les besoins alimentaires des animaux. Hormis cela, les nullipares étaient avancées en âge en saison pluvieuse comparativement à ce qu'elles étaient pendant la saison sèche.

### CONCLUSION

La complémentation minérale et/ou azotée de saison sèche a permis de réduire de façon significative le taux d'avortement chez la chèvre du Sahel qui a été de 22,6 p. 100 avec une alimentation en pâturage naturel (lot Pn). Cette réduction est apparue plus importante avec la complémentation azotée qu'avec la complémentation minérale, particulièrement chez les sujets jeunes qui en étaient à leur première gestation. Cependant, les deux types de compléments apportés ensemble aux animaux ont permis d'éviter totalement les avortements au cours de cette saison. L'âge et le rang de mise bas ont eu une part significative sur les manifestations des avortements. En effet, les jeunes animaux nullipares, dont le développement était insuffisant, ont été ceux qui ont avorté le plus. La quantité et la qualité de l'offre alimentaire des pâturages de saison pluvieuse ont paru suffisantes pour éviter les avortements des chèvres, si bien qu'il n'a plus semblé nécessaire de leur apporter des compléments azotés et des minéraux pendant cette saison.

Suite aux résultats préliminaires de cette étude, et en tenant compte des moyens financiers limités des éleveurs, il peut être recommandé que, pendant la saison sèche, la complémentation soit faite par catégorie d'animaux. La complémentation minérale seule pourrait être recommandée pour les multipares de quatrième de rang de mise bas et plus. En revanche, pour les autres, de rangs de mise bas inférieurs, notamment les nullipares, il est nécessaire d'associer la complémentation azotée à la complémentation minérale.

Par la suite, il conviendrait de vérifier si le problème d'avortement de la chèvre du Sahel, au cours de la saison sèche, est dû à la faible valorisation par ces dernières des sources azotées et minérales fournies par les parcours, ou s'il est dû surtout à un déficit prononcé des pâturages en ces éléments.

### Remerciements

Les auteurs adressent leurs remerciements à S. Sanou, agronome de l'équipe de B.I. Gnanda basée à Dori, Burkina Faso, pour le soutien à l'organisation et l'exploitation des données de cette recherche.

### BIBLIOGRAPHIE

1. BENGOUMI M., FAYE B., EL KASMI K., TRESSOL J.C., 1995. Facteurs de variation des indicateurs plasmatiques du statut nutritionnel en oligo-éléments chez le dromadaire au Maroc. I. Valeurs usuelles et variations physiologiques. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48** : 271-276.
2. BESSIN R., 1996. Avortement des petits ruminants : facteurs limitant en élevage villageois. In: Proc. 3<sup>rd</sup> Biennial conference of the African small ruminant reproduction, Niamey, Niger. Nairobi, Kenya, ILRI, p. 325-336.

3. BLOCH N., DIALLO I., 1991. Enquête sérologique chez les petits ruminants dans quatre départements du Niger. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **44** : 397-404.
4. BOUDET G., 1984. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Paris, France, ministère des Relations extérieures, 266 p. (Coll. Manuels et précis d'élevage)
5. BOURZAT D., 1980. Paramètres zootechniques des espèces ovines et caprines de type Mossi et de type Peul. Rapport. Maisons-Alfort, France, lemv, 11 p.
6. CHARRAY J., COULOMB J., HAUMESSER J.B., PLANCHEAULT D., PUGLIESE P.L., 1980. Synthèse des connaissances sur l'élevage des petits ruminants dans les pays tropicaux d'Afrique centrale et d'Afrique de l'Ouest. Rapport. Paris, France, FAC, 121 p.
7. CHARTIER C., CHARTIER F., 1988. Enquête séro-épidémiologique sur les avortements infectieux des petits ruminants en Mauritanie. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **41** : 23-34.
8. 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.
9. COULIBALY A., 1997. Promotion des petits ruminants (moutons en milieu rural : cas de Wérédara, département de Satiri. Rapport. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Cirdes, 19 p.
10. DEMBELE I., 2000. Pathologies de la reproduction des caprins : enquêtes sero-épidémiologiques sur les avortements des chèvres au Burkina Faso. Mémoire Technicien supérieur d'élevage spécialisé, Enesa, Ouagadougou, Burkina Faso, 92 p.
11. DUMAS R., 1980. Contribution à l'étude des petits ruminants du Tchad. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **33** : 215-233.
12. GUERIN H., 1988. Le phosphore dans l'alimentation des ruminants tropicaux : risques de carences, effet de fertilisation des fourrages et de la complémentation, possibilité d'utilisation des phosphates naturels. In : Séminaire international Utilisation des phosphates naturels dans la nutrition végétale et animale, Ferphos-Tebessa, Algérie, 8-10 mars 1988, 29 p.
13. HEMA N., 1988. Production des petits ruminants sur un pâturage naturel de la Station expérimentale de Gampéla. Mémoire Ingénieur Développement rural, IDR, université de Ouagadougou, Burkina Faso, 128 p.
14. ICKOWICZ A., 1996. Parcours pastoraux en zone sahélo-soudanienne. Bilans fourragers et gestion des terroirs. *Afr. Agric.*, n° 234, p. 52.
15. KABORE-ZOUNGRANA C., KIEMA S., NIANOGO A.J., 1997. Valeur nutritive des sous-produits agricoles et sous-produits agro-industriels du Burkina Faso. *Sci. Tech., Sci. nat.*, **22** : 81-88.
16. KHALDI G., LASSOUED N., 1992. Caractéristiques de reproduction des femelles ovines de race Barbarine. In: Proc. 1st Biennial Conference African Small Ruminant Research Network, Nairobi, Kenya, 10-14 Dec. 1990. Nairobi, Kenya, ILRAD, p. 223-232.
17. KONATE S., 2000. L'élevage des caprins au Séno. Résultats de quelques paramètres de production en station et dans les exploitations traditionnelles de Lelly. Mémoire Technicien supérieur, Elevage spécialisé, Enesa, Ouagadougou, Burkina Faso, 48 p.
18. 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 française, 288 p.
19. MADIBELA O.R., MOSIMANYANA B.M., BOITUMELO W.S., PELAELO T.D., 2002. Effect of supplementation on reproduction of wet season kidding Tswana goats. *South Afr. J. Anim.*, **32**: 14-22.
20. MCDOWELL L.R., ELLIS G.L., CONRAD J.H., 1984. Supplémentation en sels minéraux pour le bétail élevé sur pâture sous les tropiques. *Revue mond. Zootech.*, **52** : 2-12.
21. MOULIN C.H., 1993. Performances animales et pratiques d'élevage en Afrique sahélienne. La diversité du fonctionnement des troupeaux de petits ruminants dans la communauté rurale de Ndiagne (Sénégal). Thèse Doct., INA, Ensa, Dijon, France, 248 p.
22. NDIAYE M., TILLARD E., FAYE B., LANCELOT R., AKAKPO A.J., RICHARD D., 2000. Relations entre performances de reproduction, statuts maternels physiologiques, infectieux et nutritionnels des chèvres des régions sahéliennes et soudaniennes du Sénégal. In : Symposium techniques T1 Bilan et perspectives de programmes européens sur les petits ruminants en Afrique, Poitier, France, 15-21 mai 2000. Bruxelles, Belgique, Commission européenne, p. 175-197.
23. QUIRIN R., LEAL T.M., GUIMARAES FILHO C., 1993. Epidémiologie descriptive des avortements caprins en élevage traditionnel du Nordeste brésilien. Enquête rétrospective de carrières de femelles. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **46** : 495-502.
24. REKIK M., GHARBI M., 1999. Réponse des races ovines locales en Tunisie à la reproduction en âge précoce. *Tropicicultura*, **16-17** : 64-69.
25. RIVIERE R., 1991. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Paris, France, ministère de la Coopération et du Développement, 529 p. (Manuels et précis d'élevage)
26. SANFO R., 1998. Etude sur les caractéristiques morpho-biométriques et la productivité de la chèvre du Sahel burkinabé. Thèse MSc, Imta, Anvers, Belgique, 57 p.
27. TAMBOURA H., BERTE D., 1996. Système traditionnel d'élevage caprin sur le plateau central du Burkina Faso. In : Proc. 3<sup>rd</sup> Biennial conference of the African small ruminant reproduction, Niamey, Niger. Nairobi, Kenya, ILRI, p. 285-289.
28. TEKELYE B., KASALI O.B., TSION A., 1991. Reproductive problems in crossbred cattle in central Ethiopia. *Anim. Reprod. Sci.*, **26**: 41-49.
29. 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.
30. YAHAYA A., 1999. Facteurs impliqués dans les avortements et infertilité des femelles ovines et caprines. Dess, Productions animales en régions chaudes, Ecole nationale vétérinaire, Maisons-Alfort, Cirad-emvt, Montpellier, France, 24 p. + annexes.
31. ZERBO L., 1993. Caractéristiques des stations de recherche agronomiques : Di, Katchari, Kouare. Rapport. Ouagadougou, Burkina Faso, Inera, 91 p.
32. ZOUNDI S.J., 1994. Complémentation stratégique et croissance compensatrice chez des ovins évoluant sur parcours naturel. Thèse Doct. Sciences biologiques appliquées, faculté des Sciences et Techniques, université d'Ouagadougou, Burkina Faso, 137 p.

Reçu le 21.12.2004, accepté le 21.04.2006

## Summary

**Gnanda B.I., Zoundi S.J., Nianogo J.A., Meyer C., Zono O.**  
Effect of Mineral and Nitrogen Supplementation on Reproduction Parameters of the Burkinabe Sahelian Goat

The aim of this study was to assess over two periods (dry season and wet season) the effect of a mineral supplementation covering the needs in phosphorus, iodine, copper, zinc and manganese, in association with nitrogen supplementation, on the abortion rate and other reproduction parameters of 66 Burkinabe Sahelian does. The four diet treatments applied were: natural grazing (nG) only; nG + mineral supplementation; nG + nitrogen supplementation; and nG + mineral and nitrogen supplementation. The dry season results showed a significant effect of the mineral and/or nitrogen supplementation on the reduction of abortion incidence. The treatment which combined both mineral and nitrogen supplementation was the most efficient because no abortion was observed in the animals that benefited from it. Among the does that aborted during the dry season, primiparous does were the most affected (50% of abortion cases). No abortion was observed during the rainy season, thus indicating the uselessness to give pregnant does mineral and nitrogen supplementation during that season, when grazing resources are plentiful and of quality. During that season goat fecundity increased by over 12.3 points (in percentages), compared to that recorded during the dry season. Whatever the season, supplementation also improved other reproduction parameters such as the fertility rate, parturition rate, fecundity rate, and kids' weight at birth.

**Keywords:** Burinabe Sahelian goat – Abortion – Supplement – Reproduction – Seasonal variation – Burkina Faso.

## Resumen

**Gnanda B.I., Zoundi S.J., Nianogo J.A., Meyer C., Zono O.**  
Test de un complemento mineral y nitrogenado sobre los parámetros de reproducción de la cabra del Sahel burkinabe

El objetivo del estudio es la evaluación, durante dos periodos (periodo de la estación seca y periodo de la estación lluviosa), del impacto de un complemento mineral que asegure una cobertura en fósforo, yodo, cobre, zinc y manganeso, asociado a un aporte nitrogenado, sobre la tasa de abortos y otros parámetros de reproducción en 66 cabras del Sahel burkinabe. Se aplicaron los cuatro tipos de tratamientos alimenticios siguientes: pastoreo natural (Pn) únicamente; Pn + complemento mineral; Pn + complemento nitrogenado; y Pn + complemento mineral y complemento nitrogenado. Los resultados del periodo de la estación seca indicaron un efecto significativo del complemento mineral y/o nitrogenado sobre la reducción de los abortos. El tratamiento que combinó a la vez los complementos mineral y nitrogenado fue el más eficaz, debido a que no se observó ningún aborto en los animales que beneficiaron de él. Entre las cabras que abortaron durante esta estación, las primíparas fueron las más afectadas (50% de los casos registrados). No se registró ningún aborto durante el periodo de la estación lluviosa, traduciendo la inutilidad de aportar a las cabras grávidas complementos minerales y nitrogenados durante esta estación, que presenta una oferta alimenticia de pasto suficiente en cantidad y calidad. Durante esta estación, la fecundidad de las cabras aumentó de más de 12,3 puntos (en porcentaje) con respecto a la registrada durante la conducción de la estación seca. La suplementación permitió en todas las estaciones de mejorar también otros parámetros reproductivos: tasa de fertilidad, tasa de parto, tasa de fecundidad y peso al nacimiento.

**Palabras clave:** Cabra Saheliana burkinabe – Aborto – Suplemento – Reproducción – Variación estacional – Burkina Faso.

# International Grassland Congress International Rangeland Congress

Huhhot, China  
29 June - 5 July, 2008

## Invitation

On behalf of the Organising Committee of the 2008 Joint Meeting of the International Grassland Congress and the International Rangeland Congress (2008 IGC/IRC) I have great pleasure in inviting colleagues from all over the world to Huhhot, China, from 29th June - 5th July, 2008.

This forum will be the first time that these two important international congresses have met together to allow international exchange and discussion on the multifunction of grasslands and rangelands in a changing world. The Congress will focus on discussing scientific and technological aspects of grassland/rangeland management, and on the challenges involved to overcome major limitations for implementing sustainable development. For this reason, we feel that any person from the research, university, government and industry sectors from around the world will find the 2008 IGC/IRC most stimulating and worthwhile.

The first joint Congress will be a significant milestone in the history of IGC and IRC, and in research and development of grasslands and rangelands in the world. China has breathtaking scenery and outstanding hospitality. It is an ideal country to host the Congress with 392.8 million hectares of grasslands and rangelands in which more than 6000 plant species grow. Diversity is most characteristic of China's grasslands, with alpine meadow, steppe, desert, tropical and subtropical ecosystems, and people of 56 nationalities who use the grasslands in many different ways depending on their culture. Agricultural and pastoral systems are being developed and modernized, with attention to landscape management, amenity values, plant and livestock production, and product processing and marketing.

We look forward to welcoming you to a truly memorable 2008 IGC/IRC in China.

*Hong Fuzeng, Lei Erdeni, Yun Jinfeng*  
Chairmen, Organizing Committee of 2008 IGC/IRC

<http://www.igc-irc2008.org>  
Tel.: +86 10 62 73 16 66  
Fax: +86 10 62 73 27 99  
Email: [secretariat2008@hotmail.com](mailto:secretariat2008@hotmail.com)

2008 IGC/IRC Secretariat  
Institute of Grassland Science  
China Agricultural University  
2 Yuan MingYuan Xilu  
Haidian, Beijing, 100094  
P R CHINA

# Performances d'engraissement et caractéristiques des carcasses des agneaux Boujaâd et Sardi au Maroc

A. Chikhi<sup>1</sup> I. Boujenane<sup>2\*</sup>

## Mots-clés

Ovin – Sardi – Boujaâd –  
Engraissement – Carcasse – Maroc.

## Résumé

L'étude a porté sur l'analyse des performances d'engraissement et des caractéristiques de carcasses de 183 et de 182 agneaux mâles nés simples, respectivement des races Boujaâd et Sardi. Ces performances ont été mesurées au cours de six années consécutives, de 1996 à 2001, au Domaine expérimental Dérroua de l'Inra au Maroc. La période d'engraissement a été en moyenne de 64 jours et les animaux ont été abattus à l'âge moyen de 166 jours. L'analyse des données a montré que la race de l'agneau avait un effet significatif sur toutes les variables étudiées, sauf sur le gain de poids moyen quotidien de la période de finition, l'indice de consommation [kg matière sèche (MS) d'aliments/kg de gain de poids], le poids du gras de rognon, le poids du gras mésentérique, la note d'état d'engraissement et la note de conformation de la carcasse. Les différences entre les agneaux des races Sardi et Boujaâd ont été de 0,04 kg MS/animal/jour pour l'ingestion, 1,1 kg pour le poids à l'abattage, 1,2 kg pour le poids de la carcasse chaude, 1,3 p. 100 pour le rendement en carcasse, - 0,20 kg pour les poumons et le cœur, 0,03 kg pour le foie, 0,10 kg pour les réservoirs gastriques vides, 0,10 kg pour la tête, - 0,48 kg pour la peau et - 0,07 kg pour les quatre pattes. Il a été conclu que les performances d'engraissement et les caractéristiques des carcasses des races Sardi et Boujaâd étaient très satisfaisantes et presque similaires. Par conséquent, elles pourraient être élevées en race pure ou utilisées comme race paternelle en croisement avec les autres races locales pour améliorer la production de viande ovine au Maroc.

## ■ INTRODUCTION

La viande ovine est très appréciée par le consommateur marocain. Toutefois, son niveau de consommation a peu augmenté durant les trois dernières décennies, passant de 3,5 à 4,2 kg/habitant entre 1970 et 1998. Cette faible progression s'explique par la hausse du prix de la viande ovine qui est passé de 7,80 à 51,25 dirhams au cours de la même période, soit une augmentation de 657 p. 100 (1).

Les principaux facteurs qui ont contribué à l'augmentation du prix de la viande ovine sont : la demande élevée due à la poussée démographique et la faible productivité des troupeaux. Ainsi, pour que la consommation de cette viande soit maintenue à son niveau actuel, malgré sa faiblesse, la production de viande ovine doit progresser annuellement de 2,5 p. 100 jusqu'à l'an 2020 (1). Pour résorber le déficit en protéines animales et faire face à la demande croissante en viande ovine, il est essentiel d'améliorer les performances de croissance postsevrage des agneaux et de produire des carcasses lourdes et appréciées au niveau du marché.

