

Sommaire

PATHOLOGIE INFECTIEUSE

- 5 **Identification d'une nouvelle salmonelle multirésistante dans une viande de poulet de chair au Sénégal.** Cardinale E., Perrier J.D., Aidara A., Tall F., Coudert C., Gueye I.L., Konte M. (*en français*)

PATHOLOGIE PARASITAIRE

- 9 **Sensibilité des chèvres Kirdimi et Sahéliennes du Tchad à la trypanosomose à *Trypanosoma congolense*.** Ndoutamia G., Brahim A., Nadjindoroum P., Moudaidandi G., Diimgang G., Loubadjim R. (*en français*)
- 17 **Etude épidémiologique des nématodes gastro-intestinaux chez les ovins en milieux urbain et périurbain à Maroua, Extrême Nord du Cameroun.** Ngambia Funkeu R., Pandey V.S., Dorny P., Killanga S. (*en français*)
- 23 **Essai de traitement contre des parasitoses gastro-intestinales du poulet avec des décoctions aqueuses de graines de papaye (*Carica papaya*).** Mpoame M., Essomba L.I. (*en français*)

RESSOURCES ANIMALES

- 27 **Le secteur des productions animales en Afrique subsaharienne des Indépendances à 2020. II. Approche des échanges par zones sous-régionales.** Tacher G., Letenneur L. (*en français*)
- 37 **De l'analyse des pratiques à la construction d'un modèle d'évolution des systèmes d'élevage : application à la région Nordeste du Brésil.** Caron P., Hubert B. (*en français*)
- 55 **Les dénombrements d'animaux domestiques, une revue.** Michel J.F. (*en français*)
- 67 **Productivité de la race Borgou à la Ferme d'élevage de l'Okpara au Bénin.** Youssao A.K.I., Ahissou A., Touré Z., Leroy P.L. (*en français*)
- 75 **Effets du milieu et génétiques sur la croissance des agneaux Timahdite et croisés au Maroc.** El Fadili M., Michaux C., Boulanouar B., Leroy P.L. (*en anglais*)

Contents

INFECTIOUS DISEASES

- 5 Identification of a new multiresistant *Salmonella* strain in broiler chickens in Senegal.** Cardinale E., Perrier J.D., Aidara A., Tall F., Coudert C., Gueye I.L., Konte M. (*in French*)

PARASITIC DISEASES

- 9 Sensitivity of Kirdimi and Sahelian goats of Chad to *Trypanosoma congolense* infection.** Ndoutamia G., Brahim A., Nadjindoroum P., Moudaidandi G., Diimgang G., Loubadjim R. (*in French*)
- 17 Epidemiological study of gastrointestinal nematodes of sheep in urban and suburban areas, in Marua, Extreme North of Cameroon.** Ngambia Funkeu R., Pandey V.S., Dorny P., Killanga S. (*in French*)
- 23 Trial treatment of gastrointestinal parasitoses of chickens with aqueous decoctions of papaya (*Carica papaya*) seeds.** Mpoame M., Essomba L.I. (*in French*)

ANIMAL RESOURCES

- 27 Livestock sector in sub-Saharan Africa, from the Independences to 2020. II. Exchanges approached by subregional zones.** Tacher G., Letenneur L. (*in French*)
- 37 From analyzing practices to designing an evolution model for animal husbandry systems: application to the Nordeste region of Brazil.** Caron P., Hubert B. (*in French*)
- 55 Counting domestic animals, a review.** Michel J.F. (*in French*)
- 67 Productivity of the Borgu breed at the Okpara Breeding Farm in Benin.** Youssao A.K.I., Ahissou A., Touré Z., Leroy P.L. (*in French*)
- 75 Environmental and genetic effects on growth in Timahdite and crossbred lambs in Morocco.** El Fadili M., Michaux C., Boulanouar B., Leroy P.L. (*in English*)

Sumario

PATOLOGIA INFECCIOSA

5 **Identificación de una nueva salmonela con resistencia múltiple en una carne de pollo de engorde en Senegal.** Cardinale E., Perrier J.D., Aidara A., Tall F., Coudert C., Gueye I.L., Konte M. (*en francés*)

PATOLOGIA PARASITARIA

9 **Sensibilidad de las cabras Kirdimi y Saharianas de Chad a la tripanosomosis por *Trypanosoma congolense*.** Ndoutamia G., Brahim A., Nadjindoroum P., Moudaidandi G., Diimgang G., Loubadjim R. (*en francés*)

17 **Estudio epidemiológico de los nemátodos gastrointestinales en los ovinos en medio urbano y peri urbano en Marua, Extremo Norte de Camerún.** Ngambia Funkeu R., Pandey V.S., Dorny P., Killanga S. (*en francés*)

23 **Ensayo de tratamiento contra las parasitosis gastrointestinales del pollo con decocciones acuosas de granos de papaya (*Carica papaya*).** Mpoame M., Essomba L.I. (*en francés*)

RECURSOS ANIMALES

27 **El sector de las producciones animales en Africa subsahariana desde las independencias hasta el 2020. II. Enfoque de los intercambios por zonas sub regionales.** Tacher G., Letenneur L. (*en francés*)

37 **Del análisis de las prácticas a la construcción de un modelo de evolución de los sistemas de crianza: aplicación a la región Nordeste de Brasil.** Caron P., Hubert B. (*en francés*)

55 **Conteo de animales domésticos, una revisión.** Michel J.F. (*en francés*)

67 **Productividad de la raza Borgou en la finca de crianza de Okpara, en Benin.** Youssao A.K.I., Ahissou A., Touré Z., Leroy P.L. (*en francés*)

75 **Efectos ambientales y genéticos sobre el crecimiento en corderos Timahdite y cruces en Marruecos.** El Fadili M., Michaux C., Boulanouar B., Leroy P.L. (*en inglés*)

Identification d'une nouvelle salmonelle multirésistante dans une viande de poulet de chair au Sénégal

E. Cardinale¹ J.D. Perrier² A. Aidara² F. Tall³
C. Coudert² I.L. Gueye³ M. Konte³

Mots-clés

Poulet de chair - *Salmonella* - Sérotype - Analyse microbiologique - Résistance aux produits chimiques - Antibiotique - Sénégal.

Résumé

L'analyse microbiologique d'une carcasse de poulet de chair au Sénégal a permis de mettre en évidence un nouveau sérotype de salmonelle. Celui-ci présente la particularité de posséder deux gènes de résistance aux antibiotiques ; il n'est sensible qu'aux quinolones de dernière génération. L'existence de ce nouveau sérotype est inquiétante parce qu'il a été retrouvé dans des prélèvements humains, associé à de l'hyperthermie et de la diarrhée profuse. L'apparition d'une telle salmonelle peut éventuellement s'expliquer par l'utilisation anarchique des antibiotiques dans l'élevage des volailles.

■ INTRODUCTION

Au Sénégal, pour répondre à une démographie citadine sans cesse croissante et à une demande en protéines animales en constante augmentation, une aviculture semi-industrielle de proximité dans l'espace urbain et périurbain s'est développée depuis une dizaine d'années. La région de Dakar regroupe l'essentiel de cette activité dans un rayon de 100 km autour de la capitale et représente 6 millions de poulets de chair sur une année. De 1992 à 1998, cette production a augmenté de 16 p. 100 passant de 6 000 à plus de 7 000 tonnes par an. L'amélioration de la productivité a permis de réduire les coûts de production et, aujourd'hui, le poulet produit par ces élevages modernes fournit la viande la moins chère aux consommateurs sénégalais (1 350 F CFA le kilogramme).

Cependant, s'il veut résister à la concurrence des morceaux de découpe congelés importés (cuisses, ailes), il est essentiel de contrôler sa qualité, notamment du point de vue sanitaire. En effet, le consommateur sénégalais, très sensibilisé aux crises de la vache

folle et de la dioxine, devient exigeant et souhaite, à l'instar de son homologue des pays occidentaux, avoir accès à des aliments dont l'innocuité est vérifiée.

Dans cet esprit, le laboratoire de pathologie aviaire de l'Isra-Inerv a entrepris d'examiner la qualité microbiologique de la viande de poulet de chair afin d'estimer notamment le risque qu'il peut représenter pour la santé publique.

Cette communication n'a pas eu pour but de présenter les résultats de cette étude qui se poursuit mais d'informer le monde scientifique de l'existence d'un nouveau sérotype de salmonelle, multirésistant aux antibiotiques, identifié au cours d'une analyse de laboratoire.

■ MATERIEL ET METHODES

L'étude, qui a débuté en novembre 1999, a porté sur l'analyse de carcasses (peau et muscle) de poulets de chair préparées dans les différentes tueries de la place, que celles-ci soient situées dans les élevages ou dans les marchés de la ville. L'analyse bactériologique a porté sur la Famt (flore aérobie mésophile totale), les coliformes thermotolérants, les staphylocoques présumés pathogènes, les *Campylobacter* et les salmonelles.

1. Cirad-emvt/Isra-Inerv, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal

2. Institut Pasteur, BP 220, Dakar, Sénégal

3. Isra-Inerv, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal

La technique utilisée pour la recherche des salmonelles était classique : un morceau de peau (sur le bréchet) et un cube de viande (muscle du bréchet) ont été prélevés dans de parfaites conditions d'asepsie (bec bunsen), puis mélangés avec un milieu de pré-enrichissement (eau peptonée) et introduits dans un sachet Stomacher. Le mélange a ensuite été fractionné dans un Stomacher (broyeur Prolab) et la solution a été mise en incubation à 37 °C pendant 24 heures. Un millilitre du milieu de pré-enrichissement a été ajouté dans un tube contenant environ 10 ml de bouillon sélénite de sodium pour enrichissement. Le mélange a été incubé à 37 °C pendant 24 heures. Enfin, l'isolement a été fait sur gélose Hectoen solidifiée dans une boîte de pétri. La boîte a été incubée à l'étuve à 37 °C pendant 24 heures.

L'identification des salmonelles s'est poursuivie par les tests biochimiques (galerie API 20 E, bioMérieux). Le laboratoire du Centre national sénégalais des entérobactéries (Institut Pasteur de Dakar) a effectué le sérotypage suivant la technique de Kauffman pour les antigènes de paroi (O) et flagellaires (H) et un antibiogramme (diffusion en milieu gélosé) avec recherche de bêta-lactamase à spectre (enzyme hydrolysant les céphalosporines de 3^e génération) (10).

L'identification du mécanisme de résistance a été réalisée à l'Institut Pasteur de Paris par pcr spécifique des gènes TEM. Une électrophorèse en gel d'agarose a enfin permis de préciser la structure génique.

■ RESULTATS

La souche de salmonelle a été identifiée à partir d'un prélèvement de muscle. Sa formule antigénique était 35 : c : 1, 2. L'antibiogramme a montré une résistance à la plupart des antibiotiques couramment utilisés en médecine humaine (ampicilline, tobramycine, gentamicine, triméthoprim-sulfaméthoxazole, tétracycline, chloramphénicol), excepté les quinolones. La souche a également présenté une bêta-lactamase à spectre. Les analyses moléculaires ont permis de montrer que la souche hébergeait deux gènes de résistance dont une TEM-1 (figure 1) ; le second était une SHV12 (point isoélectrique et séquençage).

■ DISCUSSION ET CONCLUSION

L'association entre les salmonelles et la viande de poulet n'est pas nouvelle puisque celle-ci apparaît comme la denrée alimentaire d'origine animale la plus souvent incriminée dans les toxi-infections alimentaires collectives (4). Les modes de contamination et de dissémination sont très variés et tous les maillons de la filière peuvent être incriminés (13, 18) : le phénomène de transmission verticale a notamment été démontré pour quelques sérovars dans plusieurs élevages reproducteurs ; les couvoirs peuvent devenir des sources de contamination horizontale si les conditions d'hygiène sont défectueuses dans les éclosiers et dans les incubateurs ; les élevages sont des sites privilégiés d'intercontamination lorsque plusieurs paramètres peuvent apparaître potentiellement favorables (salmonelles résidentes, vecteurs animés, aliment...).

Les opérations ultérieures d'abattage et de transformation constituent aussi des étapes à risque pour l'introduction ou la diffusion des salmonelles. Le risque de contamination par les salmonelles se situe à différents points de la chaîne (14) :

- à l'échaudage, où la contamination peut être due au nettoyage ou à la désinfection mal effectués des bacs, à la contamination du plu-

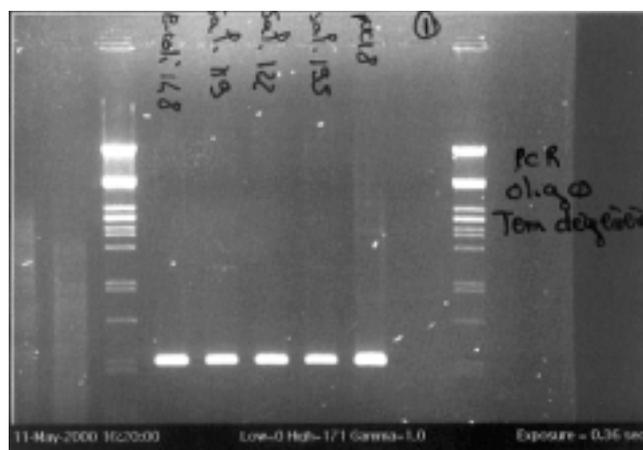


Figure 1 : électrophorèse en gel des produits de pcr des bêta-lactamases de type TEM.

- à la contamination par les fientes des animaux qui sont libérées lors du relâchement sphinctérien consécutif à la mort et à la contamination des pattes des animaux. Cette étape est le siège d'importantes contaminations croisées, d'autant plus quand la température est basse. Cependant, une température trop élevée est aussi déconseillée en raison de l'abrasion cutanée qu'elle provoque et qui facilite ensuite la pénétration de salmonelles cutanées ;

- à la plumaison. Lors de la plumaison mécanique, trois phénomènes peuvent intervenir : la pression exercée par les doigts plumeux entraîne un transfert de la contamination des plumes gorgées d'eau d'échaudage vers les follicules plumeux et la surface de la peau ; les doigts plumeux lorsqu'ils sont sales peuvent constituer une source de contamination supplémentaire de micro-organismes ; enfin, au cours de cette étape, on observe un refroidissement progressif de la surface de la peau du fait de l'arrosage de la carcasse par l'eau de rinçage des plumeuses qui entraîne une fermeture des follicules plumeux, enfermant alors des germes. La plumaison manuelle à sec est moins contaminante à condition que la personne assurant la plumaison se nettoie régulièrement les mains entre deux poulets ; sinon, elle intervient aussi comme vecteur de contamination croisée ;

- à l'éviscération, si l'intestin se rompt dans la carcasse et libère les matières fécales sur le muscle. Dans tous les cas, le manipulateur dont les mains sont souillées intervient aussi dans la contamination ;

- au rinçage de la carcasse en fin d'éviscération. Ce rinçage n'est pas très indiqué car il facilite l'adhésion des bactéries en créant un biofilm à la surface de la carcasse.

Ce sérotype de salmonelle n'a jamais été décrit précédemment (11), alors que le spectre élargi aux bêta-lactamases l'a été pour ce qui concerne les souches nosocomiales appartenant aux entérobactéries du genre *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter* et *Proteus*. Cependant, il a rarement été associé au genre *Salmonella* (1, 15). En médecine humaine, les premières souches ont été détectées en France en 1984 et 1987 (*S. typhimurium*), en Tunisie en 1988 (*S. wien*), en Algérie en 1990 (*S. mbandaka*) et en Argentine en 1991 (*S. typhimurium*) (1, 3, 7, 12). Il s'agit de mécanismes de résistance qui s'opposent aux mutations intrinsèques du micro-organisme ; ce mécanisme de résistance de type TEM fait en effet

appel à des transmissions de matériel génétique par des plasmides (5, 6). Mais, les types de mécanismes de résistance à spectre élargi face aux bêta-lactamines identifiées chez les salmonelles étaient jusqu'à présent SHV-2, CTX-2, CTX-M2, TEM-27, CTX-M5 et PER-1 (1, 7, 8, 9, 12, 17).

La souche identifiée dans la viande de poulet n'était pas résistante aux quinolones. Certaines souches, aux Etats-Unis ou au Royaume-Uni, ont présenté une multirésistance y compris aux quinolones (8, 16).

Consécutivement à la découverte de cette souche de salmonelle chez le poulet de chair, le même sérotype présentant les mêmes résistances aux antibiotiques a été identifié à cinq reprises à l'Hôpital principal de Dakar sur des échantillons humains.

L'apparition d'une telle résistance peut éventuellement s'expliquer par l'usage anarchique des antibiotiques en aviculture. En effet, les contraintes sanitaires représentent une pression constante sur les élevages de poulet de chair et les aviculteurs n'hésitent pas à recourir aux antibiotiques, à l'aveugle, pour essayer de juguler les problèmes de mortalité et les prises de poids médiocres associées et ainsi tenter de diminuer leur coût de production. Pourtant, les vétérinaires en place tentent d'inculquer aux éleveurs des règles de prophylaxie sanitaire et médicale pour essayer de maîtriser sérieusement ces contraintes pathologiques et ils essaient, en vain, de limiter l'automédication. La contamination de la viande par le manipulateur n'est pas non plus à exclure ! Une analyse plus poussée est en cours de réalisation pour identifier avec précision cette nouvelle souche de salmonelle.

BIBLIOGRAPHIE

1. BAUERNFEIND A., CASELLAS J.M., GOLDBERG M., HOLLEY M., JUNGWIRTH R., MANGOLD P., ROHNISCH T., SCHWEIGHART S., WILHELM R., 1992. A new plasmidic cefotaximase from patients infected with *Salmonella typhimurium*. *Infection*, **20**: 158-163.
2. BRADFORD P.A., YANG Y., SAHM D., GROP I., GARDOVSKA D., STORCH G., 1998. CTX-M5, a novel cefotaxime hydrolysing lactamase from an outbreak of *Salmonella typhimurium* in Latvia. *Antimicrob. Agents Chemother.*, **42**: 1980-1984.
3. CASIN I., BRISABOIS A., BERGER N., BREUI J., COLLATZ E., 1996. Phénotypes et génotypes de résistance de 182 souches de *Salmonella* sérotype *typhimurium* résistantes à l'ampicilline d'origine humaine et animale. *Méd. Mal. infect.*, **26** : 426-430.
4. COLIN P., 1992. *Salmonella* et qualité des produits avicoles, 1992. In : Brugère-Picoux J., Silim A. Eds, Manuel de pathologie aviaire. Maisons-Alfort, France, Ecole nationale vétérinaire, p. 371-374.
5. COURVALIN P., 1997. Stratégie évolutive des résistances aux antibiotiques. *Méd. théor. Antibiot.*, **3** (hors série) : 19-23.
6. GAZOULI M., SIDORENKO S.V., TZELEPI E., KOZLOVA N.S., GLADIN D.P., TZOUVELEKIS L.S., 1998. A plasmid-mediated-lactamase conferring resistance to cefotaxime in *Salmonella typhimurium* clone found in St. Petersburg, Russia. *J. Antimicrob. Chemother.*, **41**: 119-121.
7. HAMMAMI A., ARLET G., BENREDJEB S., GRIMONT F., BEN HASSEN A., PHILIPPON A., 1991. Nosocomial outbreak of acute gastroenteritis in neonatal intensive care unit in Tunisia caused by multiple drug resistant *Salmonella wien* producing SHV-2 beta-lactamase. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.*, **10**: 641-646.
8. HOSEK G., LESCHINSKY D., IRONS S., SAFRANEK T.J., 1997. Multidrug-resistant *Salmonella* serotype *typhimurium* in the United States. *Morbid. Mortal. Wkly Rep.*, **46**: 308-310.
9. MOROSINI M.I., CANTON R., MARTINEZ-BELTRAN J., NEGRI M.C., PEREZ-DIAZ J.C., BAQUERO F., BLAZQUEZ J., 1995. New extended-spectrum TEM-type-lactamase from *Salmonella enterica* subsp. *enterica* isolated in a nosocomial outbreak. *Antimicrob. Agents Chemother.*, **39**: 458-461.
10. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing, Vol. 19, 9th informational supplement, 1999. Wayne, PA, USA, National Committee for Clinical Laboratory Standards.
11. POPOFF M.Y., LE MINOR L., 1977. Antigenic formulas of the *Salmonella* serovars, 7th revision, WHO/Collaborating Center for Reference and Research on *Salmonella*. Paris, France, Institut Pasteur.
12. POUPART M.C., CHANAL C., SIROT D., LABIA R., SIROT J., 1991. Identification of CTX-2, a novel cefotaximase from a *Salmonella mbandaka* isolate. *Antimicrob. Agents Chemother.*, **35**: 1498-1500.
13. ROZIER J., CARLIER V., BOLNOT F., 1985. Bases microbiologiques de l'hygiène des aliments. Paris, France, Sepaic, p. 230.
14. SALVAT G., 1997. Prévention des problèmes de santé publique liés aux produits issus de la filière avicole. *Bull. Acad. vét. France*, **70** : 43-68.
15. SOUSSY C.J., 1997. Etat actuel de la résistance aux antibiotiques. *Méd. théor. Antibiot.*, **3** (hors série) : 24-35.
16. THRELFALL E.J., HAMPTON M.D., SCHOFIELD S.L., WARD L.R., FROST J.A., ROWE B., 1996. Epidemiological application of differentiating multiresistant *Salmonella typhimurium* DT 104 by plasmid profile. *Commun. Dis. Rep.*, **6**: 155-158.
17. VAHABOGLU H., DODANLI S., EROGLU C., OZTURK R., SOYLETIR G., YILDIRIM I., AVKAN V., 1996. Characterization of multiple-antibiotic-resistant *Salmonella typhimurium* strains: molecular epidemiology of PER-1-producing isolates and evidence for nosocomial plasmid exchange by a clone. *J. Clin. Microbiol.*, **34**: 2942-2946.
18. WRAY C., DAVIES R.H., EVANS S.J., 1997. *Salmonella* infection in poultry: the production environment. In: Richardson R.I., Mead G.C. Eds., Wallingford, UK, *Poult. Meat Sci.*, **5**: 257-276.