La présente étude vise à comparer les performances d'engraissement et les caractéristiques des carcasses des agneaux de races Boujaâd et Sardi durant plusieurs années en vue de leur utilisation comme races paternelles dans les croisements avec les autres races locales.

1. Centre régional de la recherche agronomique, Institut national de la recherche agronomique, Errachidia, Maroc.

2. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

\* Auteur pour la correspondance

Département des productions animales, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, BP 6202, Rabat-Instituts, 10101 Rabat, Maroc.

Tél./fax : +212 37 77 64 20 ; e-mail : i.boujenane@iav.ac.ma

## ■ MATERIEL ET METHODES

Les données analysées ont été collectées dans le Domaine expérimental Déroura de l'Institut national de la recherche agronomique (Inra). Ce domaine est situé à 24 km à l'ouest de Béni Mellal au centre du Maroc.

L'étude a concerné les performances d'engraissement et les caractéristiques des carcasses de 183 agneaux Sardi et 182 agneaux Boujaâd. Ces agneaux sont nés au cours de six années, de 1996 à 2001.

### Conduite des animaux

Chaque année, une trentaine d'agneaux mâles, nés simples et sevrés à 90 jours, ont été engraisés en lots de 6 à 7. La répartition des agneaux a été faite sur la base de leur âge et de leur poids de manière à avoir des lots homogènes. Le nombre d'agneaux engraisés et abattus par race et année est présenté dans le tableau I.

L'âge moyen au début de l'engraissement des agneaux des deux races a été d'environ 101 jours et le poids moyen de 25,5 et 26,4 kg respectivement pour les races Boujaâd et Sardi. La période d'engraissement a duré en moyenne 64 jours et les animaux ont été abattus à un âge moyen de 166 jours.

La ration distribuée a été formulée de manière à avoir une teneur en matières azotées de 16 p. 100. Cette ration était composée de 30 p. 100 de foin de luzerne broyé, 52 p. 100 de maïs grain, 16 p. 100 de tourteau de tournesol et 2 p. 100 de complément minéral et vitaminé. L'alimentation a été distribuée à volonté. La quantité distribuée a été de 900 g/tête/j (jour) au démarrage de l'essai et a augmenté par la suite. L'engraissement proprement dit a commencé après une dizaine de jours d'adaptation. Les agneaux ont été traités contre les parasites internes et un complexe minéral et vitaminique leur a été administré.

### Contrôles effectués

Pendant la période d'engraissement les contrôles effectués sur les agneaux ont été les suivants :

- une triple pesée des agneaux au début et à la fin de la période d'engraissement ;
- une pesée simple tous les quinze jours durant la période d'engraissement ;
- un contrôle quotidien de l'alimentation distribuée par lot (pesée des quantités distribuées et refusées) ;

**Tableau I**

Répartition des agneaux engraisés et abattus selon la race et l'année

Année	Race Boujaâd		Race Sardi		Total	
	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%
1996	30	16,4	30	16,5	60	16,4
1997	33	18,0	33	18,1	66	18,1
1998	33	18,0	33	18,1	66	18,1
1999	30	16,4	30	16,5	60	16,4
2000	28	15,3	28	15,4	56	15,3
2001	29	15,8	28	15,4	57	15,6
Total	183	100	182	100	365	100

- un ajustement de l'alimentation quotidienne de telle sorte que le refus constituait 10 p. 100 du distribué.

A l'abattage les contrôles effectués ont concerné :

- le poids vif à l'abattage (après 18 heures de jeûne) ;
- le poids de la carcasse chaude (15 minutes après son obtention) ;
- le poids des réservoirs gastriques pleins et vides ;
- le poids des poumons, cœur et foie ;
- le poids du gras mésentérique, gras de rognon et rognon ;
- le poids de la peau, des quatre pattes et de la tête ;
- l'état d'engraissement, évalué en utilisant les modèles photographiques de Colomer-Rocher (6) ; la note 1 correspondait à une carcasse très maigre, alors que la note 5 correspondait à une carcasse excessivement grasse ;
- l'état de conformation, évalué en utilisant les modèles photographiques de Colomer-Rocher (6) ; la note P, codée 1, correspondait à une carcasse médiocre, alors que la note E, codée 5, correspondait à une carcasse excellente.

### Caractères étudiés

Les performances d'engraissement étudiées ont été les gains de poids moyens quotidiens (gmq) à l'engraissement, l'ingestion [en kilogrammes de matière sèche par animal et par jour (kg MS/animal/j) et g MS/kg P<sup>0,75</sup>/j] et l'indice de consommation (kg de MS d'aliments/kg de gain de poids). Les caractéristiques des carcasses étudiées ont été le poids vif à l'abattage, le poids de la carcasse chaude, le rendement en carcasse (poids de la carcasse chaude/poids vif à l'abattage), l'état de conformation, l'état d'engraissement, les poids du gras de rognon, du gras mésentérique, des poumons et du cœur, du foie, des réservoirs gastriques vides, de la tête, de la peau et des quatre pattes.

### Analyses statistiques

L'analyse des données a été faite par la méthode des moindres carrés en utilisant le modèle linéaire généralisé (GLM) du logiciel SAS (17). Les modèles utilisés ont inclus les effets fixes de la race (deux niveaux : Boujaâd et Sardi), l'année (six niveaux : 1996... 2001), l'interaction entre la race et l'année, et une covariable. Cette dernière a varié en fonction du caractère considéré. Ainsi, le poids au début de l'essai a été utilisé comme covariable pour l'analyse du gmq à l'engraissement, du niveau d'ingestion et de l'indice de consommation. L'âge à l'abattage a été utilisé comme covariable pour l'analyse du poids vif à l'abattage et du poids de la carcasse chaude. Pour l'analyse des variables restantes, le poids vif vide a été utilisé comme covariable. Chaque fois qu'un facteur de variation s'est révélé significatif, un test de comparaison des moyennes ajustées a été effectué en utilisant l'option Pdiff de la procédure GLM.

## ■ RESULTATS ET DISCUSSION

Les moyennes ajustées des performances d'engraissement et des caractéristiques des carcasses des agneaux mâles nés simples des races Boujaâd et Sardi sont présentées dans les tableaux II, III et IV.

### Effet de la race de l'agneau

#### Performances d'engraissement

La race de l'agneau a eu un effet très significatif sur l'ingestion (kg MS/animal/j et g MS/kg P<sup>0,75</sup>/j) mais n'a pas eu d'effet significatif sur le gmq à l'engraissement et sur l'indice de consommation. Ce dernier résultat est en accord avec celui de Boujenane et coll. (4) qui ont montré que les gmq à l'engraissement des agneaux D'man,

Tableau II

Moyennes ajustées  $\pm$  erreurs types du gmq à l'engraissement, de l'ingestion et de l'indice de consommation des agneaux par race et par année

Facteurs de variation	Nb.	Gmq engraissement (g)	Quantité MS ingérée/animal/j (kg MS)	Quantité MS ingérée/animal/j (g MS/kg P <sup>0,75</sup> )	Indice de consommation (kg MS/kg de gain de poids)
Race		NS	**	**	NS
Boujaâd	183	278 $\pm$ 3	1,30 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	76 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	4,72 $\pm$ 0,05
Sardi	182	282 $\pm$ 3	1,34 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	78 $\pm$ 1 <sup>b</sup>	4,79 $\pm$ 0,05
Année		NS	***	***	***
1996	60	279 $\pm$ 4	1,30 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	77 $\pm$ 8 <sup>a</sup>	4,72 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>
1997	66	288 $\pm$ 5	1,40 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	82 $\pm$ 6 <sup>b</sup>	4,93 $\pm$ 0,09 <sup>ab</sup>
1998	66	283 $\pm$ 4	1,39 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	82 $\pm$ 7 <sup>b</sup>	5,00 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>
1999	60	284 $\pm$ 4	1,17 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>	66 $\pm$ 6 <sup>c</sup>	4,18 $\pm$ 0,09 <sup>c</sup>
2000	56	280 $\pm$ 5	1,31 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	77 $\pm$ 7 <sup>a</sup>	4,70 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>
2001	57	266 $\pm$ 5	1,30 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	78 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	4,98 $\pm$ 0,09 <sup>ab</sup>
Régression linéaire (poids initial)	-	NS -0,17 $\pm$ 0,51	*** 0,018 $\pm$ 0,002	*** -0,22 $\pm$ 0,12	*** 0,06 $\pm$ 0,01

gmq : gain de poids moyen quotidien

MS : matière sèche

<sup>a,b,c</sup>, Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %

NS : P &gt; 0,05

\*\* P &lt; 0,01

\*\*\* P &lt; 0,001

Tableau III

Moyennes ajustées  $\pm$  erreurs types des caractéristiques de carcasses des agneaux par race et par année

Facteurs de variation	Nb.	Poids vif à l'abattage (kg)	Poids carcasse chaude (kg)	Rendement en carcasse (%)	Etat de conformation <sup>1</sup> (note)	Etat d'engraissement <sup>2</sup> (note)	Gras de rognon (g)	Gras mésentérique (g)
Race		**	***	***	NS	NS	NS	NS
Boujaâd	183	43,4 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	21,3 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	49,0 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	3,67 $\pm$ 0,03	3,86 $\pm$ 0,07	301 $\pm$ 7	1368 $\pm$ 23
Sardi	182	44,5 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>	22,5 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	50,3 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	3,66 $\pm$ 0,03	3,92 $\pm$ 0,08	290 $\pm$ 7	1392 $\pm$ 23
Année		***	***	***	***	***	***	***
1996	60	44,5 $\pm$ 0,5 <sup>ab</sup>	22,6 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	50,8 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	2,96 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	3,59 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>	310 $\pm$ 12 <sup>a</sup>	1219 $\pm$ 40 <sup>a</sup>
1997	66	46,8 $\pm$ 0,6 <sup>d</sup>	24,1 $\pm$ 0,4 <sup>d</sup>	51,2 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	4,15 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup>	4,50 $\pm$ 0,14 <sup>b</sup>	235 $\pm$ 12 <sup>b</sup>	1276 $\pm$ 41 <sup>b</sup>
1998	66	44,8 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	22,7 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	50,5 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	3,42 $\pm$ 0,05 <sup>c</sup>	3,38 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>	333 $\pm$ 11 <sup>ac</sup>	1286 $\pm$ 38 <sup>b</sup>
1999	60	43,7 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	21,2 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>	48,5 $\pm$ 0,3 <sup>bc</sup>	3,85 $\pm$ 0,06 <sup>de</sup>	3,94 $\pm$ 0,13 <sup>ac</sup>	239 $\pm$ 12 <sup>b</sup>	1330 $\pm$ 40 <sup>b</sup>
2000	56	42,6 $\pm$ 0,7 <sup>bc</sup>	20,9 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	49,1 $\pm$ 0,3 <sup>c</sup>	3,71 $\pm$ 0,07 <sup>d</sup>	3,93 $\pm$ 0,14 <sup>ac</sup>	313 $\pm$ 13 <sup>a</sup>	1544 $\pm$ 43 <sup>c</sup>
2001	57	41,2 $\pm$ 0,6 <sup>c</sup>	19,7 $\pm$ 0,4 <sup>c</sup>	48,1 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>	3,92 $\pm$ 0,07 <sup>e</sup>	4,00 $\pm$ 0,15 <sup>c</sup>	347 $\pm$ 13 <sup>c</sup>	1527 $\pm$ 44 <sup>c</sup>
Régression linéaire (âge à l'abattage)	-	*** 0,15 $\pm$ 0,02	** 0,08 $\pm$ 0,01	-	-	-	-	-
Régression linéaire (poids vif vide)	-	-	-	* 0,10 $\pm$ 0,03	*** 0,08 $\pm$ 0,01	NS 0,03 $\pm$ 0,01	*** 11 $\pm$ 1	*** 52 $\pm$ 4

<sup>1</sup> Notes de 1 à 5 : 1 = carcasse médiocre ; 5 = carcasse excellente<sup>2</sup> Notes de 1 à 5 : 1 = carcasse très maigre ; 5 = carcasse excessivement grasse<sup>a,b,c,d,e</sup> Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %

NS : P &gt; 0,05

\* P &lt; 0,05

\*\* P &lt; 0,01

\*\*\* P &lt; 0,001

Tableau IV

Moyennes ajustées ± erreurs types des parties du cinquième quartier des agneaux par race et par année

Facteurs de variation	Nb.	Poumons et cœur (kg)	Réservoirs gastriques vides (kg)	Foie (kg)	Tête (kg)	Peau (kg)	Pattes (kg)
Race		**	***	**	***	***	***
Boujaâd	183	1,13 ± 0,05 <sup>a</sup>	2,43 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,81 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,46 ± 0,02 <sup>a</sup>	5,15 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,19 ± 0,16 <sup>a</sup>
Sardi	182	0,93 ± 0,05 <sup>b</sup>	2,53 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,84 ± 0,01 <sup>b</sup>	2,56 ± 0,02 <sup>b</sup>	4,67 ± 0,05 <sup>b</sup>	1,12 ± 0,16 <sup>b</sup>
Année		***	NS	***	***	***	***
1996	60	0,99 ± 0,08 <sup>a</sup>	2,59 ± 0,05	0,76 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,78 ± 0,04 <sup>a</sup>	5,09 ± 0,08 <sup>a</sup>	1,25 ± 0,02 <sup>a</sup>
1997	66	1,02 ± 0,08 <sup>a</sup>	2,39 ± 0,06	0,86 ± 0,01 <sup>c</sup>	2,63 ± 0,04 <sup>e</sup>	5,16 ± 0,09 <sup>a</sup>	1,17 ± 0,02 <sup>b</sup>
1998	66	0,95 ± 0,08 <sup>ab</sup>	2,50 ± 0,05	0,84 ± 0,01 <sup>cd</sup>	2,57 ± 0,03 <sup>ce</sup>	5,24 ± 0,08 <sup>a</sup>	1,04 ± 0,02 <sup>c</sup>
1999	60	0,83 ± 0,08 <sup>ab</sup>	2,52 ± 0,05	0,76 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,49 ± 0,03 <sup>bc</sup>	5,04 ± 0,08 <sup>a</sup>	1,07 ± 0,02 <sup>c</sup>
2000	56	0,74 ± 0,09 <sup>b</sup>	2,46 ± 0,06	0,82 ± 0,01 <sup>d</sup>	2,41 ± 0,04 <sup>b</sup>	4,92 ± 0,09 <sup>c</sup>	1,07 ± 0,02 <sup>c</sup>
2001	57	1,66 ± 0,09 <sup>c</sup>	2,45 ± 0,06	0,91 ± 0,01 <sup>b</sup>	2,19 ± 0,04 <sup>d</sup>	4,01 ± 0,09 <sup>b</sup>	1,32 ± 0,02 <sup>d</sup>
Régression linéaire (poids vif vide)	—	NS	***	***	***	***	***
		-0,002 ± 0,010	0,044 ± 0,006	0,018 ± 0,001	0,048 ± 0,004	0,122 ± 0,010	0,013 ± 0,003

a,b,c,d,e Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %

NS : P &gt; 0,05

\*\* P &lt; 0,01

\*\*\* P &lt; 0,001

Sardi et DS ne sont pas significativement différents. Durant la période d'engraissement, les agneaux Sardi ont ingéré 3 p. 100 de MS/animal/j et 1 p. 100 de MS/kg P<sup>0,75</sup>/j de plus que les agneaux Boujaâd. Les quantités ingérées par les agneaux Sardi et Boujaâd ont été inférieures à celles des agneaux croisés issus de pères Ile-de-France et de mères Sardi, Béni Guil et Timahdite, qui ont varié de 1,38 à 1,51 kg de MS/animal/j et de 104 à 108 g MS/kg P<sup>0,75</sup>/j (4). En outre, les gmq à l'engraissement des agneaux Sardi et Boujaâd (280 g/j) ont été supérieurs à ceux des agneaux des races locales Béni Guil, Timahdite et D'man qui sont en général inférieurs à 200 g/j (1, 2, 3, 4, 5, 8, 10). Ces performances ont été de plus de 15 p. 100 supérieures à celles des agneaux issus du croisement terminal des brebis Sardi, Timahdite, Béni Guil et D'man avec les béliers de races à viande (2, 3, 9). Par rapport aux races à viande étrangères, les gmq à l'engraissement des agneaux Sardi et Boujaâd ont été légèrement supérieurs à ceux de la race Morkaraman en Turquie (14) et inférieurs à ceux des agneaux de race Polled Dorset, Hampshire et Suffolk au Canada qui ont varié en moyenne de 332 à 368 g/j (12).

L'indice de consommation des agneaux Boujaâd et Sardi (4,75 kg de MS d'aliments/kg de gain de poids) a été identique à celui des agneaux de races espagnoles qui est de 4,8 (18) et à celui des agneaux de race Morkaraman qui est en moyenne de 4,54 de MS d'aliments/kg de gain de poids (14). En revanche, il a été inférieur à ceux des agneaux de races locales pures ou croisés qui ont varié entre 5,7 et 8,4 kg de MS d'aliments/kg de gain de poids (3, 4, 9). Ils ont également été inférieurs à l'indice de 5,55 kg de MS d'aliments/kg de gain de poids (15). Ainsi, les deux caractéristiques importantes que sont les indicateurs des performances d'engraissement, à savoir le gmq à l'engraissement et l'indice de consommation, ont été très satisfaisantes chez les races Sardi et Boujaâd, ce qui montre que ces deux races peuvent être utilisées convenablement pour la production d'agneaux de boucherie de très bonne qualité.