Reçu le 18.07.00, accepté le 18.10.00

Summary

Cardinale E., Perrier J.D., Aidara A., Tall F., Coudert C., Gueye I.L., Konte M. Identification of a new multiresistant *Salmonella* strain in broiler chickens in Senegal

Microbiological analysis of a broiler chicken carcass revealed the presence of a new *Salmonella* serotype. It is characterized by two genes that express resistance to antibiotics, except to the very last quinolones. This serotype poses a threat as it has been found in human samples in association with high temperature and diarrhea. The onset of this *Salmonella* may result from the anarchic use of antibiotics in poultry production.

Key words: Broiler chicken - *Salmonella* - Serotype - Microbiological analysis - Resistance to chemicals - Antibiotics - Senegal.

Resumen

Cardinale E., Perrier J.D., Aidara A., Tall F., Coudert C., Gueye I.L., Konte M. Identificación de una nueva salmonela con resistencia múltiple en una carne de pollo de engorde en Senegal

El análisis microbiológico de una carcasa de pollo de engorde en Senegal permitió demostrar un nuevo serotipo de salmonela. Este presenta la particularidad de poseer dos genes de resistencia a los antibióticos, siendo sensible únicamente a las quinolonas de última generación. La existencia de este nuevo serotipo es inquietante, ya que este fue encontrado en muestras humanas, asociadas a hipertermia y diarrea profusa. La aparición de una tal salmonela puede eventualmente explicarse por la utilización anárquica de antibióticos en los criaderos de aves.

Palabras clave: Pollo de engorde - *Salmonella* - Serotipo - Análisis microbiológico - Resistencia a productos químicos - Antibiótico - Senegal.

Sensibilité des chèvres Kirdimi et Sahéliennes du Tchad à la trypanosomose à *Trypanosoma congolense*

G. Ndoutamia^{1*} A. Brahim¹ P. Nadjindoroum¹
G. Moudaidandi¹ G. Diimgang¹ R. Loubadjim¹

Mots-clés

Caprin - Chèvre Kirdimi - Chèvre Sahélienne - *Trypanosoma congolense* - Infection expérimentale - Sang - Biochimie - Réponse immunitaire - Perte de poids - Tchad.

Résumé

La trypanotolérance a fait l'objet d'une étude en station sur des chèvres du Tchad de races Sahélienne et Kirdimi. Cinquante-cinq (55) animaux, 28 Sahéliens et 27 Kirdimi, dont les types d'hémoglobine avaient été préalablement déterminés, ont été infectés expérimentalement, chacun avec 10^6 trypanosomes de souche *Trypanosoma congolense* IL1180 (type savane). Les animaux ont été régulièrement suivis pendant six mois pour les signes cliniques, la croissance pondérale, les paramètres hématologiques et biochimiques. Une perte significative et brutale de poids a été observée chez les chèvres Sahéliennes sous l'effet de cette infection. Chez les Kirdimi, en revanche, aucune variation significative n'a été remarquée. La période prépatente de 7 jours en moyenne chez les Sahéliennes est passée à 12 jours chez les Kirdimi. La parasitémie qui a semblé évoluer très rapidement chez les Sahéliennes, en l'espace d'un mois, a très bien été contrôlée par les Kirdimi pendant toute la durée de l'expérimentation et, dans certains cas, la disparition virtuelle des parasites a été observée. Les Sahéliennes, apparemment très vulnérables, ont eu, au plus fort de la maladie, de l'inappétence, une muqueuse oculaire pâle, un larmolement, une démarche chancelante et quelquefois des diarrhées. L'hématocrite, stable chez les Kirdimi, a chuté rapidement et a souvent atteint le seuil critique de 15 p. 100 chez les Sahéliennes. Les animaux qui avaient atteint ce seuil étaient incapables de se relever et succombaient si un traitement trypanocide n'était pas appliqué. L'évolution de la trypanosomose à *T. congolense* s'est accompagnée, à des degrés différents, d'une modification considérable des paramètres hématologiques et biochimiques, surtout chez les chèvres Sahéliennes. Cette étude montre que les chèvres Kirdimi contrôlent mieux l'infection à *T. congolense* que les chèvres Sahéliennes.

■ INTRODUCTION

La trypanosomose animale est une des contraintes majeures au développement de l'élevage en Afrique subsaharienne (5). L'infection est causée par des protozoaires flagellés du genre *Trypanosoma*. Elle se propage essentiellement par la piqûre d'insectes hématophages, notamment les glossines et les Tabanidés. La trypanosomose est répartie sur presque tout le territoire du Tchad. Elle affecte toutes les espèces animales et cause des pertes importantes (26). Diverses méthodes sont utilisées pour lutter contre cette

maladie : la lutte anti-vectorielle, la chimiothérapie et l'utilisation du bétail trypanotolérant (17). La lutte antivectorielle est la méthode la plus classique. Elle a permis de réduire la densité des mouches tsé-tsé dans certaines régions de l'Afrique. Néanmoins, elle est très coûteuse et ne permet pas d'éradiquer la trypanosomose. La chimiothérapie est la méthode la plus répandue. Cependant, son utilisation anarchique favorise de plus en plus le développement de la chimiorésistance (18, 20). L'élevage de bétail trypanotolérant est un autre procédé de lutte considéré comme efficace contre la maladie (17).

Les informations disparates font état du caractère trypanotolérant de certaines races de chèvres et de moutons, mais on dispose de peu de renseignements précis sur leur degré de sensibilité (3). Ainsi, en Afrique de l'Ouest, les moutons et les chèvres de race Djallonké sont réputés trypanotolérants et leur habitat correspond

1. Laboratoire de recherches vétérinaires et zootechniques de Farcha, BP 433, N'Djaména, Tchad
Tél. : 52 74 75 (ou 76) ; Fax : 52 74 76

* Auteur pour la correspondance

aux zones infestées de glossines (3). De même, on remarque que les moutons et les chèvres Kirdimi vivent dans les zones subhumides infestées de glossines sans qu'apparemment leur productivité ne soit affectée. En revanche, les moutons et les chèvres de race Sahélienne seraient plus vulnérables. Ces observations ont amené à considérer les Kirdimi comme trypanotolérants (11). Comme aucune donnée expérimentale n'est disponible, cette étude a été entreprise pour vérifier cette présomption.

■ MATERIEL ET METHODES

Soixante (60) caprins, 30 Kirdimi et 30 Sahéliens, âgés, de 1 à 2 ans, ont été achetés respectivement aux alentours de Guelendeng et de Dourbali. Ces deux localités correspondent soit au berceau, soit à la zone d'extension de ces races de caprins.

Cinquante-cinq animaux ont été retenus sur la base du résultat négatif du test de détection des antigènes circulants de trypanosome (19). Deux groupes de caprins ont été constitués. Chaque groupe était constitué d'animaux de même race : 27 chèvres Kirdimi et 28 chèvres Sahéliennes.

Traitement

A leur arrivée au Laboratoire de Farcha, les animaux ont été traités avec un antibiotique (oxytétracycline, 20 000 UI/kg), un déparasitant interne (fenbendazole) et un trypanocide (acéturate de diminazone, 7 mg/kg). Une mise en quarantaine d'un mois a été observée.

Infection

L'infection a été effectuée en inoculant par voie intraveineuse 10^6 trypanosomes par animal. La souche de *T. congolense* était un clone dérivé de la souche de *T. congolense* IL1180 de l'Illri (Nairobi) de type savane.

Suivi des animaux

Le suivi des animaux a consisté à observer régulièrement les signes cliniques et à déterminer les variations du poids, de l'hématocrite, des constantes hématologiques et biochimiques. Ce suivi a été quotidien pour les examens cliniques et la parasitémie, hebdomadaire pour l'hématocrite et les relevés de poids, mensuel pour la numération globulaire et les paramètres biochimiques.

Mesure des poids

Les animaux ont été pesés à l'aide d'un dynamomètre auquel ils avaient été suspendus par l'intermédiaire de sangles passées entre les pattes.

Examen parasitologique

La parasitémie a été estimée par l'examen microscopique de l'interphase des cellules sanguines et du plasma après centrifugation différentielle en tubes capillaires (16).

Paramètres hématologiques et biochimiques

Les prélèvements ont été effectués à la veine jugulaire avec des venojects dans des tubes sous vide avec et sans anticoagulant. Le sang recueilli dans les tubes avec anticoagulant a permis de faire la numération des globules rouges et blancs, tandis que celui qui a été

recueilli dans le tube sec a permis d'obtenir du sérum pour les dosages biochimiques.

La numération globulaire a été faite en utilisant des unopettes (Beckton Deckinson). La dilution du sang a été préparée au 1/200 pour les globules rouges et au 1/40 pour les globules blancs. Les numérations des hématies et des leucocytes ont été effectuées à l'aide de la cellule hématimétrique de Malassez.

La formule leucocytaire a été établie après l'examen microscopique de l'étalement de sang sur lame colorée au May-Guinwald-Giemsa. Les analyses biochimiques ont été effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre Spectronic 601 et les réactifs ont été de type Kit Biomérieux.

Détermination des types d'hémoglobine des chèvres par électrophorèse

Pour la préparation de l'hémolysat, 3 ml de sang ont été recueillis dans un tube à essais et les globules ont été sédimentés et lavés trois fois avec du sérum physiologique. Au dernier lavage, le tube contenant la suspension des globules a été centrifugé à 5 000 tours/min pendant cinq minutes. Une fois débarrassés du surnageant, les globules concentrés au fond du tube ont été dilués avec de l'eau distillée six fois leur volume et lysés ; puis 0,5 ml de toluène par millilitre d'hémolysat a été ajouté, suivi d'un brassage au mixer pendant 30 sec. Le mélange a été à nouveau centrifugé pendant 10 min à 5 000 tours/min pour que le déchet stromal se dépose. L'hémolysat a ensuite été transvasé dans un tube propre, bouché de façon étanche et conservé à -20°C jusqu'à l'analyse.

L'électrophorèse de l'hémoglobine a été réalisée sur papier acétate de cellulose Phoroslide (Millipore). Le tampon de migration était à base de véronal sodique de pH = 8,6 et de force ionique 0,005. La migration a été effectuée à une tension constante de 100 volts pendant 20 min. La révélation des bandes qui représentaient les différents types d'hémoglobine a été faite en colorant le support en acétate de cellulose avec le ponceau S. Le support a ensuite été rincé trois fois dans 5 p. 100 de solution d'acide acétique, puis séché à température ambiante.

Analyses statistiques

Les comparaisons entre les groupes ont été faites en utilisant l'analyse de variance des écarts entre les moyennes par le logiciel Spss, en suivant la démarche d'Achukwi et coll. (1).