#### Caractéristiques des carcasses

La race de l'agneau a eu un effet significatif sur toutes les caractéristiques des carcasses étudiées, sauf sur l'état de conformation, l'état d'engraissement, le gras de rognon et le gras mésentérique. Ce résultat est en partie en accord avec celui de Boujenane et coll. (4) qui ont trouvé que la race de l'agneau avait un effet significatif sur les caractéristiques de carcasse. Par ailleurs, les différences entre les performances des agneaux Sardi et Boujaâd ont été de 1,1 kg pour le poids à l'abattage, 1,2 kg pour le poids de la carcasse chaude, 1,3 p. 100 pour le rendement en carcasse, - 0,20 kg pour les poumons et le cœur, 0,03 kg pour le foie, 0,10 kg pour les réservoirs gastriques vides, 0,10 kg pour la tête, - 0,48 kg pour la peau et - 0,07 kg pour les quatre pattes. Les faibles différences entre les performances d'engraissement et les caractéristiques des carcasses des agneaux Sardi et Boujaâd indiquent que leurs potentialités sont presque identiques. Cette similitude peut être expliquée par le fait que les deux races font partie de la population dite d'origine arabe qui peuple les plateaux de l'ouest du pays (1), ce qui leur confère une même adaptation au biotope et des potentialités similaires. Toutefois, comparées aux autres races locales, ces deux races semblent supérieures. En effet, les agneaux des races Sardi et Boujaâd ont réalisé un poids vif à l'abattage et un poids de carcasse chaude plus élevés que ceux des agneaux des races locales Timahdite, Béni Guil et D'man, conduites en race pure et en croisement avec les béliers des races à viande, qui ont varié respectivement de 32,2 à 35 kg et de 11 à 18,7 kg (1, 2, 3, 4, 5). Toutefois, le poids de carcasse des agneaux Sardi et Boujaâd a été inférieur à celui des agneaux de sept races américaines, abattus à un âge presque identique, qui a varié de 23,6 à 31,5 kg (7).

Le rendement en carcasse moyen de 49,6 p. 100 observé chez les agneaux Sardi et Boujaâd a été supérieur à celui des agneaux de races pures D'man, Béni Guil et Timahdite ou issus du croisement entre les races locales et les races à viande (1, 2, 3, 4, 8). Il a

également été supérieur à celui des agneaux croisés issus de 15 races paternelles en Nouvelle-Zélande (13), mais il a été inférieur à ceux rapportés par Dickerson et coll. (7) chez sept races américaines.

Les agneaux Sardi et Boujaâd ont eu des notes d'état d'engraissement et d'état de conformation de carcasse analogues à celles observées chez les races D'man, Béni Guil et Timahdite en race pure ou en croisement avec des béliers de races à viande, qui ont varié de 3,2 à 4,2 pour l'état de conformation et de 3,6 à 4,4 pour l'état d'engraissement (2, 3).

Les moyennes des poids du gras de rognon (295 g) et du gras mésentérique (1 380 g) des agneaux Sardi et Boujaâd ont été plus élevées que celles des agneaux des races locales Timahdite et Béni Guil qui ont oscillé de 182 à 260 g pour le gras de rognon et de 560 à 820 g pour le gras mésentérique (1, 2, 3, 9). Ce résultat met en évidence l'effet de l'alimentation et indique que probablement ces deux races engraisent rapidement.

Les poids des poumons et du cœur, du foie, de la tête, de la peau et des pattes des agneaux Boujaâd et Sardi ont été légèrement plus élevés que ceux des agneaux Awassi en Turquie, qui étaient respectivement de 0,765, 0,624, 1,9, 5,1 et 0,9 kg (11), et des agneaux croisés issus de 15 races paternelles en Nouvelle-Zélande (13).

### Effet de l'année

A l'exception du gmq à l'engraissement, toutes les performances d'engraissement et les caractéristiques des carcasses étudiées ont été influencées par l'année. Ces résultats confirment partiellement ceux de Boujenane et coll. (3) qui ont rapporté l'effet significatif de l'année sur les caractéristiques des carcasses, mais pas sur le gmq à l'engraissement. Le changement des performances d'une année à l'autre peut avoir plusieurs origines, en l'occurrence, le changement de la valeur nutritive des aliments, l'âge et le poids au début de l'engraissement, l'âge et le poids à l'abattage, etc.

### Effet des covariables

Le poids au début de l'engraissement a eu un effet significatif sur l'ingestion et l'indice de consommation mais pas sur le gmq à l'engraissement des agneaux Sardi et Boujaâd. Ce dernier résultat ne s'accorde pas avec celui de Boujenane et coll. (3) qui ont rapporté un effet significatif du poids au début de l'engraissement sur le gmq à l'engraissement des agneaux purs et croisés issus des brebis de races Sardi, Timahdite et Béni Guil. Les coefficients de régression de l'ingestion et de l'indice de consommation sur le poids initial à l'engraissement ont été respectivement de 0,018 et 0,06. Ces résultats rejoignent ceux de Roudies (16) qui a obtenu un coefficient de régression de 0,13 pour l'indice de consommation chez les agneaux Sardi, D'man et DS.

L'âge à l'abattage a eu une influence significative sur le poids vif à l'abattage et le poids des carcasses des agneaux Sardi et Boujaâd. Ces résultats sont en accord avec ceux de Boujenane et coll. (2, 3). Ainsi, l'augmentation de l'âge à l'abattage d'un jour se traduit par un accroissement du poids à l'abattage de 150 g et du poids de carcasse de 80 g. Ces valeurs sont proches de celles rapportées par Boujenane et coll. (3) qui sont de 130 g pour le poids à l'abattage et de 80 g pour le poids de carcasse chaude.

Excepté la note d'état d'engraissement et le poids des poumons et du cœur, les autres caractéristiques des carcasses des agneaux Sardi et Boujaâd ont significativement été influencées par le poids vif vide à l'abattage. Ainsi, l'augmentation du poids vif vide d'un kilogramme se traduit par un accroissement du rendement en carcasse de 0,1 p. 100, de l'état de conformation de 0,08 point, de l'état d'engraissement de 0,03 point, du poids du gras de rognon

de 11 g, du poids du gras mésentérique de 52 g, du poids des réservoirs gastriques vides de 44 g, du poids du foie de 18 g, du poids de la tête de 48 g, du poids de la peau de 122 g et du poids des quatre pattes de 13 g. Des coefficients de régression presque identiques de 0,31 pour le rendement en carcasse, 0,08 pour l'état de conformation, 0,04 pour l'état d'engraissement, 10 pour le gras de rognon, 33 pour le gras mésentérique, 0,05 pour le poids de la tête, 0,10 pour le poids de la peau et 17 pour le poids des quatre pattes ont été rapportés chez les agneaux Sardi, D'man et DS (16).

## CONCLUSION

A l'issue des résultats obtenus dans cette étude, il semble que les races Sardi et Boujaâd présentent des performances d'engraissement et des caractéristiques de carcasses très satisfaisantes et presque similaires. Ces deux races peuvent être élevées en race pure ou utilisées comme race paternelle en croisement avec les autres races locales pour produire des agneaux de boucherie d'excellente qualité et améliorer la production de viande ovine au Maroc.

## Remerciements

Les auteurs adressent leurs vifs remerciements à M. L. Haounou, technicien au Domaine expérimental Dérroua, pour sa collaboration technique.

## BIBLIOGRAPHIE

- BOUJENANE I., 1999. Les ressources génétiques ovines au Maroc. Rabat, Maroc, Actes Editions, 136 p.
- BOUJENANE I., ARABA A., BRADFORD G.E., 1990. Croissance post-sevrage et caractères de carcasse des agneaux de races D'man, Sardi et leurs croisés avec les races à viande. In : Actes du symposium Systèmes d'élevage, 41<sup>e</sup> réunion de la Fédération européenne de zootechnie, Toulouse, France, 7 juil. 1990.
- BOUJENANE I., BERRADA D., MIHI S., JAMAI M., 1996. Performances d'engraissement et caractéristiques des carcasses des agneaux issus du croisement des brebis des races Timahdite, Sardi et Béni Guil avec des béliers de races à viande. *Actes Inst. Agron. vét. (Maroc)*, **16** : 29-38.
- BOUJENANE I., ROUDIES N., BENMIRA A., EL IDRISSE Z., EL AOUNI M., 2003. On-station assessment of performance of the DS synthetic and parental sheep breeds, D'man and Sardi. *Small Ruminant Res.*, **49** : 125-133.
- BOURFIA M., TOUCHBERRY R.W., 1993. Diallel cross of three Moroccan breeds of sheep. I. Lamb growth and carcass traits. *J. Anim. Sci.*, **71** : 870-881.
- COLOMER-ROCHER F., 1986. Méthode normalisée pour l'étude des caractères quantitatifs et qualitatifs des carcasses ovines, produites dans le Bassin méditerranéen, en fonction des systèmes de production. Les carcasses d'agneaux et de chevreaux méditerranéens. Paris, France, Ciheam. (Rapport eur. 11479 Fr.)
- DICKERSON G.E., GLIMP H.A., TUMA H.J., GREGORY K.E., 1972. Genetic resources for efficient meat production in sheep. Growth and carcass characteristics of ram lambs of seven breeds. *J. Anim. Sci.*, **34** : 940-951.
- EL FADILI M., 1995. Croissance avant et post-sevrage et performances d'abattage des agneaux de pères Timahdit, Sardi, Mérinos précoce et D'man. *Al Awamia*, **91** : 71-81.
- EL FADILI M., LEROY L.P., 2000. Comparaison de trois races de croisement terminal pour la production des agneaux croisés de boucherie au Maroc. *Ann. Méd. vét.*, **145** : 85-92.
- EL FADILI M., MICHAUX C., DETILLEUX J., LEROY P.L., 2001. Evaluation of fattening performances and carcass characteristics of purebred, first and second cross lambs between Moroccan Timahdite, D'man and improved meat rams. *Anim. Sci.*, **72** : 251-257.

11. GUNAY O., BICER O., 1986. The fattening performance and carcass characteristics of Awassi x Awassi, Ile de France x Awassi (F1) and Chios x Awassi first back cross (B1) ram lambs. *World Rev. Anim. Prod.*, **22**: 63-67.
12. HAMMELL K.L., LAFOREST J.P., 2000. Evaluation of the growth performance and carcass characteristics of lambs produced in Quebec. *Can. J. Anim. Sci.*, **80**: 25-33.
13. KIRTON A.H., CARTER A.H., CLARKE J.N., SINCLAIR D.P., MERCER G.J.K., DUGANZICH D.M., 1995. A comparison between 15 ram breeds for export lamb production. 1. Liveweights, body components, carcass measurements, and composition. *N.Z. J. Agric. Res.*, **38**: 347-360.
14. MACIT M., 2002. Growth and carcass characteristics of male lambs of the Morkaraman breed. *Small Ruminant Res.*, **43**: 191-194.
15. PORTOLANO B., TODARO M., 1997. Courbes et efficacité biologique de croissance d'agneaux de différents types génétiques abattus à l'âge de 100 et 180 jours. *Ann. Zootech.*, **46**: 245-253.
16. ROUDIES S.N., 1998. Comparaison des performances de la race synthétique ovine DS avec celles des races parentales D'man et Sardi. Mémoire 3<sup>e</sup> cycle Agronomie, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
17. SAS/STAT, 1996. User's guide, Vers. 6.12. Cary, NC, USA, SAS Institute.
18. SIERRA ALFRANCA I., 1986. Qualités des carcasses des agneaux légers de races espagnoles : influence du génotype, du sexe et du poids-âge. Les carcasses des agneaux et des chevreaux méditerranéens. Paris, France, Ciheam. (Rapport eur. 11479 Fr.)

Accepté le 17.03.2006

### Summary

**Chikhi A., Boujenane I.** Fattening Performances and Carcass Characteristics of Boujaâd and Sardi Lambs in Morocco

The study was carried out to analyze fattening performance and carcass characteristics of 183 and 182 Boujaâd and Sardi single-born ram lambs, respectively. Data were collected during six consecutive years from 1996 to 2001 at INRA Deroua Experimental Station in Morocco. The average fattening period was 64 days and age at slaughter of the lambs 166 days. Data analysis showed that the lamb breed had a significant effect on all traits studied, except on the average daily gain at the end of the fattening period, the feed conversion index [kg dry matter (DM) of feed/kg of weight gain], kidney fat, mesenteric fat, fattening grade and carcass conformation. The differences between Sardi and Boujaâd lambs were 0.04 kg DM/animal/day for feed intake, 1.1 kg for weight at slaughter, 1.2 kg for hot carcass weight, 1.3 p. 100 for dressing yield, - 0.20 kg for lungs and heart, 0.03 kg for liver, 0.10 kg for empty stomach, 0.10 kg for head, - 0.48 kg for skin et - 0.07 kg for the four legs. It was concluded that fattening performances and carcass characteristics of Sardi and Boujaâd lambs were highly satisfactory and almost similar. Therefore, they could be used in pure breeding or as sire breeds in crossbreeding with other local breeds in order to improve sheep meat production in Morocco.

**Keywords:** Sheep - Sardi - Boujaâd - Fattening - Carcass - Morocco.

### Resumen

**Chikhi A., Boujenane I.** Rendimientos de engorde y características de las carcasas de los corderos Boujaâd y Sardi en Marruecos

El estudio se realizó sobre el análisis de los rendimientos de engorde y de las características de 183 y 182 corderos machos de partos simples, de las razas Boujaâd y Sardi, respectivamente. Estos rendimientos se midieron durante seis años consecutivos, entre 1996 y 2001, en el Centro experimental Deroua del INRA en Marruecos. El periodo de engorde fue en promedio de 64 días y los animales fueron sacrificados a una edad media de 166 días. El análisis de los datos mostró que la raza del cordero tuvo un efecto significativo sobre todas las variables estudiadas, excepto para la ganancia de peso medio cotidiana en el periodo de acabado, el índice de consumo [kg de materia seca (MS) de alimento/kg de ganancia de peso], el peso de la grasa del riñón, el peso de la grasa mesentérica, la nota del estado de engorde y la nota de conformación de la carcasa. Las diferencias entre los corderos de las razas Sardi y Boujaâd fueron de 0,04 kg MS/animal/día para la ingestión, 1,1 kg para el peso al sacrificio y 1,2 kg para el peso de la carcasa fresca, 1,3% para el rendimiento en carcasa, - 0,20 kg para los pulmones y el corazón, 0,03 kg para el hígado, 0,10 kg para las reservas gástricas vacías, 0,10 kg para la cabeza, - 0,48 kg para la piel y - 0,07 kg para las cuatro patas. Se concluyó que los rendimientos de engorde y las características de las carcasas de las razas Sardi y Boujaâd fueron satisfactorios y casi similares. Por consiguiente, éstas podrían elevarse a raza pura o ser utilizadas como raza paterna en cruces con las otras razas locales para mejorar la producción de carne ovina en Marruecos.

**Palabras clave:** Ovino - Sardi - Boujaâd - Engorde - Canal animal - Marruecos.

# Fonctionnement des élevages camelins de la zone périurbaine d'Agadez au Niger : enquête typologique

M. Chaibou<sup>1</sup> B. Faye<sup>2\*</sup>

## Mots-clés

*Camelus dromedarius* – Conduite d'élevage – Classification – Zone périurbaine – Agadez – Niger.

## Résumé

Le cheptel camelin est tributaire des ressources fourragères des parcours naturels dont le développement est soumis aux aléas de la pluviométrie, très mal répartie dans le temps et l'espace. Pour exploiter ces parcours, l'une des stratégies adoptée par les éleveurs est la mobilité. Cependant, depuis un certain temps, les mutations climatiques, socio-économiques et les conditions d'une urbanisation accélérée imposent de plus en plus des changements dans la règle de gestion des élevages. Le développement à Agadez d'une minilaiterie, dont l'activité principale est centrée essentiellement sur la transformation du lait de chamelle, nécessite la connaissance parfaite du fonctionnement des élevages laitiers qui vont approvisionner cette laiterie. Une enquête a été menée durant deux mois auprès de cent élevages camelins de la zone périurbaine d'Agadez en vue de connaître le fonctionnement des élevages de cette zone. L'analyse des données recueillies sur les pratiques de gestion de troupeaux et le fonctionnement global des élevages des pasteurs chameliers ont permis de distinguer trois grands types d'élevages, différenciés essentiellement sur la base des pratiques d'alimentation des animaux et sur la mobilité des pasteurs. A cela s'est ajoutée une affinité zonale de certains éleveurs, dont les causes sont socio-historiques et écologiques. Le premier groupe de pasteurs avait la particularité d'être sédentaire, d'avoir un troupeau de taille moyenne et de pratiquer la complémentation et la spéculation laitière. Le deuxième groupe pratiquait fortement la transhumance en saison des pluies et certains d'entre eux complémentaient les animaux. La vente du lait de chamelle était quasi inexistante pour ces pasteurs. Les chameliers composant le troisième groupe avaient de grands troupeaux et pratiquaient en conséquence un nomadisme régulier. Par les contacts particuliers établis par certains producteurs de ce groupe avec la laiterie, la vente de lait était de plus en plus pratiquée. La taille, la composition des troupeaux, les ressources fourragères et hydrauliques constituaient les principaux facteurs déterminants des déplacements des éleveurs.

## ■ INTRODUCTION

Les systèmes d'élevage camelins des zones arides et subarides d'Afrique noire sont assez peu connus, contrairement à ceux d'Afrique du Nord (13). L'élevage camelin, jadis exclusivement extensif, se trouve aujourd'hui en passe à des changements eu égard aux mutations écologiques dans les milieux de production, aux mutations socio-économiques intervenues ces dernières années dans les

sociétés pastorales, mais aussi à un accroissement démographique marqué des centres urbains (4, 12). Ce grossissement des villes a de fait augmenté les besoins alimentaires et en particulier en lait des populations urbaines. C'est le cas du lait de chamelle, dont la demande s'est accrue particulièrement dans les provinces sahariennes (Agadez, Tabalak) où l'on trouve généralement un important élevage camelin (6). Le lait de chamelle contribue ainsi de plus en plus à l'alimentation des populations urbaines de certaines villes africaines, alors qu'il a longtemps été destiné à l'autoconsommation (5).

On peut citer à ce titre l'exemple de la ville d'Agadez, où un élevage camelin périurbain est en train de se développer à la faveur de la mise en place d'une unité de transformation laitière (4). Dans ces conditions, les éleveurs camelins sont de plus en plus nombreux à venir s'installer aux environs de la ville, certains définitivement, d'autres de manière saisonnière, pour bénéficier d'un meilleur

1. Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger.

2. Cirad, Emtv, Direction, Montpellier, F-34000 France.

\* Auteur pour la correspondance

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

Tél. : + 33 (0)4 67 59 37 03 ; fax : +33 (0)4 67 59 38 25

E-mail : faye@cirad.fr

accès aux intrants ou aux marchés. Ces élevages camélins assurent l'approvisionnement d'une unité de transformation de lait installée dans cette ville d'Agadez. Cependant, on constate d'importantes variations dans les quantités livrées à cette unité de transformation qui semblent liées au mode de fonctionnement de ces élevages.

Partant de l'hypothèse qu'il existait une dynamique dans l'ensemble de la zone entraînant d'importants changements (en particulier socio-économiques) au niveau de la ville, une étude typologique du système a été réalisée pour appréhender le fonctionnement des élevages (9, 11) et leurs contraintes afin de mieux orienter des opérations de développement. Ce travail, basé sur une enquête typologique des élevages localisés dans cette zone périurbaine d'Agadez, vise à connaître les types d'élevages selon leur mode de fonctionnement (16). L'approche est basée essentiellement sur les méthodes typologiques (17). L'étude a concerné principalement la mobilité des pasteurs et leurs troupeaux ainsi que le système d'alimentation et de gestion des troupeaux. Elle a été menée du 6 septembre au 25 octobre 2002.

■ MATERIEL ET METHODES

Milieu physique et humain

Climat

Le cadre de l'étude est constitué par la zone périurbaine d'Agadez, située à 910 km au nord-est de Niamey (figure 1). Autour de la ville d'Agadez plusieurs paysages sont présents. C'est le cas du massif

montagneux de l'Air, vaste plateau compris entre 500 et 2 500 m d'altitude où alternent des regs (déserts caillouteux), des affleurements, des vallées, des plaines alluviales et des reliefs volcaniques.

Le sud-ouest d'Agadez est formé par des plaines d'inondation dont les principales sont les plaines de l'Azawak et de l'Irazher, alimentées par un réseau de *koris* orientés généralement d'est en ouest (de zones de plateaux aux vallées). L'étude a donc été menée dans une zone désertique, où la pluviométrie annuelle moyenne est inférieure à 150 mm. Le climat est de type aride (pluviométrie inférieure à 150 mm par an) et de transition saharo-sahélienne. En 2003 les précipitations enregistrées à la station météorologique d'Agadez étaient de 142 mm. La variation interannuelle est très importante (4,2 à 288,2 mm par an, sur 4 à 44 jours de pluies par an) et suit un gradient dégressif du sud au nord. Ce climat est caractérisé par de grands écarts thermiques nyctéméraux et saisonniers.

Sols et végétation

Les sols rencontrés sont des sols minéraux bruts, avec notamment les lithosols, constitués par l'ensemble des débris grossiers et fins qui s'accumulent au pied des versants, et les régosols qui sont à l'origine des regs et des sols d'apports fluviaux.

La végétation de cette zone est très pauvre : c'est une steppe très clairsemée. Les principales espèces rencontrées sont *Acacia* sp. (*Acacia raddiana*, *Acacia nilotica*, *Acacia erhenbergiana*) *Boscia senegalensis*, *Maerua crassifolia*, *Salvadora persica* et *Calotropis*

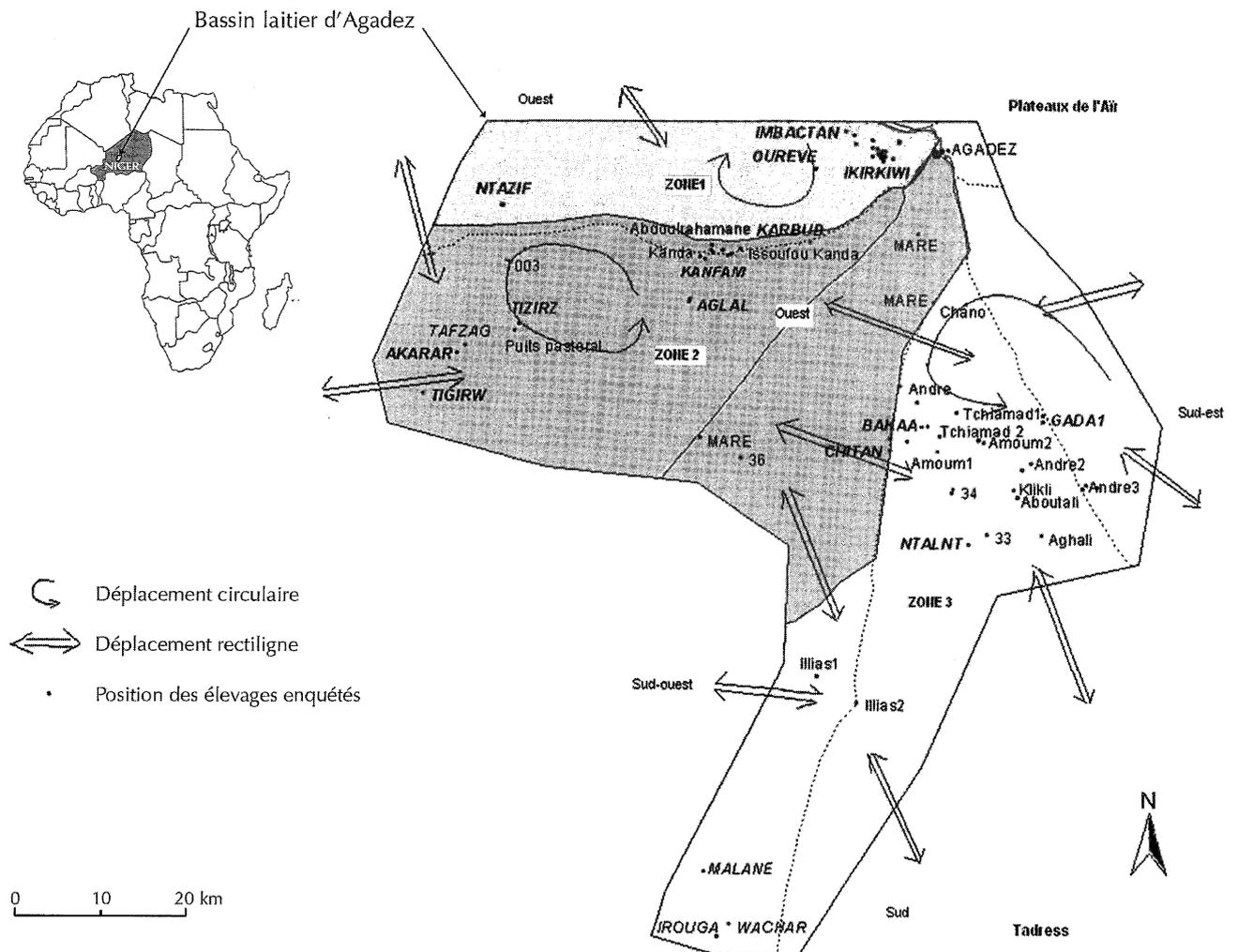


Figure 1 : déplacements des éleveurs et situation géographique de la zone d'étude.

*procera*. Le tapis herbacé est essentiellement graminéen. On trouve des espèces comme *Eragrostis tremula*, *Chloris pilosa*, *Cenchrus biflorus*, *Lasiurus hirsutus*, *Panicum turgidum*, *Aristida adscensionis*. D'autres espèces d'importance fourragère ont également été décrites : il s'agit de *Schouwia thebaica*, *Tribulus longipetalus* et *Caralluma russeliana*.

**Peuplement urbain et rural**

La ville d'Agadez compte, en 2003, 162 000 habitants selon la direction des statistiques nationales. Cette population est composée essentiellement de Touaregs (*kel Air*), de Haoussas, de Djermas, d'Arabes et, dans une moindre mesure, de Peulhs et de Kanouris. En dehors des Arabes et des Peulhs, le milieu rural est principalement peuplé par les Touaregs. Ce groupe est divisé en plusieurs sous-groupes (une quinzaine). Cependant, dans la zone d'étude, on trouve surtout les Touaregs kel Ferwan, les kel Ewey, les kel Gharus et les kel Tadele (8).

**Systèmes d'élevage de la zone**

Le système d'élevage qui prédomine est le système d'élevage extensif pastoral. Ce système est basé essentiellement sur la mobilité des troupeaux. En revanche, deux modes de conduite d'élevage existent : éleveurs installés en zone périurbaine qui pratiquent la transhumance de saison des pluies et éleveurs qui se déplacent sans cesse sous forme de nomadisme.

Cependant un système semi-intensif se met en place, essentiellement localisé en zone périurbaine d'Agadez. Dans ce système, les éleveurs utilisent des intrants zootechniques en complémentarité. La zone périurbaine d'activité pastorale occupe la partie ouest, le sud-ouest et le sud de la ville. Elle correspond à la commune urbaine d'Agadez et couvre une superficie d'environ 4 424 km<sup>2</sup>. Suite à plusieurs missions de reconnaissance, les auteurs ont subdivisé la zone périurbaine en trois sous-zones identifiées selon leurs caractéristiques écologiques (figure 1).

■ Sous-zone 1 (zone ouest)

C'est la zone de ruissellement du *Kori* Teloua. D'autres réseaux de ruissellement des pentes voisines confluent et forment des mares temporaires. Les sols sont argileux compacts au niveau des dépressions, et sablonneux par endroits du fait de l'accumulation d'éléments fins venus des zones d'altitude.

Cette zone est comprise entre la route de Tahoua à Agadez et la route d'In'Gall. La végétation de type steppique est très clairsemée et constituée essentiellement d'arbustes, essentiellement des *Acacia* (*raddiana*, *ehrenbergiana*, *nilotica*...) et d'autres plantes, surtout *Salvadora persica* spécifique à cette zone, mais aussi *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Maerua crassifolia* et *Calotropis procera* ; le tapis herbacé est majoritairement constitué de graminées. C'est une zone de passage importante pour les éleveurs de bovins peulhs venant des zones agropastorales du sud de Tahoua et Zinder, et transhumant vers la zone nord-ouest d'Azag, réputée pour ses herbages riches en sels. Dans cette zone périurbaine, les éleveurs camelins se sont fixés. Certains d'entre eux ont construit des habitations plus pérennes en banco et ne se déplacent guère. La très grande proximité de la ville (7 km) leur permet de bénéficier de nombreux avantages, notamment l'accès rapide aux intrants mais également au débouché laitier.

■ Sous-zone 2 (zone sud-ouest)

Elle est constituée par une vaste plaine inondable de part et d'autre de la route d'Agadez à Tahoua. C'est la grande plaine de l'Irhazer qui représente le plus vaste parcours potentiellement exploité par

les pasteurs chameliers de la zone et/ou transhumants. Le substrat de cette zone est constitué d'éléments sablo-rocaillieux et d'un sol argileux dans les parties dépressionnaires (19). Excepté la steppe arbustive de Kerboubou, la strate arbustive est quasi inexistante.

■ Sous-zone 3 (zone sud)

Cette zone s'étendant jusqu'aux falaises de Tiguidit est traversée essentiellement par trois grandes vallées fossiles (Tassack'n talam, Adrar zaggren, et Tchiffaye n'jen) avec de nombreuses surfaces occasionnellement humides, des lits d'oueds, de grandes étendues de sables latéritiques et de nombreux affleurements caillouteux. C'est la zone localisée de part et d'autre de la route d'Agadez à Zinder. La strate arbustive, en dehors des alentours de la mare de Tassack'n talam, est quasi inexistante. Quelques pousses de *Boscia senegalensis* et de *Maerua crassifolia* sont éventuellement rencontrées. Au-delà des falaises de Tiguidit se trouvent de grands élevages détenus par des Arabes et autres Touaregs kel Ferwan, exploitant les vastes parcours de Tadress qui s'étendent jusqu'à Aderbissinat.

**Méthodologie d'enquête**

Les auteurs se sont intéressés aux différentes pratiques de gestion des élevages par les pasteurs qui leur permettent de gérer et de conduire leur cheptel. Un questionnaire a été établi sur la base de ces différents aspects. Deux grands thèmes ont été visés : les pratiques portant sur le troupeau et les pratiques portant sur l'utilisation des parcours et de l'espace en général.

Concernant la gestion du troupeau, les points suivants ont été mis en exergue :

- la constitution du troupeau ;
- le mode d'alimentation des animaux ;
- la valorisation des productions ;
- la pratique de la traite et la lactation ;
- la gestion de la reproduction.

Le deuxième thème a concerné l'étude du mode d'exploitation des pâturages et des stratégies de déplacement.

Cette enquête a été menée auprès des élevages camelins accessibles de la zone d'étude. L'unité d'enquête a donc été le troupeau. Cette enquête a été basée sur des entretiens menés avec les chefs de famille responsables des élevages. Quinze campements ont été visités pour conduire ces travaux, soit cinq par sous-zone (tableau I). L'ensemble des résultats obtenus a permis non seulement de construire une typologie des élevages périurbains, mais aussi de caractériser les principales pratiques de gestion de troupeaux.

Les élevages enquêtés représentaient 13 p. 100 des élevages présents dans la zone périurbaine. Le questionnaire d'enquête,

**Tableau I**  
Campements concernés par l'enquête

Zone ouest (zone 1)	Zone sud-ouest (zone 2)	Zone sud (zone 3)
Ikirkiwi 1	Kerboubou 1	Tassack'n talam
Ikirkiwi 2	Kerboubou 2	Gada
Dari	Kanfamata	Chitan
Imbackatane	Akarara	Abalama
Oureille	Aglal'n gar	Wacharou

Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 2005, 58 (4) : 273-283

construit sur la base des principaux thèmes cités ci-dessus, a abordé tous les sujets touchant au troupeau. Le questionnaire a été élaboré sous forme de fiches, l'unité de base retenue a été le troupeau, défini comme l'unité de gestion des animaux au moment de l'enquête. Deux enquêteurs ont été formés pour conduire ce travail sur le terrain. Le questionnaire a été testé dans un premier temps au cours d'une pré-enquête, avant d'être utilisé au niveau de tous les campements. Cent élevages ont été enquêtés durant environ deux mois. Les données obtenues ont été saisies sur les logiciels de bases de données Access et Excel. Les auteurs ont procédé au codage des variables, à la définition et au codage des modalités, à la suppression des variables redondantes ou inexploitable (13). Pour l'analyse des données ont été utilisés les logiciels XLstat et R. L'analyse a été faite dans un premier temps sur les différents thèmes, pour identifier le thème le plus discriminant sur les élevages. A l'issue de cette phase, deux variables de gestion des troupeaux (le mode d'alimentation et le déplacement) ont été retenues pour construire la typologie des élevages. Une analyse factorielle des correspondances multiples (AfcM), puis une classification ascendante hiérarchique (CAH) sur les facteurs obtenus ont permis de construire une typologie synthétique des élevages de cette zone périurbaine d'Agadez.

■ RESULTATS

Tous les troupeaux étaient détenus par des pasteurs touaregs. Les troupeaux comprenaient toujours des dromadaires généralement associés à des caprins, des ovins, et des asins. Dans de rares cas, des bovins étaient présents dans le troupeau. Parmi les éleveurs enquêtés, 38 p. 100 étaient localisés dans la zone 3 (zone sud), 28 p. 100 dans la zone 1 (zone ouest) et 34 p. 100 dans la zone 2 (zone sud-ouest). Les dromadaires ont représenté l'espèce la plus importante du point de vue numérique. Un troupeau individuel comptait en moyenne 24 ± 11 dromadaires dans la zone 1, 22 ± 1 dromadaires dans la zone 2 et 35 ± 10 dromadaires dans la zone 3. Quant aux petits ruminants, il y avait en moyenne 13 ± 6 ovins et 21 ± 9 caprins par troupeau individuel sur l'ensemble de la zone périurbaine d'Agadez.

Analyse typologique des données

Une typologie des élevages a été réalisée à l'aide d'une AfcM et d'une CAH. Plusieurs variables ont été prises en compte dans cette typologie (tableau II).