■ RESULTATS

Observations cliniques

La pathologie de la trypanosomose des petits ruminants, bien que très peu documentée, est similaire à celle des autres espèces animales. Au plus fort de la maladie, les animaux ont de l'inappétence, présentent une muqueuse oculaire pâle, un larmoiement, ont une démarche chancelante et quelquefois des diarrhées. Ces signes cliniques n'ont pas été perceptibles chez la majorité des chèvres Kirdimi pendant toute la durée de l'expérimentation. Dix chèvres Sahéliennes et une chèvre Kirdimi sont mortes au cours de l'expérimentation. Les autopsies ont révélé des pétéchies. Les Sahéliennes ont présenté une baisse de poids régulière du début jusqu'à la fin de l'expérimentation (de 21,51 à 18,15 kg) (figure 1). Le poids des chèvres Kirdimi a semblé plutôt stable (figure 1). La période prépatente de 7 jours en moyenne chez les Sahéliennes est passée à 12 jours chez les Kirdimi.

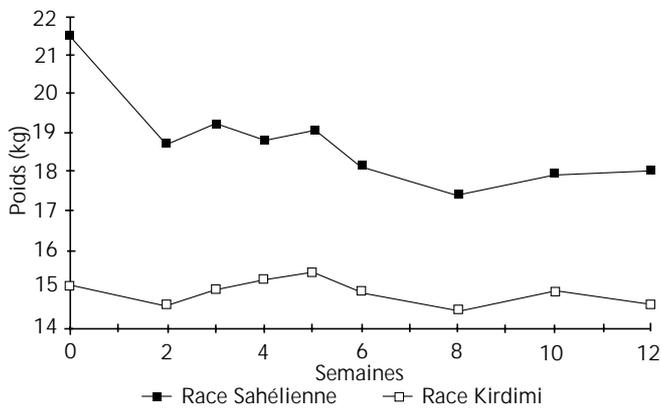


Figure 1 : variations du poids en fonction des races.

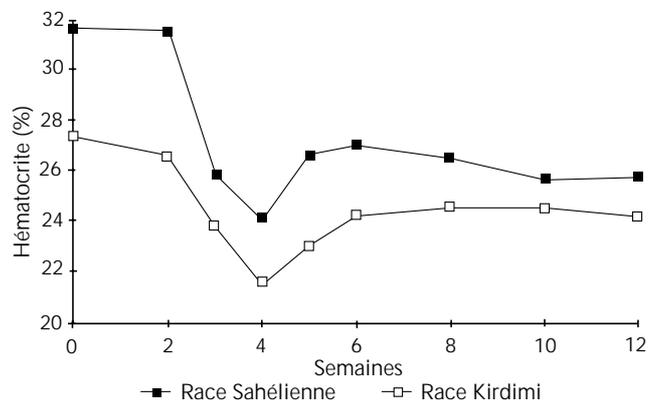


Figure 2 : variations de l'hématocrite en fonction des races.

Parasitémie

Les parasitémies ont évolué en dents-de-scie. Elles sont apparues plus faibles pour les Kirdimi ou des cas de guérison spontanée ont été observés chez trois animaux. Chez les chèvres Sahéliennes, en revanche, les parasitémies ont évolué très rapidement. Elles ont varié de 20 à 200 trypanosomes par champ. Les animaux qui avaient atteint ce taux de parasitémie ont été incapables de se relever et ont subi un traitement au diminazène acéturate à la dose de 3,5 mg/kg de poids vif.

Hématocrite

L'évolution des hématocrites s'est composée d'une phase de déclin suivie d'une stabilité relative (figure 2). Chez les chèvres Sahéliennes, les hématocrites ont varié de 39 à 26 p. 100 et ont été stables pendant les deux premières semaines, puis ont chuté brutalement à partir de la deuxième semaine. Ils sont remontés lentement à la quatrième semaine pour se stabiliser aux alentours de 25 p. 100. Celui des chèvres Kirdimi a varié entre 27 et 24 p. 100. Ils ont été plus stables avec également une remontée à la quatrième semaine. Cette variation n'était pas significative. Un hématocrite de 15 p. 100 a été critique pour les Sahéliennes. Les animaux ayant atteint ce taux ont été incapables de se relever et ont succombé si un traitement au trypanocide n'était pas appliqué. Il a été nécessaire de fractionner la dose de trypanocide en deux et de l'administrer séquentiellement dans un intervalle de 6 à 10 heures, sinon l'animal mourrait. En revanche, les chèvres Kirdimi ont facilement atteint le taux d'hématocrite de 15 p. 100 sans perturbation apparente. Il existe probablement un autre seuil critique de l'hématocrite caractéristique des Kirdimi à déterminer.

Paramètres hématologiques

Numérations érythrocytaires et leucocytaires

Chez les chèvres Sahéliennes, le nombre des globules rouges par microlitre a chuté de 6 350 000 à 3 660 000 en fin d'expérimentation (tableau I).

Les globules rouges des chèvres Kirdimi sont apparus plus stables. En effet, chez les Kirdimi, les globules rouges ont varié de 4 090 000 à 5 740 000/ μ l (tableau I). Cette variation est statistiquement non significative ($P > 0,01$).

Les variations des globules blancs au début et à la fin de l'expérimentation ne sont pas significatives chez les deux races de caprins.

Il est fort possible qu'une leucocytose passagère se soit produite, surtout durant la phase aiguë de la maladie. Néanmoins, on observe une redistribution de la formule leucocytaire à la fin de l'expérimentation (tableau I).

Formule leucocytaire

Le tableau I récapitule la formule leucocytaire avant et après l'infection. Chez les chèvres Kirdimi, les polynucléaires neutrophiles ont chuté de 43 à 31 p. 100 avec une augmentation concomitante des lymphocytes qui sont passés de 53 à 66 p. 100. Les taux de neutrophiles et de lymphocytes des chèvres Sahéliennes ont semblé stables pendant toute la durée de l'expérimentation. Chez tous les animaux, toutes races confondues, l'éosinophilie était très élevée et tendait à diminuer pour disparaître en fin d'expérimentation. Chez les Kirdimi, l'éosinophilie a varié de 2,4 à 0,7 p. 100 entre le début et la fin de l'expérimentation. Dans le groupe des Sahéliennes, elle a varié de 5 à 0,6 p. 100.

Hémoglobine

L'hémoglobine a chuté de 110 à 60 g/l chez les chèvres Sahéliennes. Chez les Kirdimi, la variation n'a pas été importante, elle a fluctué de 97 à 90 g/l.

Bilirubines totales

Les bilirubines ont varié de 4 à 39 mg/l chez les chèvres Sahéliennes. Elles ont été de 3 à 10 mg chez les Kirdimi.

Paramètres protéo-énergétiques

Les paramètres protéo-énergétiques les plus caractéristiques relevés en début et en fin d'expérimentation sont consignés dans le tableau II. Les protéines sériques totales semblent ne pas avoir été affectées par la trypanosomose chez les animaux des deux races. Elles se sont stabilisées à 94 g/l pour les Kirdimi et à 84 g/l pour les Sahéliennes. Le taux d'albumine a chuté de 28 à 22 g/l chez les chèvres Sahéliennes. Cette valeur a semblé stable chez les Kirdimi (30 et 33 g/l). L'urémie a diminué de 0,3 à 0,2 g/l et a augmenté de 0,3 à 0,6 g/l respectivement pour les Kirdimi et les Sahéliennes. La glycémie a chuté de 0,5 à 0,2 g/l chez les chèvres Sahéliennes, en revanche, elle a très peu varié chez les Kirdimi (0,5 à 0,6 g/l). Le cholestérol a chuté de plus de la moitié de sa valeur initiale chez les animaux des deux races. Les lipides et les triglycérides n'ont pas varié chez les animaux des deux groupes.

Tableau I

Paramètres hématologiques avant et après l'infection

Chèvres		Globules rouges (10 ⁶ /µl)	Globules blancs (10 ³ /µl)	Polynucléaires neutrophiles (%)	Polynucléaires éosinophiles (%)	Polynucléaires basophiles (%)	Lymphocytes (%)	Monocytes (%)	Hémoglobine
Kirdimi	Avant	X 4,09	X 10,87	44	2,3	0,00	53	1,37	120
	l'infection	σ 0,41	σ 0,68	7,1	1,1		7,2	0,3	9,4
Sahélienne	Avant	X 6,35	X 11,65	395	5,2	0,00	54	1,12	110
	l'infection	σ 0,90	σ 0,85	2,9	1,2		5,5	0,4	5,23
	Avant	X 3,66	X 12,12	42,0	0,6	0,00	55,2	2,20	60
	l'infection	σ 0,60	σ 1,2	3	0,4		6,7	0,8	6,4

X = moyenne ; σ = écart-type

Tableau II

Paramètres biochimiques caractéristiques avant et après l'infection

Chèvres		Glycémie (g/l)	Urémie (g/l)	Cholestérol (g/l)	Fer (mg/l)	Lipides (g/l)	Protéines (g/l)	Albumine (g/l)	Tgo (U/l)	Tgp (U/l)
Kirdimi	Avant	X 0,5	X 0,3	1,5	1,1	3,7	83,7	30	48,8	5,8
	l'infection	σ 0,2	σ 0,1	0,3	0,3	0,8	9,1	2,83	7,1	3,8
Sahélienne	Avant	X 0,5	X 0,3	1,7	1,5	3,2	76,1	28	56,1	1,3
	l'infection	σ 0,1	σ 0,09	0,8	0,7	0,7	14,1	1,93	10,9	0,6
	Avant	X 0,2	X 0,6	0,4	1,2	3,5	94,2	33	60,1	20,9
	l'infection	σ 0,3	σ 0,1	0,2	0,4	0,7	10,1	1,66	10,0	4,1
	Avant	X 0,1	X 0,1	0,1	1,9	1,2	12,2	0,8	20,1	5,7
	l'infection	σ 0,1	σ 0,1	0,1	3,4	3,8	84,5	22	114,4	25,1

Tgo = transaminase glutamique oxalo-acétique ; Tgp = transaminase glutamo-pyruvique ; X = moyenne ; σ = écart-type

Paramètres minéraux

La concentration plasmatique du phosphore a varié considérablement chez les chèvres Kirdimi et Sahéliennes. Les valeurs de ce paramètre ont varié entre 62 et 112 mg/l. L'infection n'a pas eu d'effet sur la teneur plasmatique du calcium et du magnésium chez les Kirdimi et chez les Sahéliennes. Les taux de calcium et de magnésium ont varié entre 77 et 110 mg/l chez les Kirdimi et entre 27 et 34 mg/l chez les chèvres Sahéliennes.

Le fer sérique a augmenté de 1,6 à 3,4 mg/l chez les chèvres Sahéliennes. En revanche, l'infection n'a pas paru influencer la valeur du fer sérique chez les Kirdimi (1,1 à 1,2 mg/l).

Répartition des types d'hémoglobine

Huit animaux étaient de type A, 17 de type B et 3 de type AB, chez les chèvres Sahéliennes. Chez les Kirdimi, un animal était de type A, 20 de type B et 6 de type AB.

Activité des enzymes

L'activité de 5' nucléotidase a semblé stable chez les chèvres Sahéliennes et Kirdimi. Elle a varié de 3 à 4 U/l. L'activité de la lactate déshydrogénase a chuté de 495 à 90 U/l chez les chèvres des deux races. Chez les chèvres Sahéliennes, les transaminases ont augmenté de façon très significative. La transaminase glutamique oxalo-acétique (Tgo) a augmenté de 56 à 114 et la transaminase glutamo-pyruvique (Tgp) de 0,6 à 25 U/l. Chez les Kirdimi, les transaminases ont augmenté de 48,8 à 60,1 U/l et de 6 à 20 respectivement pour la Tgo et la Tgp. Cette variation n'est pas significative.

■ DISCUSSION

Les résultats de ce travail montrent des différences significatives de sensibilité à l'infection à *T. congolense* entre les chèvres de races Sahélienne et Kirdimi. Des facteurs innés ou acquis pourraient être à l'origine de cette différence de comportement (3). Compte tenu du manque de fiabilité du test utilisé pour la détection des antigènes circulants des trypanosomes, on ne doit pas écarter la possibilité que des animaux préalablement exposés à l'infection aient contribué en partie à cette différence de sensibilité chez les chèvres Sahéliennes et Kirdimi. Cette différence de sensibilité est reflétée à des degrés différents par l'anémie, la parasitémie, la croissance pondérale et les paramètres hématologiques et biochimiques. Les Kirdimi qui ont une période prépatente plus longue n'ont pas développé d'anémie perceptible. Elles ont mieux contrôlé la parasitémie que les Sahéliennes pendant toute la durée de l'expérience. En effet, ces observations viennent renforcer la tendance à considérer la trypanotolérance comme étant la capacité d'un animal à résister à l'anémie et à contrôler la trypanosomose (13, 17).

Paling and Dwinger (22) suggèrent même que les valeurs de l'hématocrite peuvent servir de critère unique de sélection pour la trypanotolérance. La chute de l'hématocrite a été faible chez les Kirdimi et brutale chez les Sahéliennes. Chez ces dernières, l'hématocrite s'est stabilisé à des valeurs basses à partir de la quatrième semaine. Ces observations concordent avec des résultats obtenus sur d'autres espèces (10, 23, 25, 27) qui indiquent que l'hématocrite décroît à l'apparition de la parasitémie. Il fluctue au cours de la maladie, avec même une tendance au rétablissement des valeurs normales chez les individus plus résistants. Quoique la

parasitémie ait été évaluée par la méthode de *score* qui est une méthode semi-quantitative (12), il apparaît clairement que les Kirdimi contrôlent très bien la parasitémie.

Dans la présente expérience, la parasitémie de trois chèvres Kirdimi, estimée préalablement à plus de 20 trypanosomes par champ, a diminué progressivement pour devenir inapparente. Des efforts en vue de détecter les trypanosomes dans le sang périphérique de ces animaux se sont avérés vains ; du sang prélevé et inoculé à des souris suivies pendant trois mois n'a pas permis de détecter des trypanosomes, bien que cette souche soit très infectieuse chez les souris (20). On peut supposer que ces animaux ont été guéris spontanément (*self-curing*) (8). Il est à noter qu'il existait une différence de poids importante entre les animaux des deux races au début de l'expérience. Cette différence était due au petit format caractéristique des Kirdimi. Par conséquent, l'analyse de covariance a été mise à contribution pour prendre en compte cette différence de poids au départ (1). Il s'avère que les chèvres Kirdimi, bien que de petit format, ont perdu significativement moins de poids que les Sahéliennes dans les conditions d'expérimentation de cette étude.

L'infection à *T. congolense* a provoqué une chute significative du taux de l'hémoglobine, des érythrocytes et une augmentation du fer plasmatique et des bilirubines totales chez les Sahéliennes. En effet, la trypanosomose à *T. congolense* est une infection anémiant associée à une hémolyse intravasculaire (7). La baisse des érythrocytes et de l'hémoglobine serait la conséquence d'une destruction massive des globules rouges avec une augmentation concomitante des produits de métabolisme de l'hémoglobine, en l'occurrence les bilirubines. L'augmentation du fer plasmatique due à l'infection à *T. brucei* et à *T. congolense* a déjà été observée par Ogunsanmi et coll. (21). Cette augmentation pourrait être attribuée à une défaillance dans la mobilisation du fer, due à un dysfonctionnement de la moelle osseuse (29) et de l'hématopoïèse.

Les changements intervenus chez les chèvres des deux races au niveau des formules leucocytaires peuvent être considérés comme des réactions de défense des animaux. En effet, l'augmentation des lymphocytes peut être associée à une hausse des globulines, des IgM en particulier et, dans une moindre mesure, des IgG (7). Quant à la diminution des éosinophiles, elle est couramment rapportée lors d'infections à *Trypanosoma* (2). Il est fort possible que le stress provoqué par l'infection à *T. congolense* ait induit une sécrétion accrue de l'adrénaline, connue pour son effet suppressif de l'éosinophilie (30).

Les animaux infectés de race Sahélienne ont développé une hypoalbuminémie et une hypoglycémie. Les variations au niveau des protéines plasmatiques n'ont pas été significatives chez les animaux des deux races. Ces résultats ont déjà été rapportés lors d'une trypanosomose expérimentale chez des ovins (14, 21).

Il semble que les parasites, plus particulièrement les trypanosomes qui envahissent le système sanguin, accroissent les besoins de l'animal en protéines et en glucose, car ces substances constituent le principal support utilisé dans le métabolisme des parasites (15). C'est ce qui expliquerait la chute du taux d'albumine et de glucose chez les Sahéliennes. L'augmentation de l'urée sanguine observée chez les chèvres Sahéliennes dans cette expérimentation concorde avec les résultats d'Ogunsanmi et coll. (21) pour les infections à *T. brucei*. Cette augmentation considérable de l'urée sanguine est probablement due au dysfonctionnement des reins (21). En revanche, la faible fluctuation de ce paramètre sanguin chez les Kirdimi pourrait s'expliquer par la résistance des animaux à la rupture de l'équilibre physiologique des reins, sous la pression de l'infection à *Trypanosoma congolense*.

Les variations du phosphore, du calcium et du magnésium ne concordent pas avec les résultats d'Ogunsanmi et coll. (21) qui observent pour les ovins infectés avec *T. brucei* une augmentation du calcium et une baisse de phosphore. Il est possible que les différentes espèces de trypanosomes et d'animaux utilisés dans les expérimentations soient à l'origine de la divergence des résultats (12).

Les activités des transaminases, en l'occurrence la Tgo et la Tgp, ont augmenté pendant toute la durée de l'infection chez les chèvres Sahéliennes. Les transaminases sont des enzymes qui ont une localisation spécifique dans des organes, notamment le foie. La hausse de leur activité dans le sérum pouvait témoigner d'une atteinte du tissu hépatique.

La détermination de la nature de l'hémoglobine des Sahéliennes et des Kirdimi de cette étude a montré que l'hémoglobine A n'était pas très caractéristique de ces animaux. En revanche, la proportion d'hémoglobine B a été relativement élevée. Le N'Dama, taurin reconnu comme étant trypanotolérant (6), possède 100 p. 100 d'hémoglobine A ; ce type d'hémoglobine serait associée à cette trypanotolérance (24). Si c'est le cas, le polymorphisme de l'hémoglobine (sous réserve de confirmation par un échantillon plus représentatif) ne serait pas lié au bon comportement des Kirdimi de cette étude face à l'infection à *T. congolense*. Des recherches orientées vers d'autres protéines pourraient permettre de déterminer les marqueurs responsables de cette trypanotolérance. En effet, la trypanotolérance est un caractère avec des causes multifactorielles d'ordre génétique, se traduisant par un comportement immunologique particulier, sous la dépendance des facteurs écologiques (9, 28). L'identification des marqueurs génétiques par la mise à contribution de la biotechnologie pourrait permettre de mieux caractériser la trypanotolérance. La découverte de tels marqueurs apporterait un nouvel élan à la lutte contre la trypanosomose car elle permettrait de sélectionner les animaux résistants, même en l'absence de la maladie.

Les chèvres Kirdimi sont trypanotolérantes, probablement à la suite d'un long processus d'adaptation aux infections répétées dues à la trypanosomose. En revanche, les chèvres Sahéliennes ont sans doute une histoire qui n'est pas très liée à la trypanosomose. La trypanotolérance est un caractère héréditaire et quantitatif (21) et, en tant que tel, le brassage entre les deux races peut entraîner une dilution de ce caractère (4). La mobilité des troupeaux, très ancrée dans la tradition tchadienne, concerne 75 p. 100 des éleveurs. Elle permet, avec de faibles coûts, une production extensive, mais très adaptée aux difficiles conditions climatiques et socioculturelles du milieu sahélien. Cependant, cette pratique crée des conditions de métissage favorables entre les chèvres Sahéliennes et Kirdimi. En effet, dans les zones de transition des deux races (entre le 10° et le 11° parallèle) on observe un fort métissage des deux races. Il serait alors opportun de réguler ce croisement dans l'esprit de concilier le caractère résistant des Kirdimi et les caractéristiques de production (grand format, production laitière...) comparativement avantageuses des Sahéliennes.

■ CONCLUSION

Cette étude a montré que les chèvres Kirdimi sont trypanotolérantes alors que les chèvres Sahéliennes sont trypanosensibles. Les Kirdimi devraient en principe survivre sans trop de problème dans les zones où la trypanosomose sévit à l'état endémique. L'exploitation des chèvres Kirdimi pourrait constituer une stratégie durable, sans effet néfaste pour l'environnement, dans le contrôle de la trypanosomose au Tchad.

Remerciements

Cette étude a été réalisée grâce à l'appui financier du Fonds d'aide et de coopération, dans le cadre du projet d'appui au secteur de l'élevage du Tchad oriental (Aseto), composante II (projet/CD/94). L'exécution de ce projet n'aurait pu être possible sans la collaboration du personnel du Laboratoire de recherches vétérinaires et zootechniques de Farcha auquel nous exprimons notre profonde gratitude.