Tableau II  
Modalités des variables utilisées dans la typologie (100 troupeaux enquêtés) et leurs contributions aux facteurs principaux

Code	Variables actives	Modalité	Nb. de troupeaux	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)
ModElev	Mode d'élevage	1. Semi-sédentaire (Ss)	34	0,0	14,3	0,1
		2. Micronomadisme (Mn)	38	8,4	4,5	0,0
		3. Sédentaire (S)	28	10,9	2,9	0,0
		Total ModElev		19,3	21,7	0,1
RaModEl	Raison de ce mode d'élevage	1. Recherche d'eau (RE)	2	0,1	2,2	0,2
		2. Recherche d'eau + pâturage (RE + RP)	36	5,3	2,0	0,3
		3. Recherche d'eau + pâturage + sel (RE + RP + RS)	16	1,1	2,1	1,0
		4. Recherche de pâturage (RP)	3	0,1	0,9	6,0
		5. Terroir d'attache (T)	33	5,2	0,1	2,4
		6. Terroir d'attache + vente de lait (T + VL)	3	1,0	0,0	0,7
		7. Vente de lait (VL)	7	2,3	0,9	1,4
		Total RaModElev		15,1	8,3	12,1
FreqDplcmt	Fréquence des déplacements	1. Chaque deux à trois mois (2 à 3 mois)	2	0,1	1,6	7,5
		2. Chaque six mois (6 mois)	3	0,0	2,2	2,1
		3. Aucun déplacement (aucun dplcmt)	26	11,3	3,9	0,0
		4. Chaque année (chaq an)	27	0,0	11,3	1,9
		5. Indéterminée (Indifini)	42	7,6	3,3	0,0
		Total FreqDplcmt		19,1	22,3	11,5
OrDplcmt	Direction habituelle (sens) prise lors des déplacements	1. Est (Est)	4	0,0	2,6	10,1
		2. Ouest (Ou)	19	0,0	11,2	4,1
		3. Pas de déplacement (Pdpl)	28	11,2	3,2	0,0
		4. Sud-est (SE)	9	1,5	0,1	0,5
		5. Sud-ouest (SO)	33	5,6	2,4	0,3
		6. Sud (sud)	7	0,4	0,3	2,1
		Total OrDplcmt		18,8	19,8	17,0

Tableau II (suite)

Code	Variables actives	Modalité	Nb. de troupeaux	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)
Nbritin	Nombre d'itinéraires choisis lors de déplacement avant destination	1. Aucun itinéraire (aucun)	46	5,0	0,8	0,3
		2. Cinq itinéraires (cinq)	1	0,0	0,2	0,7
		3. Dix itinéraires (dix)	1	0,4	0,8	1,3
		4. Indéterminé (indfini)	8	2,2	1,6	0,8
		5. Deux itinéraires (deux)	37	3,0	0,9	2,8
		6. Trois itinéraires (trois)	7	0,0	2,9	12,6
		Total Nbritin			10,5	7,3
PsaiCompl	Pratique et saison de complémentation	1. Aucune complémentation (ac)	52	4,5	0,0	0,3
		2. Saison pluvieuse (sp)	1	0,0	0,1	1,2
		3. Saison pluvieuse + saison sèche froide (Sp + ssf)	2	0,3	0,2	0,3
		4. Saison sèche chaude (ssc)	28	4,9	0,3	1,4
		5. Saison sèche chaude + saison pluv. (ssc + sp)	1	0,0	1,6	11,7
		6. Saison froide + saison sèche chaude (ssf + ssc)	13	0,6	0,0	0,0
		7. Toute saison (ts)	3	0,9	0,0	10,6
		Total PsaiCompl			11,2	2,3
PratqTrans	Pratique de transhumance en saison des pluies	1. Oui (Otrans)	59	2,0	4,9	0,0
		2. Non (trans)	41	1,4	3,4	0,0
		Total PratqTrans			3,3	8,4
NbCAM	Effectif de dromadaires dans le troupeau	1. Moins de 20 têtes (cam1)	34	0,3	1,5	0,1
		2. 21 à 50 têtes (cam2)	58	0,1	0,2	1,8
		3. 51 à 100 têtes (cam3)	7	0,1	1,0	7,6
		4. Plus de 100 têtes (cam4)	1	0,5	0,5	0,7
		Total NbCAM			1,0	3,3
Propautoc	Proportion de lait produit autoconsommé	1. 30 % autoconsommé	4	0,5	2,6	0,6
		2. 50 % autoconsommé	24	1,1	1,2	0,5
		3. 70 % autoconsommé	31	0,0	3,0	1,4
		4. 100 % autoconsommé	41	0,1	0,0	2,8
		Total Propautoc			1,7	6,8
				100	100	100
<b>Variables supplémentaires</b>						
Localis	Localisation de l'élevage enquêté par rapport à Agadez	1. Ouest (zone 1)	28			
		2. Sud-ouest (zone 2)	34			
		3. Sud (zone 3)	38			
EffTotal	Effectif total d'animaux dans le troupeau	1. Moins de 50 têtes (effetot1)	30			
		2. 50 à 100 têtes (effetot2)	58			
		3. 101 à 150 têtes (effetot3)	11			
		4. 151 à 200 têtes (effetot4)	1			

L'analyse de l'histogramme des valeurs propres issu de l'Afcm a permis d'identifier le nombre d'axes à considérer. L'ensemble de trois axes a expliqué globalement 29,2 p. 100 d'inertie (figures 1 et 2). L'analyse des contributions a permis de juger si une variable était bien représentée sur un axe, permettant ainsi d'identifier celles qui

expliquaient les principaux axes. Les principales variables qui présentaient des contributions fortes étaient le mode d'élevage (ModElev) avec 19,3 p. 100, la fréquence de déplacement (FréqDplcmt) avec 19,05 p. 100, la direction habituelle prise lors des déplacements (OrDplcmt) dont la contribution était de 18,8 p. 100 et la raison du mode d'élevage

(RaModElev) avec 15,1 p. 100. Toutes ces variables expliquaient l'axe F1. L'axe F2 était également mieux représenté par des variables qui étaient en relation avec les déplacements, notamment la fréquence de déplacement pour 22,3 p. 100, le mode d'élevage avec 21,7 p. 100, l'orientation des déplacements pour 19,8 p. 100 et la pratique de transhumance (Pratq-Trans) avec une contribution de 8,4 p. 100.

La variable déplacement a contribué fortement à l'explication des axes et donc à la distinction des groupes. Mais le mode de conduite d'élevage ainsi que la complémentation ont également contribué à distinguer les élevages. Cependant, l'influence des facteurs F2 et F3 étaient d'un intérêt secondaire, permettant de retenir l'axe F1 comme l'axe principal qui expliquait la partie la plus importante de l'information. Globalement, les facteurs F1 et F2 ont permis de mieux expliquer la situation des individus selon les variables considérées. L'échelle des contributions des variables aux axes factoriels est représentée par le tableau II.

La variable déplacement a pris une place importante dans l'analyse. En effet, les éleveurs se sont différenciés essentiellement par leur mode de déplacement, les raisons des déplacements, le mode d'alimentation des animaux, leurs zones de localisation et les effectifs de leurs troupeaux.

**Identification des groupes d'élevages laitiers camélins**

L'examen du plan factoriel des modalités (figure 2) a permis de visualiser dans un premier temps les différentes corrélations possibles entre les variables. L'axe F1 se rapportait à deux groupes d'élevages qui s'opposaient, avec un premier groupe (côté négatif) dont les caractéristiques liées entre elles étaient les suivantes :

- ils ne pratiquaient aucune complémentation (ac), le mode d'élevage était le micronomadisme (Mn), ils avaient un nombre indéterminé d'itinéraires lors des déplacements au cours de l'année ;
- ils avaient des effectifs assez élevés de dromadaires (de 51 à 100) et d'une manière générale un cheptel important (effetot4) avec plus de 150 têtes et ne pratiquaient pas la transhumance (0trans), leurs déplacements étaient essentiellement motivés par la recherche des points d'eau et des pâturages (RE + RP).

Le deuxième groupe d'élevages (côté positif) présentait les caractéristiques suivantes :

- ils ne se déplaçaient pas ou le faisaient sur des distances négligeables (Aucundplct) et pratiquaient occasionnellement la transhumance ;

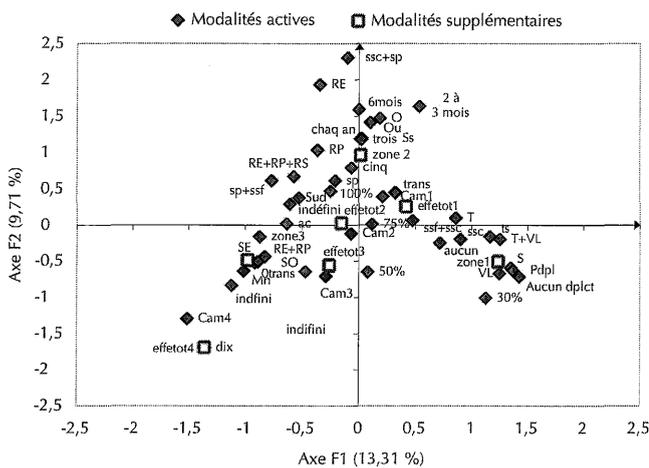


Figure 2 : analyse factorielle de correspondance multiple, graphe des modalités.

- ils avaient adopté cependant un mode sédentaire (S) dont la raison principale était que cette zone constituait leur zone d'attache du fait des points d'eau qu'ils avaient eux-mêmes créés ; une deuxième raison avancée était la vente du lait produit par leurs troupeaux (T + VL et VL) ;
- certains pratiquaient la complémentation en toute saison, soit au sel, aux graines de coton ou aux fanes de niébé.

L'axe F2 (qui présentait la distribution des situations extrêmes) décrit un troisième groupe dont les caractéristiques étaient les suivantes :

- en haut de l'axe, se trouvaient des éleveurs qui se déplaçaient chaque six mois pour certains et chaque deux à trois mois pour d'autres dans la même zone (excepté lors de la transhumance), et dont le déplacement était essentiellement motivé par la recherche des points d'eau ; leur mode d'élevage était semi-sédentaire, c'est-à-dire qu'ils pratiquaient la transhumance (Ss) ; ils pratiquaient également la complémentation en saison sèche et en saison pluvieuse (ssc + sp) ; ils avaient des effectifs de dromadaires très réduits (cam1, moins de 20 têtes) et d'une manière générale un effectif total faible (effetot1, moins de 50 têtes) ; ils autoconsommaient, pour la majorité, la totalité (100 p. 100) de leur production de lait et étaient localisés dans la zone 2 ; en général, ils se déplaçaient vers l'ouest et leur mouvement était motivé par la recherche soit des points d'eau (RE), soit des bons pâturages et des terres salées (RE, RP), soit d'une combinaison RP + RE + RS ;
- à l'opposé (figure 2), se trouvaient les éleveurs qui avaient des effectifs assez importants de dromadaires (Cam3) et par conséquent un cheptel total moyen (effetot3). Ces éleveurs vendaient jusqu'à 50 p. 100 de leur production de lait et ne pratiquaient que rarement la transhumance. Le deuxième groupe était aussi proche de l'axe F1 que de l'axe F2 (figure 2). Le plan factoriel F1-F2 a donc donné la meilleure représentation avec 23,02 p. 100 d'informations expliquées, alors qu'elles ne l'ont été qu'à 19,5 p. 100 avec le plan F1-F3 qui n'a pas permis une représentation claire des groupes.

L'analyse factorielle des correspondances multiples réalisée sur les individus et l'examen du meilleur plan factoriel (F1-F2) a donné une représentation très caractéristique et claire de la répartition des individus et a permis ainsi d'identifier des groupes ayant pris les mêmes valeurs pour les mêmes variables (figure 3).

**Construction des classes de typologie selon le fonctionnement des élevages**

Les individus ainsi représentés ont pu être classés et hiérarchisés selon leurs activités et le mode de gestion de leurs troupeaux afin d'avoir une meilleure partition. Une classification ascendante

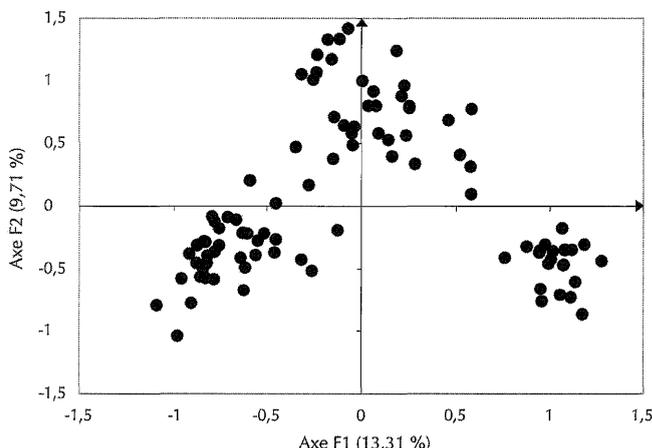


Figure 3 : projections des individus sur le plan F1-F2.

hiérarchique a conduit à regrouper et à ranger tous les individus en classes en fonction de la « distance » qui les séparait. Cette classification a été réalisée sur la base du nombre d'axes jugés importants en termes d'explication d'inertie sur l'Afcm : les trois premiers axes ont donc été utilisés. La réalisation d'une CAH à partir des coordonnées de ces axes (F1, F2, F3) et le diagramme des indices des niveaux de regroupement issu de cette analyse ont orienté les auteurs sur le nombre de classes de partition.

C'est donc à partir des grands traits caractéristiques dégagés par l'analyse factorielle que ces partitions ont été construites, ce qui s'inscrivait bien dans la démarche générale d'analyse typologique dont l'objectif final était de construire des ensembles homogènes facilement identifiables. Trois classes de partition ont été obtenues. Le résultat d'une CAH est un arbre hiérarchique appelé aussi dendrogramme qui visualise les différentes partitions successives des individus afin de choisir celles qui paraissent optimales (figure 4). Les trois classes ont été décrites de la façon suivante :

- la classe 1 était constituée par des éleveurs qui pratiquaient la transhumance ; leur effectif de dromadaires était faible (moins de 20 têtes) ; ils pratiquaient la complémentation en saison sèche chaude et en saison froide ; ils se déplaçaient à l'intérieur de la zone 2 chaque six mois pour certains et tous les deux à trois mois pour d'autres ; ils autoconsommaient la totalité de leur production laitière ;
- la classe 2 était formée d'éleveurs sédentarisés situés dans la zone 1 très proche de la ville dont les premiers campements étaient à 7 km d'Agadez ; leurs troupeaux de dromadaires étaient de taille moyenne (21 à 50 têtes) ; ils ne pratiquaient aucun déplacement ; ils complétaient en général en toute saison et vendaient du lait de chamelle dans le centre urbain proche ; dans cette zone, 4 p. 100 des éleveurs vendaient jusqu'à 70 p. 100 de leur production de lait et seulement 3 p. 100 ne vendaient pas leur lait ;
- la classe 3 comportait 38 p. 100 d'éleveurs pratiquant le micro-nomadisme, tous localisés dans cette zone 3 ; ces éleveurs avaient des effectifs de dromadaires importants (de 50 à 100, parfois plus de 100 têtes) ; ils se déplaçaient selon des itinéraires indéterminés, sur plusieurs directions (sud, sud-est, et ouest) ; ils vendaient du lait, jusqu'à 50 p. 100 de leur production pour ceux qui avaient un contrat de vente avec la laiterie.

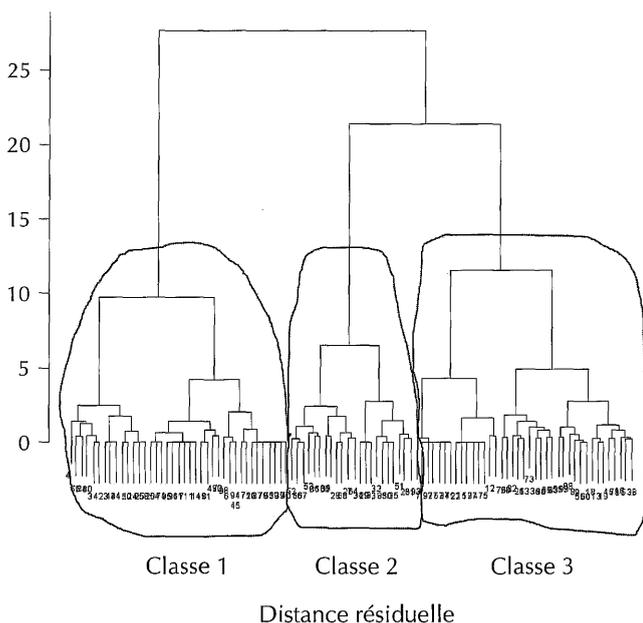


Figure 4 : dendrogramme issu de la classification ascendante hiérarchique des éleveurs.

## Pratiques de gestion des troupeaux

### Alimentation des troupeaux

L'alimentation était basée essentiellement sur le pâturage naturel. Cependant un nombre non négligeable d'éleveurs (48 p. 100) pratiquait la complémentation. La conduite des animaux au pâturage était relativement différente selon l'espèce.

Le troupeau des dromadaires était conduit au pâturage au petit matin. Pour abreuver les animaux, l'éleveur rejoignait le point d'eau avant l'arrivée du troupeau. Une fois abreuvé, le troupeau retournait au pâturage jusqu'au soir. Le temps de pâturage variait en fonction des saisons. Parfois le troupeau passait la nuit au pâturage (situation très fréquente en saison sèche chaude et en période de saillie). Au matin le chamelier vérifiait obligatoirement la localisation de son troupeau. Les chammes gravides et ayant sevré leurs petits (en général à partir du quatrième mois de gravidité de la femelle) étaient en général allotées. Leur suivi était donc plus aisé que pour les autres. L'éleveur ne vérifiait leur position qu'une fois tous les trois à quatre jours et les abreuvait ou les complémentait à cette occasion.

La surveillance du troupeau de dromadaires était bien moins importante que pour les petits ruminants. La surveillance se limitait à une vérification de la position de troupeau qui se faisait en général une à deux fois par jour, sauf dans des cas particuliers de périodes de recrudescence de vols. Dans tous les autres cas, le troupeau partait sur le parcours le matin et regagnait le parc le soir sans aucun suivi de l'éleveur. Toutefois 45 p. 100 des éleveurs interrogés surveillaient de façon rapprochée leurs troupeaux de dromadaires eux-mêmes ou par l'intermédiaire de leurs enfants. La gestion de l'alimentation faisait intervenir des déplacements saisonniers (transhumance), notamment pendant la saison des pluies. Cette transhumance était motivée en général par la recherche des bons pâturages, mais aussi par la cure salée des animaux.