BIBLIOGRAPHIE

1. ACHUKWI M.D., TANYA V.N., HILL E.W., BRADLEY D.G., MEGHEN C., SAUVEROCHE B., BANSER J.T., NDOKI J.N., 1997. Susceptibility of the Namchi and Kapsiki cattle of Cameroon to trypanosome infection. *Trop. Anim. Health Prod.*, **4**: 219-226.
2. ANOSA V.O., 1988. Haematological and biochemical changes in human and animal trypanosomiasis. Part I. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **41**: 65-78.
3. BENGALY Z., CLAUSEN P.H., BOLY H., KANWE A., DUVALET G., 1993. Comparaison de la trypanosomose expérimentale chez certaines races de petits ruminants au Burkina Faso. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **46**: 563-570.
4. BRADLEY D.G., MACHUGH D.E., LOFFUS R.T., SOW R.S., HOSTE C.H., CUNNINGHAM E.P., 1994. Zebu taurine variation in Y chromosomal DNA: a sensitive assay for genetic introgression in West African trypanotolerant cattle populations. *Anim. Genet.*, **25**: 7-12.
5. BRADY J., 1991. Seeing flies from space. *Nature*, **351**: 695.
6. CHANDLER R.L., 1958. Studies on tolerance of Ndama cattle to trypanosomiasis. *J. comp. Path. Ther.*, **68**: 253-260.
7. DARGIE J.D., MURRAY P.K., GRINSHAW W.T.R., McINTYRE W.I.M., 1979. Bovine trypanosomiasis: the red cells kinetics of Ndama and Zebu cattle infected with *Trypanosoma congolense*. *Parasitology*, **78**: 271-286.
8. DIA M.L., AMINETOU M., DIOP C., THIAM A., 1997. Auto-guérison chez un chamelon (*Camelus dromedarius*) expérimentalement infecté par *Trypanosoma evansi*. *Revue Méd. vét.*, **148**: 713-716.
9. D'ETEREN G.D.M., AUTHIE E., WISSOCQ N., MURRAY M., 1998. Trypanotolerance, an option for sustainable livestock production in areas at risk from trypanosomiasis. *Revue sci. tech. Off int. Epizoot.*, **17**: 154-175.
10. DOKO A., VERHULST A., PANDEY V.S., VAN DER STUYFT P., 1997. Trypanosomose expérimentale à *Trypanosoma brucei brucei* chez les taurins Holstein et les zébus Bororo blancs. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **50**: 23-28.
11. DUMAS R.V., 1977. Etude sur l'élevage des petits ruminants au Tchad. Maisons-Alfort, France, Gerdat-lemvt, 355 p. (Rapport n° 15)
12. HERBERT W.J., LUMSDEN W.H.R., 1976. *Trypanosoma brucei*: a rapid method for estimating the host's parasitaemia. *Exp. Parasitol.*, **49**: 427-431.
13. ILCA, 1992. Trypanotolerant Livestock in West and Central Africa, Vol 3. A decade's results. Addis Abeba, Ethiopia, International Livestock Centre for Africa (ILCA), p. 206. (Monograph No. 2)
14. KATUNGUKA-RWAKISHAYA E., 1996. Influence of *Trypanosoma congolense* infection on some blood inorganic and protein constituents in sheep. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **49**: 311-314.
15. LENG R.A., 1981. Modification of rumen fermentation. In: Proc. International Symposium on Nutritional Limits to Animal Production from Pastures, St Lucia, Queensland, Australia, 24-28 August 1981. Farnham Royal, UK, JcB Hacker, p. 427-453.
16. MURRAY M., MURRAY P.K., McINTYRE W.I.M., 1977. Improved parasitological technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **71**: 325-326.
17. MURRAY M., STEAR M.J., TRAIL J.C.M., D'ETEREN G.D.M., AGYEMANG K., DWINGER R.H., 1991. Trypanosomiasis in cattle prospects for control. In: Owen J.B., Axford R.F.C. Eds., Breeding for disease resistance in farm animals. Farnham Royal, UK, CAB International, p. 203-234.

18. MWAMBU P.M., MAYENDE J.S.P., 1971. Occurrence of berenil resistant strains of *T. vivax*. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **65**: 254-255.
19. NANTULYA V.M., LINDQVIST K.I., 1989. Antigen detection enzyme immunoassays for diagnosis of *Trypanosoma vivax*, *T. congolense* and *T. brucei* infections in cattle. *Trop. Med. Parasitol.*, **40**: 267-272.
20. NDOUTAMIA G., MOLOO S.K., MURPHY N.B., PEREGRINE A.S., 1993. Derivation and characterisation of a quinapyramine resistant clone of *Trypanosoma congolense*. *Antimicrob. Agents Chemother.*, **37**: 1163-1166.
21. OGUNSANMI A.O., AKPAVIE S.O., ANOSA V.O., 1994. Serum biochemical changes in West African Dwarf sheep experimentally infected with *Trypanosoma brucei*. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **47**: 195-200.
22. PALING R.W., DWINGER R.H., 1993. Potential of trypanotolerance as a contribution to sustainable livestock production in tsetse affected areas in Africa. *Vet. Q.*, **15**: 60-67.
23. PALING R.W., MOLOO S.K., SCOTT J.R., McODIMBA F.A., LOGAN-HENFREY L.I., MURRAY M., WILLIAM D.J.L., 1991. Susceptibility of Ndama and Boran cattle to tsetse transmitted primary and challenge infections with an homologous serodeme of *Trypanosoma congolense*. *Parasite Immunol.*, **13**: 413-425.
24. PETIT J.P., 1968. Détermination de la nature des hémoglobines chez 982 bovins africains et malgaches (taurins et zébus) par électrophorèse sur acétate de cellulose. *Revue. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **21** : 405-413.
25. PINDER M., LIBEAU G., HIRSCH G., TAMBOURA I., HAUCK-BAUER R., ROELANTS C.E., 1984. Anti-trypanosome specific immune responses in bovids of differing susceptibility to African trypanosomiasis. *Immunology*, **51**: 337-341.
26. RECEVEUR P., 1938. Notes sur certaines affections du cheptel des régions Nord-Est du Tchad. *Recl Méd. vét. exot.*, **10** : 113-118.
27. ROELANTS C.E., TAMBOURA I., SIDIKI D.B., BASINGA A., PINDER M., 1983. Trypanotolerance and individual note a breed character. *Acta trop.*, **40**: 99-104.
28. TOURE S.M., 1977. La trypanotolérance. *Revue des connaissances. Revue. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **30** : 157-174.
29. WELLDE B.T., LOTZSCH R., DEINOL G., SANDUN E., WILLIAMS J., WARUT G., 1974. *Trypanosoma congolense*. Clinical observations of experimentally infected cattle. *Exp. Parasitol.*, **36**: 6-19.
30. WINTROBE M.M., 1974. *Clinical haematology*. 7th ed. Philadelphia, PA, USA, Lea and Febinger, p. 215-227.

Reçu le 26.04.99, accepté le 18.10.00

Summary

Ndoutamia G., Brahim A., Nadjindoroum P., Moudaidandi G., Diimgang G., Loubadjim R. Sensitivity of Kirdimi and Sahelian goats of Chad to *Trypanosoma congolense* infection

Sahelian and Kirdimi goats of Chad were studied in an experimental farm for trypanotolerance. Fifty-five (55) animals, 28 Sahelians and 27 Kirdimis, whose hemoglobin types had been determined, were experimentally infected, each one with 10^6 trypanosomes (*Trypanosoma congolense* IL1180 stock, savanna type). The animals were regularly monitored for six months for clinical symptoms, bodyweight, hematological and biochemical parameters. The infection induced sudden significant weight loss in Sahelian goats. On the other hand, no significant weight variations were observed in Kirdimis. The average prepatent period was 7 and 12 days for Sahelian and Kirdimi goats, respectively. Parasitemia appeared to develop quickly in Sahelian goats (within a month). It was well under control in Kirdimis throughout the experimental period, and some self-cure cases were even observed. Sahelian goats, apparently more susceptible to the infection, displayed during the acute phase of the disease lack of appetite, pale ocular membranes, watering eyes, staggering movements and occasional diarrheas. The packed cell volume was stable in Kirdimis. It dropped rapidly in Sahelian goats and often reached the critical point of 15%. At that threshold the animals were unable to stand up and died unless a trypanocide treatment was applied. The *T. congolense* trypanosomosis evolution was mainly associated in Sahelian goats and at different levels with important changes in hematological and biochemical parameters. This study shows that Kirdimi goats control *T. congolense* infections better than Sahelian goats.

Key words: Kirdimi goat - Sahelian goat - *Trypanosoma congolense* - Experimental infection - Blood - Biochemistry - Immune response - Weight loss - Chad.

Resumen

Ndoutamia G., Brahim A., Nadjindoroum P., Moudaidandi G., Diimgang G., Loubadjim R. Sensibilidad de las cabras Kirdimi y Saharianas de Chad a la tripanosomosis por *Trypanosoma congolense*

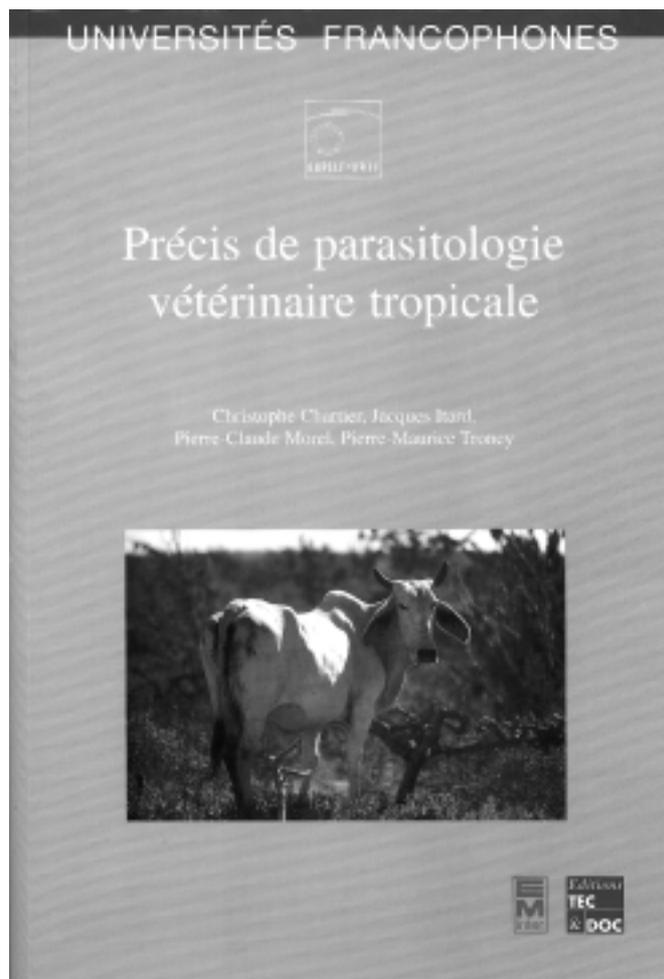
La tolerancia al tripanosoma (tripanotolerancia) fue el objeto de un estudio en la estación, llevado a cabo con cabras de Chad de las razas Sahariana y Kirdimi. Cincuenta y cinco (55) animales, 28 Saharianos y 27 Kirdimi, cuyos tipos de hemoglobina habían sido determinados con anterioridad, fueron infectados en forma experimental, cada uno con 10^6 tripanosomas de la cepa *Trypanosoma congolense* IL1180 (tipo sabana). Los signos clínicos, el crecimiento ponderal y los parámetros hematológicos y bioquímicos de los animales fueron seguidos regularmente durante seis meses. En las cabras Saharianas bajo el efecto de esta infección, se observó una pérdida significativa y brutal del peso. En las Kirdimi, por el contrario, no se observó ninguna variación significativa. El periodo de latencia en promedio de 7 días en las Saharianas pasó a 12 días en las Kirdimi. La parasitemia, con una evolución aparentemente muy rápida en las Saharianas, de un mes, fue muy bien controlada por las Kirdimi durante toda la duración del experimento y, en ciertos casos, se observó una desaparición virtual de los parásitos. Las Saharianas, aparentemente vulnerables, presentaron, en el pico de la enfermedad, falta de apetito, mucosas oculares pálidas, lagrimeo, caminar vacilante y algunas veces diarrea. El hematocrito, estable en las Kirdimi, cayó rápidamente y a menudo alcanzó un nivel crítico de 15% en las Saharianas. Los animales que alcanzaban este nivel eran incapaces de levantarse y hubiesen perecido si no se hubiese administrado un tratamiento tripanocida. La evolución de la tripanosomosis por *T. congolense* se acompaña, a niveles variables, de una modificación considerable de los parámetros hematológicos y bioquímicos, sobre todo en las cabras Saharianas. Este estudio demuestra que las cabras Kirdimi controlan mejor la infección por *T. congolense* que las cabras Saharianas.

Palabras clave: Caprino - Cabra Kirdimi - Cabra Saheliana - *Trypanosoma congolense* - Infección experimental - Sangre - Bioquímica - Pérdida de peso - Chad.

Vient de paraître

Précis de parasitologie vétérinaire tropicale

C. CHARTIER, J. ITARD,
P.-C. MOREL, P.-M. TRONCY



Ce *Précis de parasitologie vétérinaire tropicale* présente un ensemble de connaissances mises à jour sur les helminthoses et coccidioses du bétail et des oiseaux de basse-cour en Afrique tropicale, sur les trypanosomoses animales africaines et sur les maladies à tiques du bétail en Afrique. Pour les différentes affections, suite à la description du parasite et/ou du vecteur, sont présentés la biologie, la pathologie, l'épizootologie et les moyens de lutte. Les apports les plus novateurs de cet ouvrage portent sur les contrôles de ces maladies et, pour certaines, de leurs vecteurs.

Cet ouvrage se veut un guide pratique et adapté aux réalités de terrain pour les agents vétérinaires qui doivent intervenir pour limiter les effets des pathologies d'origine

parasitaire. Il s'inscrit dans la diffusion de connaissances sur la recherche de stratégies de lutte durables qui doit considérer l'efficacité des moyens mis en œuvre tant sur le plan médical que prophylactique, l'économie et les coûts des techniques utilisées et le respect de l'environnement. Il contient donc les informations nécessaires au contrôle intégré des différentes parasitoses présentes principalement en Afrique, mais pouvant être appliquées sur d'autres continents.

Diffuseurs : **Éditions Tec & Doc**, Hachette, Ellipses selon pays

Prix Europe francophone et Amérique du Nord : 495 FrF (75,46 euros) • Afrique du Nord, Liban : 245 FrF (27,44 euros) • Autres pays francophones : 90 FrF (13,72 euros)

175 mm x 260 mm ; 800 pages

ISSN (AUF) : 0993-3948

ISBN : 2-7430-0330-8

Etude épidémiologique des nématodes gastro-intestinaux chez les ovins en milieux urbain et périurbain à Maroua, Extrême Nord du Cameroun

R. Ngambia Funkeu¹ V.S. Pandey^{1*}
P. Dorny¹ S. Killanga²

Mots-clés

Ovin - *Nematoda* - Zone urbaine -
Zone périurbaine - Méthode d'élevage -
Epidémiologie - Maroua - Cameroun.

Résumé

Une étude épidémiologique a été réalisée sur les nématodes gastro-intestinaux des ovins en milieux urbain et périurbain à Maroua dans la province de l'Extrême Nord du Cameroun où le climat est de type soudano-sahélien avec une saison des pluies et une longue saison sèche. Quatre systèmes d'élevage ont été identifiés et 111 ovins répartis dans 21 troupeaux ont été suivis sur le plan coprologique et hématologique tous les mois, de novembre 1996 à octobre 1997. Les résultats ont montré la présence des larves infestantes (L3) de cinq genres ou espèces de nématodes : *Haemonchus*, *Cooperia*, *Oesophagostomum*, *Trichostrongylus* et *Strongyloides papillosus*. La saison et le type d'élevage ont eu une influence significative ($P < 0,05$) sur l'excrétion d'œufs par gramme de matières fécales (opg). En saison de pluies, les opg ont augmenté dans tous les types d'élevage mais à des degrés plus élevés dans les élevages d'ovins conduits au pâturage en périphérie de la ville et dans ceux d'ovins en claustration permanente. L'hématocrite a été corrélé négativement avec les opg et a diminué significativement en saison de pluies. Des schémas prophylactiques ont été proposés en fonction des systèmes d'élevage et de la saisonnalité du parasitisme.

■ INTRODUCTION

Depuis quelques années, un intérêt croissant est accordé aux petits ruminants en Afrique, tant au niveau du développement qu'à celui de la recherche (10). Aussi, en raison de l'expansion démographique urbaine, l'élevage jadis rural gagne progressivement les villes du fait de l'accroissement de la demande citadine en denrées d'origine animale. Ainsi, il a été noté ces dernières années une recrudescence de l'élevage périurbain et urbain (5).

La province de l'Extrême Nord, avec ses 762 527 têtes d'ovins, héberge près de la moitié (46,8 p. 100) du cheptel ovin recensé au Cameroun en 1989-1990 (19). Dans une enquête menée à Maroua (18), chef-lieu du département du Diamaré et capitale de

l'Extrême Nord, 226 concessions sur 542 visitées étaient détentrices d'animaux. Le rapport ovins/caprins y était de 8,71 contre 0,92 en milieu rural du même département. Ceci témoigne de l'importance qu'occupe l'élevage ovin dans cette ville. Cependant, le développement de la productivité reste limité par les facteurs nutritionnels et pathologiques entre autres (13). Pour la pathologie, les nématodoses demeurent une contrainte non négligeable à cause des pertes de production qu'elles engendrent par des retards de croissance, des troubles de reproduction et des mortalités (4, 13). Malgré la présence des services vétérinaires publics et privés, les éleveurs utilisent très rarement les anthelminthiques. Par ailleurs, il n'existe pas d'études longitudinales de longue durée où des informations seraient disponibles sur le parasitisme digestif des ovins en milieux urbain et périurbain, à Maroua ou ailleurs.

Dans les zones urbaines et périurbaines de Maroua, il existe plusieurs modes de conduite de l'élevage qui pourraient influencer le parasitisme. Le présent travail avait pour objectif d'étudier l'évolution saisonnière des nématodes gastro-intestinaux en fonction du mode d'élevage des ovins afin de proposer des schémas prophylactiques qui pourraient contribuer à l'amélioration de la productivité du cheptel.

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

2. Institut de la recherche agricole pour le développement (Irada), Centre de Maroua, BP 33, Maroua, Cameroun

* Auteur pour la correspondance

Fax : +32 (0)3 21 61 431 ; e-mail : vpandey@itg.be

■ MATERIEL ET METHODES

Zone de l'étude

Maroua est située entre 10° 30' et 10° 40' de latitude N et entre 14° 20' et 14° 30' de longitude E. Son climat est de type soudano-sahélien de plaine avec une saison des pluies (de juin à octobre) et une saison sèche (de novembre à mai). La couverture végétale est celle d'une savane arborée parsemée d'herbes et de cultures. Les températures maximales (37 °C) sont observées entre mars et mai tandis que les températures minimales (16-18 °C) sont obtenues entre décembre et février. La pluviométrie varie entre 500-1000 mm par an. La ville est traversée longitudinalement par des cours d'eau appelés *mayo* qui débordent parfois en saison des pluies et tarissent en saison sèche, dès mars.

Durant la période de l'étude, les données pluviométriques et thermiques ont été obtenues auprès du service de météorologie de l'Institut de la recherche agricole pour le développement (Irad, Maroua).

Les animaux

Cent onze ovins ont été suivis de novembre 1996 à octobre 1997. Ils étaient répartis dans 21 troupeaux localisés dans différentes parties de la ville de Maroua. Ces troupeaux ont été classés en quatre catégories d'élevage en fonction du mode de conduite (tableau I) qui pouvait avoir un effet sur le parasitisme :

- dans le type 1, les ovins étaient conduits au pâturage, avec des bovins, en périphérie de la ville par un bouvier adulte ;
- dans le type 2, les ovins étaient conduits au pâturage en ville, avec ou sans caprins, par des bergers mineurs ;
- dans le type 3, on laissait divaguer les ovins librement dans le quartier ;
- dans le type 4, les ovins étaient en état de claustration permanente.

Les troupeaux ont été choisis en fonction de leur disponibilité, de leur effectif (cinq moutons au minimum par troupeau) et de leur suivi sanitaire (animaux non déparasités depuis au moins six mois). Cinq à quinze ovins ont été choisis par troupeau en fonction de l'âge.

Les races rencontrées étaient constituées de moutons Peuhls (Foulbé, Poulfouli), Oudah et Massa (Kirdi). La distinction des races n'était pas toujours nette du fait des croisements inter races.

L'alimentation était constituée d'herbes, de feuilles, de fruits d'arbres et de paille sur pied pour les animaux conduits au pâturage, d'herbes, de déchets domestiques et de paille sur pied pour les animaux en divagation, et d'herbes fraîches ou fanées ou de foin pour les animaux en claustration permanente. Parfois les animaux recevaient une complémentation à base de drèches de brasseries locales (bière de sorgho, eau de vie), de tourteaux de coton, de coques de coton, de tige de sorgho, de fanes d'arachide ou de niébé et de fruits d'*Acacia*.

Les animaux étaient logés la nuit dans de petites cases, des parcs clôturés ou des enclos ouverts, semi-ouverts ou couverts.

Méthodes parasitologiques

Les matières fécales ont été prélevées au niveau du rectum, une fois par mois, entre 6 et 10 h du matin. Ces échantillons ont été acheminés au laboratoire dans une glacière. A l'arrivée, ils ont été mis au réfrigérateur et examinés dans les 24 heures qui ont suivi.

L'examen coproscopique a été fait selon la méthode quantitative modifiée de McMaster (7) afin de déterminer le nombre d'œufs de strongles et de *Strongyloides* par gramme de fèces. Chaque œuf compté correspondait à un opg de 100.

Les coprocultures ont été faites de décembre 1996 à octobre 1997. Les échantillons de fèces ont été mélangés par troupeau, puis mis en culture dans une boîte de pétri en verre pendant huit jours à 31 °C.

L'extraction des larves L3 a été réalisée selon la technique de Baermann (7). L'identification des larves L3 a été faite selon Anon. (11).

Hématocrite

De janvier à octobre 1997, des échantillons de sang ont été prélevés au niveau de la veine jugulaire, une fois par mois, à l'aide d'un tube vacutainer Venoject contenant de l'héparine-lithium ou du trisodium citrate comme anticoagulant. L'hématocrite a été déterminé au moyen d'une minicentrifugeuse Ames Microspin (M 1101).

Analyses statistiques

Les données sur l'opg et de l'hématocrite sont exprimées en moyennes géométriques calculées après la transformation logarithmique des données brutes. Les effets de la saison, de l'âge, du sexe, du type d'élevage sur l'opg et l'hématocrite ont été analysés par le modèle linéaire général (glm).