Cette cure était la période où les transhumants amenaient leurs animaux soit sur des pâturages à herbages riches en sel, soit sur des espaces salés où les animaux léchaient en permanence la terre. Dans tous les cas 46 p. 100 des éleveurs pratiquaient cette transhumance vers la zone d'In' Gall, réputée pour ses terres salées et ses bons pâturages. Certains éleveurs répartissaient leurs troupeaux en deux groupes dont l'un, composé essentiellement de femelles en lactation, était localisé en zone périurbaine. Cette répartition du troupeau est une pratique de gestion utilisée par certains éleveurs pour diminuer les charges de travail, de complémentation, et pratiquer la vente de lait. Cette pratique n'était pas très développée dans la zone périurbaine d'Agadez dans la mesure où 24 p. 100 seulement des éleveurs enquêtés s'y adonnaient. La pratique de complémentation n'était pas non plus répandue en raison du mode d'élevage prédominant qui était le nomadisme. Les compléments alimentaires étaient constitués de graines de coton et de fanes de niébé.

### Gestion de la traite et lactation

Plus de la moitié des éleveurs enquêtés (59 p. 100) vendaient du lait, soit à la laiterie Azla installée à Agadez, spécialisée dans la transformation de lait de dromadaire, soit au marché urbain traditionnel, soit à domicile chez des clients réguliers.

Chez les dromadaires, la descente de lait est conditionnée par la présence physique du chamelon à côté de sa mère. Chez les pasteurs touaregs enquêtés, la traite de la chamelle débutait plusieurs jours après la mise bas. L'administration du colostrum au chamelon était largement pratiquée dans la zone d'étude. En revanche, le nombre de jours entre la mise bas et la première traite était très

variable. Il était fonction du nombre de chamelles suitées dans le troupeau et des besoins en lait de la famille. Parmi les éleveurs interrogés sur cette question, 63 p. 100 débutaient la traite trois semaines après la mise bas, 19 p. 100 deux semaines après et 18 p. 100 seulement quatre semaines après.

Le nombre de traites effectuées par jour joue un rôle important sur la quantité de lait que la chamelle peut produire. D'une manière générale 83 p. 100 des chameliers interrogés pratiquaient deux traites par jour (une le matin et une le soir au retour des chamelles), 10 p. 100 effectuaient trois traites par jour et sept éleveurs effectuaient une seule traite par jour. La traite était en général effectuée par deux personnes, mais elle peut être pratiquée par une seule personne à condition que l'éleveur soit expérimenté (figure 5). La traite était généralement faite par les femmes et les enfants, rarement par les hommes. La première tétée des trayons par le chamelon permettait de déclencher la descente du lait et d'accéder aux mamelles de la chamelle lors de la traite. La traite commençait quelques secondes (environ 10 à 15 s) après la tétée du chamelon. En général la traite n'était jamais complète pour que le chamelon puisse disposer d'une certaine quantité de lait.

Ainsi la quantité de lait traite chez les chamelles dépendait non seulement de la capacité de production de la femelle, de la présence physique de son chamelon, mais également de l'expérience du trayeur. La traite était pratiquée au niveau de tous les élevages. Le taux de traite (nombre de chamelles traites sur le nombre total de chamelles suitées dans le troupeau) était en moyenne égal à 1. Le récipient de traite le plus utilisé dans la zone 2 et 3 était l'*akkbar* (récipient en bois en forme de mortier destiné exclusivement à la traite). En zone 1, les éleveurs utilisaient plutôt des tasses en plastique ou métalliques. Les pasteurs chameliers lavaient systématiquement ces récipients avant la traite à l'eau. En revanche, très peu d'entre eux (33 p. 100) lavaient les trayons avant et après la traite.

Le lait trait était dans la majeure partie autoconsommé ; 41 p. 100 des éleveurs interrogés ne vendaient pas l'excédent (quantité obtenue après avoir enlevé la ration familiale) de leur production et, parmi eux, 11 p. 100 en faisaient don ; 25 p. 100 n'avaient généralement pas d'excédent ; 3 p. 100 affirmaient verser l'excédent de leur production ; 2 p. 100 transformaient l'excédent de leur production en fromage. Ces excédents étaient en général enregistrés en période de production importante. Pour 57 p. 100 des chameliers, la période où ils enregistraient le plus d'excédents était pendant la

saison pluvieuse, alors que 38 p. 100 d'entre eux enregistraient le maximum de production en saison sèche froide. La vente du lait était du ressort de la femme en général.

#### Gestion de la reproduction et sevrage

La gestion de la reproduction était caractérisée par la présence d'un reproducteur *eimalé* (nom en tamasheq d'un mâle reproducteur) en permanence dans le troupeau de chamelles laitières. L'âge de la mise en reproduction pour les mâles était en moyenne de cinq ans alors qu'il était de trois ans et demi pour les femelles. Pour les éleveurs qui n'en possédaient pas, l'éleveur pouvait emprunter un mâle reproducteur qu'il introduisait dans son troupeau des femelles pour la saillie.

Au total, 69 p. 100 des éleveurs interrogés possédaient un mâle reproducteur dans leur troupeau, alors que 25 p. 100 n'en possédaient pas. Dans les troupeaux importants pouvaient se trouver deux mâles reproducteurs (6 p. 100), généralement l'un plus jeune que l'autre. En dehors des reproducteurs, les autres mâles arrivés à maturité sexuelle étaient en général castrés (*affoda* : nom en tamasheq des dromadaires mâles castrés ou non) et destinés au bât ou à la selle. Parmi les chameliers interrogés, 76 p. 100 possédaient un à cinq dromadaires adultes mâles castrés, 23 p. 100 n'en possédaient aucun, et 1 p. 100 en possédait plus de cinq. La fréquence d'avortements était relativement élevée dans cette zone. Des pourcentages de gestations avortées de 60 p. 100 ont été rapportés par certains chameliers. Mais seulement la moitié des éleveurs interrogés (50 p. 100) ont affirmé avoir enregistré des avortements à hauteur de 20 p. 100 des gestations. La mortalité des chamelons est également un aspect extrêmement important en élevage camelin. Les principales causes incriminées par les pasteurs étaient les diarrhées et les parasitoses externes (67 p. 100 des cas de mortalité).

La pratique de sevrage de chamelon était quasi inexistante dans la zone enquêtée. En effet, le chamelon était dans la plupart des cas sevré par sa mère, très souvent trois à quatre mois après la saillie fécondante. Seulement 7 p. 100 des éleveurs pratiquaient le sevrage volontaire des chamelons contre 93 p. 100 qui n'en pratiquaient pas du tout.

#### Mobilité et occupation de l'espace

La mobilité était la principale caractéristique des éleveurs de cette zone périurbaine d'Agadez (figure 6). Dans la zone 1, les éleveurs pratiquaient la complémentation durant pratiquement toutes les saisons. C'est cette complémentation qui stabilisait les animaux et limitait parfois leurs déplacements trop loin des parcs. Dans la zone 3, où aucune complémentation n'était pratiquée, les éleveurs étaient en perpétuel déplacement. Dans cette zone, les dromadaires étaient en divagation et se déplaçaient sur de longues distances pour pâturer. Les éleveurs se déplaçaient en fonction de l'emplacement des points d'eau et des bons pâturages. Dans la zone 2, les éleveurs dans leur majorité se déplaçaient sur de faibles distances et ne le faisaient que chaque six mois (et dans de rares cas chaque deux à trois mois).

Certains éleveurs pratiquaient la transhumance en saison des pluies. Ce déplacement était effectué vers des zones lointaines (plus de 100 à 150 km vers l'ouest) jusqu'à In'Gall ou vers la zone pastorale du Tamesna. Cette migration des troupeaux durait en général deux à trois mois. Parmi les éleveurs enquêtés, 59 p. 100, dont la quasi-totalité des éleveurs de la zone 2, la pratiquaient. Cependant, beaucoup d'éleveurs ont affirmé y avoir eu recours en saisons difficiles. Pour certains éleveurs de la zone 1, elle concernait de façon irrégulière une partie du troupeau seulement, en général des femelles non suitées, et des mâles et des animaux en âge de mise en reproduction. Parmi les 28 chameliers interrogés dans cette zone,

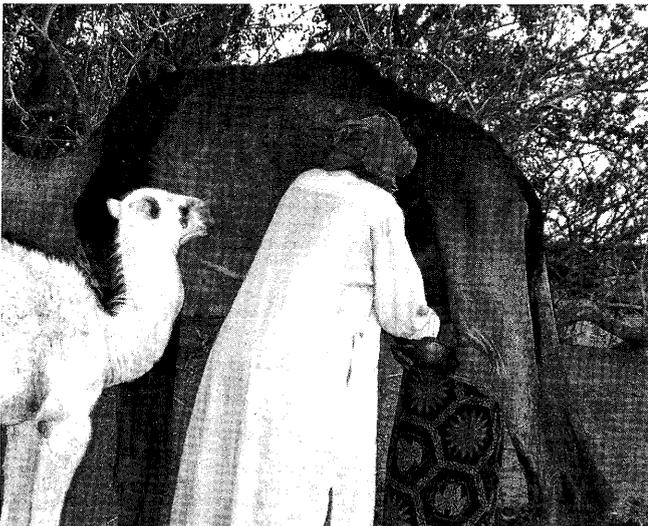


Figure 5 : la traite pratiquée par deux personnes nécessite la présence du chamelon.



Figure 6 : la mobilité, une caractéristique importante de ce système.

19 p. 100 avaient adopté ce déplacement saisonnier d'une partie seulement du troupeau.

A travers cet ensemble de pratiques de gestion fonctionnelle des élevages, les auteurs ont essayé de réaliser une typologie. Les variables discriminantes obtenues, séparées en variables actives et supplémentaires à partir de différents thèmes et organisées en modalités avec les réponses pour chacune d'elles, ont été présentées dans le tableau II.

## ■ DISCUSSION

L'élevage camelin au Niger a bénéficié dans les années 1980 d'un certain intérêt des autorités publiques et des organisations non gouvernementales, dont les actions étaient orientées plutôt vers l'amélioration sanitaire, l'information et quelques interventions pilotes de développement (22). Cependant les mutations environnementales et socio-économiques ayant affecté les pays subsahariens ces dernières années remettent en cause très souvent un certain nombre d'acquis en termes de connaissance des systèmes d'élevages et de leurs performances (14). Dans tous les cas, les données bibliographiques concernant les systèmes d'élevages camélins au Niger et, à plus forte raison, les données sur leurs performances sont rares. Si elles existent, elles sont souvent fragmentaires, quelques fois incomplètes, pas assez précises pour constituer une base conceptuelle et cognitive solide (18). Les informations obtenues dans le cadre de cette étude ont permis de préciser les types d'élevages camélins qui gravitaient autour de la zone périurbaine d'Agadez, leur fonctionnement en termes de gestion de l'alimentation, de la traite et de la reproduction des troupeaux, et surtout d'apporter des informations sur un aspect très important de ce système, à savoir la mobilité.

La répartition des éleveurs chameliers se faisait selon plusieurs facteurs, principalement les ressources fourragères, les points d'eau, les zones d'attache, et secondairement l'exploitation et la vente du lait. Les zones 2 et 3 présentaient peu de ressources pastorales en raison du type de substrat. Le recouvrement végétal de ces deux zones était faible et hétérogène, et ne permettait pas de supporter du bétail sur une longue période. On observait alors une grande mobilité des éleveurs de ces zones, traduite par des mouvements itératifs pour ceux de la zone 3 et un mouvement cyclique et longitudinal pour ceux de la zone 2.

En zone 3 les troupeaux étaient importants, ce qui imposait une recherche des grands espaces et assez de fourrages pour satisfaire leurs besoins, d'où un nomadisme quasi perpétuel. Les éleveurs y restaient en année de pâturage abondant mais, nomadisant entre les importants points d'eau pastoraux, ils migraient ensuite sur de grandes amplitudes au sud-ouest ou à l'ouest pendant les années difficiles.

En zone 2 la taille des troupeaux était faible ; cependant, en raison de l'afflux des troupeaux d'autres zones, les pasteurs étaient forcés de partir en transhumance saisonnière. Les points d'eau permanents étaient relativement peu nombreux, sauf dans la zone 1. L'exploitation du capital animal était centrée sur la vente des animaux, essentiellement les petits ruminants. La vente des dromadaires n'était pas fréquente chez ces pasteurs. Elle variait d'un à deux dromadaires par an selon la taille de la famille. Cette vente de dromadaire permettait au pasteur de se ravitailler en vivres. Les pasteurs se livraient aussi de plus en plus à la vente du lait de chamelle. Cette activité s'est accrue ces deux dernières années avec les crises socio-économiques et l'évolution progressive de la mentalité de ces pasteurs sous l'angle de la spéculation laitière qui jadis était comme prohibée, d'une part, et la forte croissance démographique avec une urbanisation marquée entraînant une augmentation de la demande en laits et produits laitiers au niveau des centres urbains, d'autre part.

Dans la zone 1 où il y avait une sédentarisation progressive, un nombre appréciable de pasteurs répartissaient leurs troupeaux en deux groupes : les femelles suitées pourvoyeuses de l'essentiel du lait autoconsommé et commercialisé, qui restaient au niveau des campements durant la lactation, et le reste du troupeau conduit par un jeune chamelier dans des zones lointaines pour exploiter les grands espaces pastoraux. La complémentarité des animaux, en l'occurrence des chamelles laitières et des jeunes chamelons, était de plus en plus pratiquée, surtout par les éleveurs de la zone 1, avec des sous-produits agricoles obtenus sur les marchés d'Agadez.

Le déplacement constituait une composante essentielle de la gestion du troupeau. Tous les types de déplacements étaient pratiqués en allant du nomadisme à la conduite journalière des troupeaux aux pâturages. Selon Bernus (3), le nomadisme est une activité pastorale qui consiste en l'exploitation d'un espace aux ressources précaires, variables et dispersées dans des zones complémentaires. Le nomadisme implique la mobilité totale d'un groupe humain grâce à un habitat transportable (tente des Touaregs, yourtes des Mongols...) ou suffisamment sommaire pour être reconstruit à chaque déplacement. Pour Saidu (21), le nomadisme se distingue de la transhumance qui ne concerne que les bergers conduisant périodiquement des troupeaux sur des pâturages saisonniers à partir d'une implantation permanente. L'un des facteurs déterminants serait la taille du troupeau.

Cependant, on sait que la recherche des meilleures conditions d'élevages, en particulier les bons pâturages et les points d'eau accessibles, sont d'une importance capitale dans ce déterminisme (15, 16). En effet, les éleveurs dont les troupeaux ont un effectif réduit sont contraints de les garder auprès d'eux toute l'année, car

ils dépendent beaucoup de ces animaux pour leur subsistance en lait ou pour le transport. En revanche, les éleveurs dont les troupeaux ont un effectif élevé envoient en transhumance un certain nombre de dromadaires, répartissant ainsi les charges en termes de suivi, d'entretien et de gestion des troupeaux. Ceci est observable surtout pour les troupeaux de taille moyenne et à effectifs importants. Les élevages camelins de l'ensemble de la zone se présentaient comme des élevages laitiers car ils comportaient plus de 53 p. 100 de femelles laitières.

## ■ CONCLUSION

L'enquête typologique a porté sur 100 exploitations qui ne représentaient que 13 p. 100 des élevages installés dans le bassin laitier. Bien que ce pourcentage d'échantillonnage soit faible, ce travail a permis d'en savoir un peu plus sur les élevages de la zone périurbaine d'Agadez, en particulier sur la composition des troupeaux et leurs caractéristiques typologiques. Les résultats d'enquête obtenus ont montré l'existence de trois types d'élevages, différenciés essentiellement sur la base des pratiques d'alimentation des animaux et sur la mobilité des pasteurs. A cela s'est ajoutée une affinité zonale (d'origine socio-historique et écologique) de certains éleveurs.

L'analyse factorielle des correspondances multiples a montré de façon claire les corrélations entre les neuf variables actives utilisées dans cette analyse. Parmi elles, trois (ModElev, FreqDplcmt, OrDplcmt) étaient discriminantes et décrivaient parfaitement la situation des élevages et leurs relations. Les deux premiers groupes s'opposaient de fait par le mode d'élevage, l'un mobile et l'autre sédentaire.

Le troisième groupe d'éleveurs était un peu intermédiaire, raison pour laquelle il était moins homogène et comportait des variantes se rattachant à l'un ou à l'autre des groupes précités en termes de pratiques d'élevage. La construction d'une dualité (variables, individus) apportait également une parfaite corrélation en fonction de chaque type de pratique. La classification ascendante hiérarchique effectuée à partir des coordonnées factorielles a permis de classer tous ces individus en trois classes distinctes.

La première regroupait les éleveurs à gros effectifs (totaux et des dromadaires) de troupeaux, pratiquant le nomadisme (à l'intérieur et vers l'extérieur du bassin laitier) mais dont la zone de prédilection était la zone 3, vendant du lait, et ne pratiquant que rarement la transhumance. La deuxième était formée d'éleveurs semi-sédentaires, car ils désertaient dans leur majorité leur zone de prédilection (zone 2) en saison des pluies pour raison de transhumance, avec des effectifs de dromadaires assez faibles ; ils ne vendaient généralement pas le lait produit. La troisième était celle des éleveurs dont les effectifs d'animaux dans les troupeaux étaient moyens ; ils pratiquaient la complémentation et ne se déplaçaient guère sur de longues distances. Leur mode d'élevage (sédentarisme) était motivé par la vente du lait facilitée par leur proximité de la ville d'Agadez.

Néanmoins, les déplacements étaient très importants puisque c'était grâce à eux que l'élevage persistait dans ces milieux arides. Ces résultats obtenus sur les types d'élevages de la zone périurbaine d'Agadez et leur mode de fonctionnement à travers l'étude des pratiques de gestion des élevages doivent permettre au développeur de prendre des décisions concrètes en matière d'aménagement du milieu mais également sur le plan du développement économique et social. En outre, d'autres études sont nécessaires pour comprendre la dynamique réelle des mouvements des éleveurs, la territorialité et l'organisation des éleveurs eu égard à la dynamique éco-climatique et socio-économique à laquelle la zone est soumise.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ALOU H., 1985. Contribution à l'étude de l'élevage camelin au Niger : situation actuelle, propositions d'amélioration, perspectives d'avenir. Thèse Doct. vét., Eismv, Dakar, Sénégal, 122 p.
2. BENZECRI J.P., 1984. Pratique d'analyse des données. Paris, France, Dunod, 456 p.
3. BERNUS E., 1986. Mobilité et flexibilité pastorale face à la sécheresse. Equipe sociétés nomades dans l'Etat. Nomadisme : mobilité et flexibilité ? Orstom, *Bull. Liaison* (8) : 137-144.
4. BONNET P., éd. sci., 1998. Actes colloque Dromadaires et chameaux, animaux laitiers, Nouakchott, Mauritanie, 24-26 oct. 1994. Montpellier, France, Cirad, 304 p.
5. CHAIBOU M., FAYE B., 2003. Production laitière des chamelles Abzin élevées par les Touaregs nomades du Niger. In : Actes séminaire international sur le lait de chamelle, Niamey, Niger, 5-7 nov. 2003. Rome, Italie, FAO, p. 17-32.
6. DUTEURTRE G., MEYER C., éd. sci., 2001. Actes de l'atelier international Marchés urbains et développement laitier en Afrique subsaharienne, Montpellier, France, 9-10 sept. 1998. Montpellier, France, Cirad, 233 p. (Coll. Colloques)
7. FAYE B., GOURCY E., BARNOUIN J., 1990. Méthodologie de description des systèmes alimentaires dans le cadre d'une enquête éco-pathologique en élevage bovin laitier. *Epidémiol. Santé Anim.*, **17** : 117-134.
8. GIAZZI F., 1994. Sécheresse et occupation de l'espace dans le massif de l'Air. *Sécheresse*, **15** : 227-235.
9. LANDAIS E., LHOSTE P., 1987. Concepts et méthodes pour l'analyse du fonctionnement des systèmes d'élevage. In : Séminaire Economie et sociologies rurales, groupe méthodes et concepts, Montpellier, France, sept. 1989. Montpellier, France, Cirad, 30 p.
10. LEGAY J.M., 1986. Méthodes et modèles dans l'étude des systèmes complexes. *Cah. Rech. Dev.*, **11** : 1-6.
11. LHOSTE P., 1984. Le diagnostic sur le système d'élevage Cirad. *Cah. Rech. Dev.*, **3-4** : 84-88.
12. LHOSTE P., 1988. Les spécificités des systèmes d'élevage des régions chaudes justifient-elles des méthodes d'études propres ? *Etud. Rech. Sys. agraires Dév.*, **11** : 103-116.
13. MICHEL J.F., 1997. Contribution à l'étude des systèmes d'élevage camelin dans la province de Laâyoune au Maroc : enquête typologique. Thèse Doct. vét., Env, université de Toulouse, France, 119 p.
14. MOULIN C.H., 1993. Le concept du fonctionnement de troupeau. Diversité des pratiques et variabilités des performances animales dans un système agropastoral sahélien. *Etud. Rech. Sys. agraires Dév.*, **27** : 73-93.
15. MOULIN C., GIRARD N., DEDIEU B., 2001. L'apport de l'analyse fonctionnelle des systèmes d'alimentation. *Fourrages*, **167** : 337-363.
16. OSTY P.L., LANDAIS E., 1993. Fonctionnement des systèmes d'exploitation pastorale. In : Gaston A., Kernick M., Le Houérou H.N., éd. 4<sup>e</sup> Congrès international Terres de parcours, Montpellier, France, 22-26 avr. 1991. Montpellier, France, Cirad, p. 1137-1146.
17. PERROT C., LANDAIS E., 1993. Exploitations agricoles ; pourquoi poursuivre la recherche sur les méthodes typologiques ; dossier : méthodes d'études en milieu paysan. *Cah. Rech. Dev.*, **33** : 13-23.
18. PEYRE DE FABREGUES B., 1972. Modernisation de la zone pastorale du Niger. Maisons-Alfort, France, lemvt, 306 p. (Etude agrostologique n° 33)
19. PEYRE DE FABREGUES B., 1989. Le dromadaire dans son milieu naturel. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **42** : 127-132.
20. ROGNON P., 1991. Les sécheresses du Sahel replacées dans l'évolution climatique des vingt derniers millénaires. *Sécheresse*, **2** : 199-210.
21. SAIDOU A., 1986. Contribution à l'étude d'un système pastoral sahélien : la transhumance au Niger : ses aspects, son incidence et les perspectives d'avenir. Thèse Doct. vét., université de Dakar, Sénégal, 120 p.
22. THEBAUD B., 1988. Elevage et développement au Niger (quel avenir pour les éleveurs du Sahel 2). Genève, Suisse, BIT, 147 p.
23. WALISER B., 1977. Systèmes et modèles, introduction critique à l'analyse des systèmes. Paris, France, Le Seuil, 250 p.

Reçu le 07.02.2005, accepté le 23.06.2006

## Summary

**Chaibou M., Faye B.** Herding Strategies of Camel Husbandry in Agadez Suburban Area in Niger. Typological Survey

Camel livestock relies on natural forage resources, which are subjected to irregular rainfalls, poorly distributed in time and space. Mobility is one of the strategies used by herders to utilize these resources. However, it has been a while since socio-economic and climatic changes, and demographic growth and urbanization have changed the rules of herd management. Know-how of dairy farm management is essential for the development of a dairy processing unit in Agadez, whose main activity focuses on camel milk transformation. To help know the various herd management types in Agadez suburban area, 100 camel herders were surveyed. Analysis of the data obtained on herd management practices and on global management of camel herds helped distinguish three main herd types, differentiated on the bases of animal feed practices, herders' mobility, and a marked preference of some herders for this particular area, for socio-historical and ecological reasons. The first group of herders were sedentary; they owned an average size herd, used feed supplementation and sold camel milk. The second group mostly used transhumance during the rainy season; some herders supplemented their animals, but almost none of the herders sold camel milk. Herders in the third group owned large herds and therefore practiced nomadism regularly. Milk sale became a more common practice through the special contacts established by some of the producers of this group with the dairy processing unit. Herd size and composition, and forage and water resources were the main factors that determined herd movements.

**Keywords:** *Camelus dromedarius* – Livestock management – Classification – Suburban area – Agadez – Niger.

## Resumen

**Chaibou M., Faye B.** Funcionamiento de la cría camellar de la zona periurbana de Agadez en Níger: estudio tipológico

El ganado camellar depende de los recursos forrajeros de los pastaderos naturales, cuyo desarrollo está expuesto a la variabilidad e incertidumbre de las precipitaciones, muy mal repartidas en el tiempo y el espacio. Para explotar estos pastaderos abiertos, una de las estrategias adoptadas por los ganaderos es la movilidad. Sin embargo, desde hace algún tiempo, los cambios climáticos, socioeconómicos y las condiciones provocadas por una urbanización intensificada imponen cada vez más cambios en las reglas de gestión de las ganaderías. El desarrollo en Agadez de una minicentral lechera, cuya actividad principal se centra fundamentalmente en la transformación de la leche de camella, requiere un perfecto conocimiento del funcionamiento de las ganaderías lecheras que van a abastecer esta central. Se realizó un estudio durante dos meses, en cien ganaderías de camellos de la zona periurbana de Agadez, con el fin de conocer el funcionamiento de las ganaderías de esta zona. El análisis de los datos recogidos sobre las prácticas de manejo de rebaños y el funcionamiento global de las ganaderías de pastores camelleros permitió diferenciar tres grandes tipos de ganaderías, cuya diferencia reside fundamentalmente en las prácticas de alimentación de los animales y en la movilidad de los pastores. A esto se añade una afinidad zonal de algunos ganaderos, cuyas causas son sociohistóricas y ecológicas. El primer grupo de pastores tenía la peculiaridad de ser sedentario, de tener un rebaño de tamaño medio y de practicar el complemento de alimentación y la venta de leche. El segundo grupo de pastores practicaba mucho la trashumancia en temporada de lluvias, algunos daban complementos alimenticios a sus animales. Sin embargo, la comercialización de la leche de camella era prácticamente inexistente entre estos pastores. Los camelleros que componían el tercer grupo tenían grandes rebaños y efectuaban, por consiguiente, un nomadismo regular. Debido a los contactos particulares establecidos entre algunos productores de este grupo y la central lechera, la venta de leche cada vez se practicaba más. El tamaño, la composición de los rebaños y los recursos forrajeros e hidráulicos constituían los principales factores determinantes de los desplazamientos de los ganaderos.

**Palabras clave:** *Camelus dromedarius* – Manejo del ganado – Clasificación – Zona periurbana – Agadez – Níger.



## ■ Index 2005 des auteurs

---

- Abubakr M.I.  
n° 4 p. 217-219
- Abuobeida S.A.  
n° 4 p. 217-219
- Adene D.F.  
n° 4 p. 211-215
- Adetosoye A.I.  
n° 1-2 p. 21-26
- Aiyedun A.I.  
n° 4 p. 211-215
- Ajuwape A.T.P.  
n° 1-2 p. 21-26
- Akakpo J.A.  
n° 3 p. 145-150
- Akpavie S.O.  
n° 1-2 p. 21-26
- Albina E.  
n° 1-2 p. 7-14
- Alkoiret T.I.  
n° 1-2 p. 61-68
- Aloulou R.  
n° 1-2 p. 81-88
- Ammar H.  
n° 1-2 p. 81-88
- Awa D.N.  
n° 1-2 p. 89-94
- Baba Ould M.  
n° 3 p. 117-123
- Bada-Alambedji R.  
n° 3 p. 145-150
- Bagayoko I.  
n° 4 p. 205-209
- Baldet T.  
n° 3 p. 125-132
- Bastiaensen P.  
n° 3 p. 117-123
- Bastianelli D.  
n° 1-2 p. 51-60
- Baudoux C.  
n° 4 p. 205-209
- Baudoux L.  
n° 1-2 p. 103-110
- Beckers J.F.  
n° 4 p. 229-235
- Belem A.M.G.  
n° 1-2 p. 37-43
- Bendali F.  
n° 3 p. 117-123
- Ben Hamouda M.  
n° 1-2 p. 81-88
- Ben Salem I.  
n° 1-2 p. 81-88
- Berkvens D.  
n° 1-2 p. 45-49, n° 4 p. 205-209
- Bessin R.  
n° 1-2 p. 37-43
- Bezeid O.E.  
n° 3 p. 145-150
- Bidjeh K.  
n° 3 p. 117-123
- Boujenane I.  
n° 1-2 p. 75-79, n° 3 p. 191-196,  
n° 4 p. 267-272
- Bouyer F.  
n° 4 p. 221-228
- Bouyer J.  
n° 1-2 p. 27-29, n° 4 p. 221-228
- Cardinale E.  
n° 1-2 p. 89-94
- Chaibou M.  
n° 4 p. 273-283
- Chikhi A.  
n° 4 p. 267-272
- Corniaux C.  
n° 1-2 p. 51-60, n° 4 p. 237-243
- Cuisance D.  
n° 1-2 p. 27-29
- Dadah A.J.  
n° 1-2 p. 31-35
- Daniel A.D.  
n° 1-2 p. 31-35

- Daouda  
n° 3 p. 139-143
- Dede P.M.  
n° 1-2 p. 31-35
- De Deken R.  
n° 3 p. 159-165
- Delécolle J.C.  
n° 3 p. 125-132
- Dhollander S.  
n° 1-2 p. 45-49
- Diallo H.  
n° 1-2 p. 81-88
- Diarra I.  
n° 3 p. 117-123
- Dieye P.N.  
n° 4 p. 237-243
- Diop B.  
n° 3 p. 117-123
- Duteurtre G.  
n° 4 p. 237-243
- Elmamy Ould B.  
n° 3 p. 117-123
- Fadlalla M.E.  
n° 4 p. 217-219
- Fakhfakh E.  
n° 1-2 p. 7-14
- Fall M.  
n° 3 p. 117-123
- Faye B.  
n° 4 p. 245-255, n° 4 p. 273-283
- Gargouri A.  
n° 3 p. 183-190
- Gaye M.  
n° 1-2 p. 45-49
- Gbangboche A.B.  
n° 1-2 p. 61-68
- Geerts S.  
n° 1-2 p. 45-49, n° 3 p. 139-143,  
n° 4 p. 205-209
- Gerbier G.  
n° 3 p. 125-132
- Getachew Abebe  
n° 3 p. 151-157
- Gnanda I.B.  
n° 3 p. 175-182, n° 4 p. 257-265
- Godfroid J.  
n° 3 p. 139-143
- Gould E.A.  
n° 4 p. 217-219
- Grenier A.  
n° 1-2 p. 15-20
- Grillet N.  
n° 4 p. 245-255
- Grimaud P.  
n° 4 p. 245-255
- Gueguen S.  
n° 1-2 p. 51-60
- Guerin P.M.  
n° 1-2 p. 27-29
- Halid I.  
n° 1-2 p. 31-35
- Hammami S.  
n° 1-2 p. 7-14
- Hostiou N.  
n° 3 p. 167-173
- Itodo A.E.  
n° 3 p. 133-137
- Jaafoura M.H.  
n° 1-2 p. 7-14
- Kaboré A.  
n° 1-2 p. 37-43
- Kaboret Y.  
n° 3 p. 145-150
- Kadja M.C.  
n° 3 p. 145-150
- Kamil H.  
n° 1-2 p. 103-110
- Kane Y.  
n° 3 p. 145-150
- Kansari J.  
n° 1-2 p. 75-79
- Kock R.  
n° 3 p. 117-123
- Kora S.  
n° 1-2 p. 45-49
- Lacz C.  
n° 1-2 p. 51-60
- Lancelot R.  
n° 1-2 p. 15-20
- Lassoued N.  
n° 1-2 p. 69-73
- Leak S.  
n° 1-2 p. 45-49

- Le Goff C.  
n° 1-2 p. 7-14
- Le Masson A.  
n° 3 p. 175-182
- Lemrabott Ould M.  
n° 3 p. 117-123
- Loiseau G.  
n° 4 p. 245-255
- Maharavo Rahantamalala C.  
n° 1-2 p. 15-20
- Mamoudou A.  
n° 1-2 p. 89-94
- Mathieu B.  
n° 3 p. 125-132
- Messad S.  
n° 1-2 p. 27-29
- Meyer C.  
n° 3 p. 175-182, n° 4 p. 257-265
- Molénat G.  
n° 1-2 p. 51-60
- Moulin C.H.  
n° 1-2 p. 103-110
- Ngo Tama A.C.  
n° 1-2 p. 89-94
- Nianogo A.J.  
n° 3 p. 175-182, n° 4 p. 257-265
- Njoku C.I.  
n° 1-2 p. 31-35
- Njoya A.  
n° 1-2 p. 89-94
- Nottidge H.O.  
n° 4 p. 211-215
- Nya E.  
n° 3 p. 139-143
- Obi T.U.  
n° 4 p. 211-215
- Odaibo G.N.  
n° 1-2 p. 21-26
- Odemuyiwa S.O.  
n° 1-2 p. 21-26
- Odisseev C.  
n° 1-2 p. 7-14
- Odugbo M.O.  
n° 3 p. 133-137
- Okwori A.E.J.  
n° 3 p. 133-137
- Oladele O.A.  
n° 4 p. 211-215
- Olaifa A.K.  
n° 1-2 p. 21-26
- Olalaye O.D.  
n° 1-2 p. 21-26
- Omoogun G.A.  
n° 1-2 p. 31-35
- Otesile E.B.  
n° 1-2 p. 21-26
- Ouattara Z.  
n° 1-2 p. 95-101
- Poccard-Chapuis R.  
n° 4 p. 237-243
- Randriamparany T.  
n° 1-2 p. 15-20
- Rekik M.  
n° 1-2 p. 69-73, n° 1-2 p. 81-88
- Remy B.  
n° 4 p. 229-235
- Roger F.  
n° 3 p. 125-132
- Rousset D.  
n° 1-2 p. 15-20
- Sangwan A.K.  
n° 3 p. 151-157
- Sanneh M.  
n° 1-2 p. 45-49
- Seghaier C.  
n° 1-2 p. 7-14
- Shey-Njila O.  
n° 3 p. 139-143
- Shimelis Dagnachew  
n° 3 p. 151-157
- Sidikou D.I.  
n° 4 p. 229-235
- Stachurski F.  
n° 4 p. 221-228
- Tanoh K.G.  
n° 1-2 p. 95-101
- Thomson G.  
n° 3 p. 117-123
- Thys E.  
n° 3 p. 159-165, n° 4 p. 205-209
- Toukara K.  
n° 3 p. 117-123

- Toure G.  
n° 1-2 p. 95-101
- Tourette I.  
n° 1-2 p. 15-20
- Tourrand J.F.  
n° 3 p. 167-173
- Turaki U.A.  
n° 3 p. 133-137
- Uzoigwe N.R.  
n° 1-2 p. 31-35
- Veiga J.B.  
n° 3 p. 167-173
- Walravens K.  
n° 3 p. 139-143, n° 4 p. 205-209
- Wesuta M.  
n° 4 p. 245-255
- Yahaya M.A.  
n° 4 p. 205-209
- Yakubu R.A.  
n° 3 p. 133-137
- Yapy-Gnaore V.  
n° 1-2 p. 95-101
- Yo T.  
n° 1-2 p. 95-101
- Zekri S.  
n° 1-2 p. 7-14
- Ziébé R.  
n° 3 p. 159-165
- Zoli P.A.  
n° 3 p. 139-143
- Zono O.  
n° 4 p. 257-265
- Zoundi J.S.  
n° 3 p. 175-182, n° 4 p. 257-265

## Index 2005 des mots-clés

- ABATTOIR  
n° 3 p. 145-150
- AFFOURRAGEMENT EN VERT  
n° 1-2 p. 45-49
- AGNEAU  
n° 3 p. 183-190
- AGRICULTEUR  
n° 3 p. 159-165
- ALIMENTATION  
n° 1-2 p. 51-60
- ALIMENTATION DES ANIMAUX  
n° 3 p. 175-182
- ALTITUDE  
n° 3 p. 151-157
- APPRENTISSAGE ANIMAL  
n° 1-2 p. 27-29
- APPROCHE COMMUNAUTAIRE  
n° 4 p. 221-228
- AVORTEMENT  
n° 4 p. 257-265
- BACTERIA  
n° 3 p. 145-150
- BOUJAAD  
n° 3 p. 191-196, n° 4 p. 267-272
- BOVIN  
n° 1-2 p. 31-35, n° 1-2 p. 51-60,  
n° 3 p. 117-123, n° 3 p. 133-137,  
n° 3 p. 151-157, n° 3 p. 139-143,  
n° 4 p. 205-209, n° 4 p. 221-228,  
n° 4 p. 229-235
- BOVIN DE BOUCHERIE  
n° 3 p. 167-173
- BOVIN LAGUNAIRE  
n° 1-2 p. 61-68
- BOVIN LAITIER  
n° 3 p. 167-173

- BREBIS D'MAN X TIMAHDITE  
n° 1-2 p. 75-79
- BRUCELLA  
n° 3 p. 139-143, n° 4 p. 205-209
- BRUCELLOSE  
n° 3 p. 139-143, n° 4 p. 205-209
- CAMELUS DROMEDARIUS  
n° 3 p. 145-150, n° 4 p. 273-283
- CANARD  
n° 4 p. 211-215
- CAPRIN  
n° 1-2 p. 7-14, n° 1-2 p. 37-43, n° 1-2 p. 45-49, n° 1-2 p. 69-73, n° 1-2 p. 89-94
- CAPRIPOXVIRUS  
n° 1-2 p. 7-14
- CARCASSE  
n° 4 p. 267-272
- CESTODA  
n° 1-2 p. 37-43
- CHEVRE  
n° 1-2 p. 69-73
- CHEVREAU  
n° 3 p. 175-182
- CHEVRE NAINE  
n° 1-2 p. 45-49
- CHEVRE SAHELIEENNE  
BURKINABEE  
n° 3 p. 175-182, n° 4 p. 257-265
- CLASSIFICATION  
n° 4 p. 273-283
- COCCIDIOSE  
n° 1-2 p. 45-49
- COLLECTE DE DONNEES  
n° 3 p. 159-165
- COMMERCIALISATION  
n° 1-2 p. 95-101
- COMPLEMENT ALIMENTAIRE  
n° 3 p. 175-182, n° 4 p. 257-265
- COMPORTEMENT  
n° 1-2 p. 27-29
- COMPOSITION CHIMIQUE  
n° 3 p. 183-190
- CONDUITE D'ELEVAGE  
n° 4 p. 273-283
- CONDUITE DU BETAIL  
n° 3 p. 167-173
- CONTAMINATION BIOLOGIQUE  
n° 4 p. 245-255
- CONTROLE DES MALADIES  
n° 1-2 p. 89-94
- CROISEMENT  
n° 1-2 p. 45-49, n° 1-2 p. 81-88, n° 3 p. 191-196
- CROISSANCE  
n° 3 p. 175-182, n° 3 p. 183-190
- CULICOIDES IMICOLA  
n° 3 p. 125-132
- CYCLE GESTRAL  
n° 1-2 p. 69-73
- DENSITE DE POPULATION  
n° 3 p. 159-165
- DIAGNOSTIC  
n° 1-2 p. 15-20
- DINDON  
n° 4 p. 211-215
- ELEVAGE  
n° 1-2 p. 103-110, n° 3 p. 159-165
- ELISA  
n° 3 p. 117-123
- ENGRAISSEMENT  
n° 4 p. 267-272
- EPIDEMIE  
n° 1-2 p. 21-26
- EPIDEMIOLOGIE  
n° 1-2 p. 15-20, n° 3 p. 151-157
- FACTEUR DE RISQUE  
n° 1-2 p. 31-35
- FACTEUR LIE AU SITE  
n° 3 p. 151-157
- FERTILITE  
n° 1-2 p. 61-68
- FIEVRE CATARRHALE OVINE  
n° 3 p. 125-132
- FORET  
n° 4 p. 205-209
- FOURRAGE  
n° 1-2 p. 51-60
- GESTION DES RESSOURCES  
n° 1-2 p. 51-60
- GLOSSINA  
n° 1-2 p. 31-35

- GLOSSINA MORSITANS  
SUBMORSITANS  
n° 3 p. 151-157
- GLOSSINA PALPALIS GAMBIENSIS  
n° 1-2 p. 27-29
- GLOSSINIDAE  
n° 4 p. 221-228
- HELMINTHE  
n° 1-2 p. 37-43, n° 1-2 p. 45-49
- HELMINTHOSE  
n° 1-2 p. 89-94
- HYGIENE DES ALIMENTS  
n° 4 p. 245-255
- ILE-DE-FRANCE  
n° 3 p. 191-196
- INFECTION EXPERIMENTALE  
n° 3 p. 133-137, n° 4 p. 211-215
- INNOVATION  
n° 4 p. 221-228
- INTERVALLE ENTRE  
PARTURITIONS  
n° 1-2 p. 61-68
- LAIT  
n° 4 p. 245-255
- LAIT DE BREBIS  
n° 3 p. 183-190
- LAPIN  
n° 4 p. 217-219
- LESION  
n° 3 p. 145-150
- LIPIDE  
n° 3 p. 183-190
- LUTTE INTEGREE  
n° 4 p. 221-228
- MALADIE TRANSMISE PAR  
VECTEUR  
n° 1-2 p. 31-35
- MERINOS PRECOCE  
n° 3 p. 191-196
- METASTIGMATA  
n° 4 p. 221-228
- METHODE  
n° 3 p. 159-165
- METHODE DE LUTTE  
n° 4 p. 221-228
- MORBIDITE  
n° 3 p. 139-143, n° 4 p. 205-209
- MORBILLIVIRUS  
n° 3 p. 117-123
- NECROPSIE  
n° 4 p. 217-219
- NEMATODA  
n° 1-2 p. 37-43
- NOMADISME  
n° 1-2 p. 103-110
- ORGANISATION DU TRAVAIL  
n° 3 p. 167-173
- OVIN  
n° 1-2 p. 7-14, n° 1-2 p. 75-79,  
n° 1-2 p. 81-88, n° 1-2 p. 89-94,  
n° 1-2 p. 95-101, n° 3 p. 125-132,  
n° 3 p. 183-190, n° 3 p. 191-196,  
n° 4 p. 267-272
- OVULATION  
n° 1-2 p. 69-73
- PAILLE DE RIZ  
n° 1-2 p. 51-60
- PARAPOXVIRUS  
n° 1-2 p. 7-14
- PASTEURELLA MULTOCIDA  
n° 3 p. 133-137
- PATURAGE  
n° 1-2 p. 51-60
- PCR  
n° 1-2 p. 7-14
- PEPSINOGENE  
n° 4 p. 229-235
- PERFORMANCE DE  
REPRODUCTION  
n° 1-2 p. 61-68, n° 1-2 p. 75-79
- PESTE BOVINE  
n° 3 p. 117-123
- PESTE PORCINE AFRICAINE  
n° 1-2 p. 15-20, n° 1-2 p. 21-26
- PETITE EXPLOITATION AGRICOLE  
n° 4 p. 237-243
- PHACOCHOERUS AFRICANUS  
n° 3 p. 117-123
- PHYLOGENIE  
n° 1-2 p. 7-14
- PLASMA SANGUIN  
n° 4 p. 229-235
- POIDS  
n° 1-2 p. 75-79, n° 3 p. 191-196

- PORCIN**  
 n° 1-2 p. 15-20, n° 1-2 p. 21-26
- POULET**  
 n° 4 p. 211-215
- POUMON**  
 n° 3 p. 145-150
- PPR**  
 n° 1-2 p. 89-94
- PREFERENCE ALIMENTAIRE**  
 n° 1-2 p. 27-29
- PRESERVATION**  
 n° 4 p. 245-255
- PRIX**  
 n° 1-2 p. 95-101
- PRODUCTION LAITIERE**  
 n° 3 p. 175-182, n° 4 p. 237-243
- PRODUCTIVITE**  
 n° 1-2 p. 75-79, n° 1-2 p. 81-88
- PRODUIT DE CROISEMENT**  
 n° 1-2 p. 75-79
- QUALITE**  
 n° 4 p. 245-255
- RACE A HAUT RENDEMENT**  
 n° 1-2 p. 81-88
- REACTION D'AGGLUTINATION**  
 n° 3 p. 139-143
- REACTION DE FIXATION DU  
 COMPLEMENT**  
 n° 3 p. 139-143
- RENTABILITE**  
 n° 4 p. 237-243
- REPRODUCTION**  
 n° 1-2 p. 69-73, n° 3 p. 191-196,  
 n° 4 p. 257-265
- RESSOURCE ALIMENTAIRE POUR  
 ANIMAUX**  
 n° 3 p. 159-165
- SAISON D'ACCOUPLEMENT**  
 n° 1-2 p. 69-73
- SAISON SECHE**  
 n° 1-2 p. 51-60
- SANG**  
 n° 4 p. 211-215
- SARDI**  
 n° 4 p. 267-272
- SEPTICEMIE HEMORRAGIQUE**  
 n° 3 p. 133-137
- SEQUENCE NUCLEOTIDIQUE**  
 n° 1-2 p. 7-14
- SURVEILLANCE**  
 n° 3 p. 125-132
- SYSTEME AGROPASTORAL**  
 n° 1-2 p. 103-110
- SYSTEME DE CULTURE**  
 n° 1-2 p. 103-110
- TAILLE DE LA PORTEE**  
 n° 1-2 p. 81-88
- TECHNIQUE  
 IMMUNOENZYMATIQUE**  
 n° 3 p. 139-143
- TECHNIQUE IMMUNOLOGIQUE**  
 n° 4 p. 205-209
- TECHNIQUE  
 RADIOIMMUNOLOGIQUE**  
 n° 4 p. 229-235
- TEST ELISA**  
 n° 3 p. 139-143
- TRANSHUMANCE**  
 n° 3 p. 159-165
- TREMATODA**  
 n° 1-2 p. 37-43
- TRYPANOSOMOSE**  
 n° 1-2 p. 27-29, n° 1-2 p. 31-35,  
 n° 1-2 p. 45-49, n° 3 p. 151-157
- VACHE**  
 n° 1-2 p. 61-68
- VACHE LAITIERE**  
 n° 4 p. 237-243
- VARIATION SAISONNIERE**  
 n° 3 p. 151-157, n° 4 p. 257-265
- VEAU**  
 n° 3 p. 133-137
- VENTE AU DETAIL**  
 n° 1-2 p. 95-101
- VIROSE**  
 n° 4 p. 217-219
- VIRUS BURSITE INFECTIEUSE**  
 n° 4 p. 211-215
- VIRUS ECTHYMA CONTAGIEUX**  
 n° 1-2 p. 7-14
- ZEBU**  
 n° 1-2 p. 51-60
- ZONE PERIURBAINE**  
 n° 4 p. 205-209, n° 4 p. 273-283

## ■ Index 2005 géographique

### AFRIQUE DE L'OUEST

n° 1-2 p. 45-49

### AGADEZ

n° 4 p. 273-283

### AMAZONIE

n° 3 p. 167-173

### BAHREIN

n° 4 p. 217-219

### BENIN

n° 1-2 p. 61-68

### BRESIL

n° 3 p. 167-173

### BURKINA FASO

n° 1-2 p. 27-29, n° 1-2 p. 37-43,  
n° 3 p. 175-182, n° 4 p. 221-228,  
n° 4 p. 257-265

### CAMEROUN

n° 1-2 p. 89-94, n° 3 p. 159-165,  
n° 3 p. 139-143

### CORSE

n° 3 p. 125-132

### COTE D'IVOIRE.

n° 1-2 p. 95-101, n° 4 p. 205-209

### ETAT DU DELTA

n° 1-2 p. 21-26

### ETHIOPIE

n° 3 p. 151-157

### FLEUVE NIGER

n° 1-2 p. 103-110

### FRANCE

n° 3 p. 125-132

### GAMBIE

n° 1-2 p. 45-49

### MADAGASCAR

n° 1-2 p. 15-20

### MALI

n° 1-2 p. 103-110, n° 4 p. 237-243

### MAROC

n° 1-2 p. 75-79, n° 3 p. 191-196,  
n° 4 p. 267-272

### MAURITANIE

n° 3 p. 117-123, n° 3 p. 145-150

### NIGER

n° 4 p. 273-283

### NIGERIA

n° 1-2 p. 21-26, n° 1-2 p. 31-35,  
n° 3 p. 133-137, n° 4 p. 211-215

### PLATEAU DE JOS

n° 1-2 p. 31-35

### OUGANDA

n° 4 p. 245-255

### REGION MEDITERRANEENNE

n° 3 p. 125-132

### SAHEL

n° 1-2 p. 51-60

### SENEGAL

n° 1-2 p. 51-60, n° 4 p. 237-243

### TUNISIE

n° 1-2 p. 7-14, n° 1-2 p. 69-73,  
n° 1-2 p. 81-88, n° 3 p. 183-190

## RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

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

- Le Rédacteur en chef accuse réception des manuscrits, puis les soumet au Comité de lecture. Les manuscrits peuvent alors être acceptés, refusés ou soumis à des demandes de modifications qui doivent être prises en compte (sauf justifications documentées). **La Rédaction se réserve le droit de renvoyer aux auteurs les manuscrits non conformes aux recommandations suivantes :**

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

- **Le manuscrit est soumis en 2 exemplaires complets** dont un original. Le texte est dactylographié en double interligne, toutes les pages sont numérotées. Une disquette l'accompagne : le fichier texte est au format Microsoft Word, séparé du fichier tableaux (voir plus bas). Envoyer en même temps le manuscrit (fichiers séparés pour le texte, les tableaux, au format Word, et chaque figure aux formats définis ci-dessous) à l'adresse électronique suivante : **revue.emvt@cirad.fr**

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

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

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

- **Tableaux :** numérotés en chiffre romains, dans l'ordre de leur apparition dans le texte, construits avec la fonction « tableau » de MS Word ou sous Excel ; chaque donnée est saisie dans une cellule distincte ; **ne pas utiliser** la fonction « retour à la ligne » à l'intérieur des cellules.

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

- **Bibliographie :** numérotée en chiffres arabes, ordre alphabétique selon le nom des auteurs qui sont tous mentionnés ; référencée par des chiffres arabes entre parenthèses dans le texte ; ex. : "...(19)...(7, 21)...". S'assurer que les **références** apparaissant dans la liste sont **citées dans le texte**. Les publications **anonymes** seront classées au nom de l'institut/la maison d'édition. Utiliser les normes internationales ISO pour l'abréviation de périodiques. La présentation est scrupuleusement respectée et aucun élément (ex : ville, pays et maison d'édition - c'est-à-dire le copyright - pour un ouvrage) ne doit manquer, selon les modèles suivants :

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

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

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

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

Les **épreuves** sont envoyées au premier auteur ou au correspondant ; un délai de quelques jours est donné pour signaler des corrections. Un fichier **pdf** de l'article publié sera envoyé uniquement au premier auteur ou au correspondant désigné.

## INSTRUCTIONS TO AUTHORS

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

- The Editor-in-Chief acknowledges receipt of the manuscripts and submits them to the Editorial Board. The manuscripts may then be accepted, rejected or revisions may be requested. These must have been addressed when submitting a new version. **The Editorial Board may return manuscripts that do not comply to the following guidelines:**

- French is mandatory for French and francophone authors. High standard English may be used in all other cases. Authors whose mother tongue is not English will have their manuscript revised by an English-speaking colleague before its submission to the journal.

- **Complete manuscripts are submitted in duplicate**, including one original. The text is typed, double-spaced, the pages are numbered. A diskette is included. The text is saved under Microsoft Word, and tables are in a separate file (see below). Manuscripts are also sent via e-mail at **revue.emvt@cirad.fr**, using separate files for text, tables (Word format), and each figure (see below for their formats).

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

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

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

- **Tables:** Roman numerals are used, in the order they appear in the text. They are meaningful by themselves and constructed using the Table function of MS Word or Excel; each entry must be in a separate cell; **do not use** line breaks within cells.

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

- **References:** numbered, in alphabetical order for a given author, with all the authors mentioned; they appear in the text within parentheses, e.g., "...(19)...(7, 21)...". Ensure that **references** in the list are **quoted in the text**. **Anonymous** publications are listed under the publisher's name. International ISO norms are used to abbreviate journal names. A very special care is given to their presentation and no item may be omitted (e.g., do not forget the publisher's - same as copyright - city and country when quoting a book), using the following examples as guidelines:

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

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

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

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

**Proofs** are sent to the first author or to the correspondent, who then has a few days to return corrections. A **PDF** file of the published article will be sent solely to the first author or to the designated correspondent.