Tableau I

Distribution des ovins par type d'élevage, ferme, classe d'âge et sexe en milieux urbain et périurbain à Maroua, Extrême Nord du Cameroun

Type d'élevage	Nombre d'élevages	Nombre d'ovins	Nombre d'ovins par classe d'âge			Nombre d'ovins par sexe	
			< 1 an	1-2 ans	> 2 ans	mâle	femelle
1	3	23	7	5	11	4	19
2	6	30	14	7	9	6	24
3	6	29	18	1	10	4	25
4	6	29	14	5	10	6	23
Total	21	111	53	18	40	20	91

■ RESULTATS

Les moyennes mensuelles de la pluviométrie et des températures minimales et maximales sont présentées à la figure 1. Des pluies inhabituelles ont été enregistrées aux mois d'avril et de mai. Les précipitations totales de l'année ont été de 701 mm.

Les œufs de nématodes (strongles et *Strongyloides*) ont été détectés dans les fèces des ovins des quatre types d'élevage. Les moyennes des opg de *Strongyloides* ont été faibles et ont varié entre 0 et 54, sans fluctuations sensibles. C'est pour cette raison que seules les moyennes des opg de strongles ont été décrites ci-dessous et présentées dans la figure 2.

La saison et le type d'élevage ont influencé significativement l'opg ($P < 0,05$). Les valeurs moyennes de l'opg ont augmenté dans tous les élevages en saison de pleines pluies (figure 2). Cette augmentation a été plus marquée dans les élevages d'ovins conduits au pâturage avec les bovins (type 1) et dans les élevages d'ovins en claustration permanente (type 4). Des pics d'opg de 1 475, 556, 666 et 1 444 opg ont été enregistrés en saison des pluies, respectivement dans les élevages 1, 2, 3 et 4.

Les coprocultures ont révélé la présence de cinq genres ou espèces de nématodes parasites : *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, *Cooperia*, *Oesophagostomum* et *Strongyloides papillosus*. Les larves de *Trichostrongylus* ont été prépondérantes en saison sèche, celles de *Haemonchus* en saison de pluies.

Dans tous les types d'élevage, les moyennes de l'hématocrite ont été plus basses en saison de pleines pluies (figure 3). Cette diminution a été plus marquée dans l'élevage de type 1. L'influence du type d'élevage a été significative ($P < 0,001$).

L'âge des animaux a influencé significativement ($P < 0,05$) l'excrétion d'œufs de strongles (tableau II). Les ovins âgés de moins d'un an ont excrété plus d'œufs de novembre à janvier, tandis que les animaux âgés d'un à deux ans ont eu un opg élevé de mai à octobre avec des valeurs moyennes variant de 49 à 694.

L'âge a influencé significativement l'hématocrite ($P < 0,05$) (tableau III). Les moyennes mensuelles sont restées relativement stables de janvier à juillet : entre 28 et 31 p. 100 pour les ovins

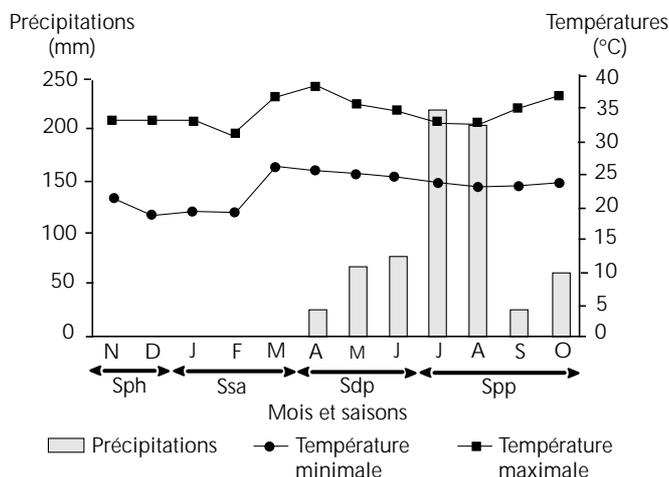


Figure 1 : précipitations et températures moyennes mensuelles à Maroua, Extrême Nord du Cameroun.

Sph = saison posthivernage ; Ssa = saison sèche aride ; Sdp = saison de débuts de pluies ; Spp = saison de pleines pluies.

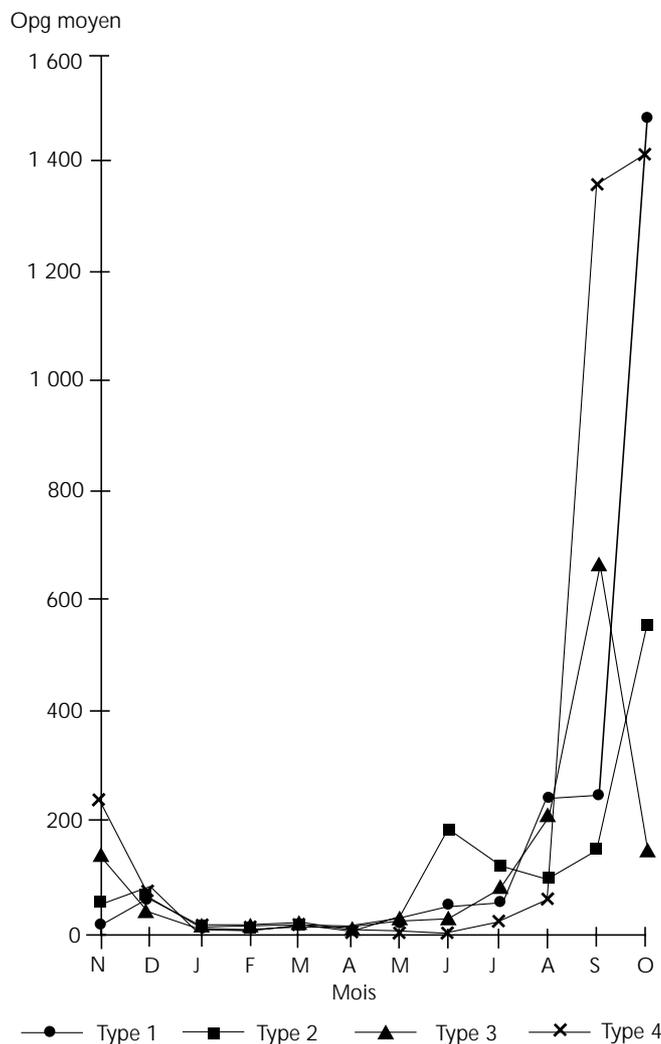


Figure 2 : moyennes géométriques mensuelles des nombres d'œufs de strongles gastro-intestinaux par gramme de fèces (opg) chez les ovins des différents types d'élevage urbains et périurbains à Maroua, Extrême Nord du Cameroun.

Type 1 = ovins conduits au pâturage avec des bovins en périphérie de la ville ; type 2 = ovins conduits au pâturage en ville ; type 3 = ovins en divagation libre dans le quartier ; type 4 = ovins en claustration permanente.

âgés jusqu'à 2 ans et entre 27 et 29 p. 100 pour les animaux âgés de plus de 2 ans. D'août à octobre, les valeurs ont diminué et se sont situées entre 20 et 24 p. 100 chez les ovins de moins d'un an, entre 21 et 23 p. 100 chez les ovins âgés d'un à 2 ans et entre 19 et 22 p. 100 chez les ovins âgés de plus de 2 ans. Le sexe n'a pas eu d'effet significatif sur l'hématocrite.

■ DISCUSSION

Cette étude a montré la présence d'infestations aux nématodes gastro-intestinaux des ovins en milieux urbain et périurbain. La saisonnalité de l'excrétion d'œufs de strongles dans les fèces des ovins a été marquée dans tous les systèmes d'élevage. En effet, les moyennes géométriques des opg mensuels ont été faibles en saison sèche (saison posthivernage, saison sèche aride) et au début des pluies. Lors des pleines pluies, elles ont connu des hausses notoires dont les plus importantes ont été observées dans les éle-

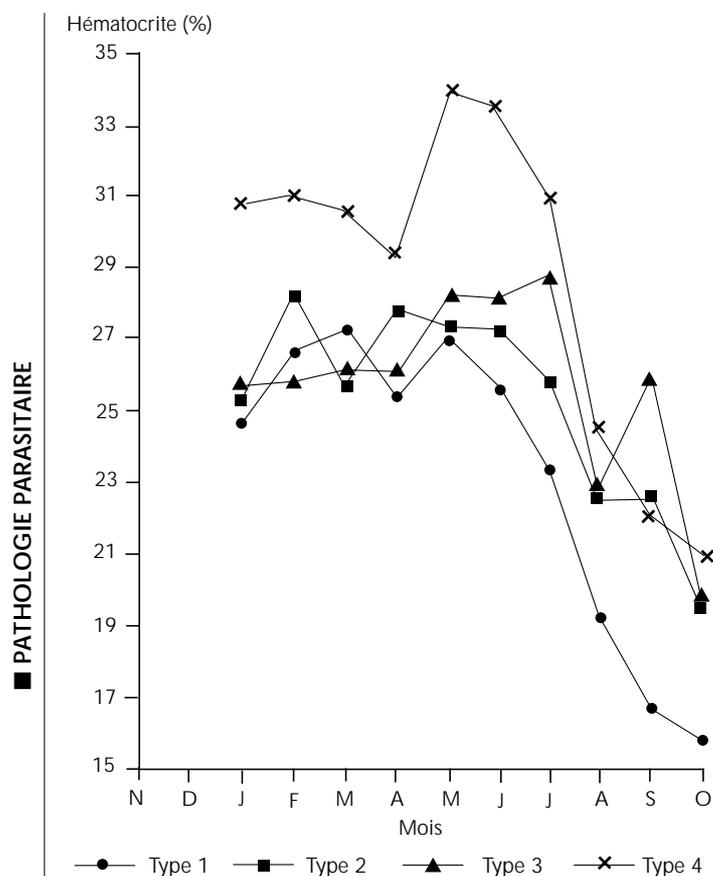


Figure 3 : moyennes géométriques mensuelles de l'hématocrite chez les ovins des différents types d'élevage urbains et périurbains à Maroua, Extrême Nord du Cameroun. Type 1 = ovins conduits au pâturage avec des bovins en périphérie de la ville ; type 2 = ovins conduits au pâturage en ville ; type 3 = ovins en divagation libre dans le quartier ; type 4 = ovins en claustration permanente.

vages de types 1 et 4. Cette évolution saisonnière a été observée sous des climats similaires en Afrique de l'Ouest, notamment en Gambie (1), au Nigeria (16), au Sénégal (12) et au Togo (3). En saison sèche, les conditions sont défavorables au développement et à la survie des formes libres de parasites (6). Par conséquent, il y a diminution des risques d'infection des animaux, comme cela a été constaté par Ankers et coll. (1). L'humidité est un facteur important dans le développement et la survie des nématodes gastro-intestinaux des ruminants (2, 15).

Une différence significative de l'intensité des infections entre différents systèmes d'élevage a été enregistrée. L'augmentation de l'opg en saison des pluies a été plus marquée dans les élevages d'ovins conduits au pâturage avec les bovins (type 1) et dans les élevages d'ovins en claustration permanente (type 4). Les ovins des élevages de type 1 auraient été plus exposés à l'infestation car, outre l'infection probable sur le pâturage, ils auraient pu être également infectés lors de leur abreuvement dans des points d'eau de pluie ou tout au long des cours d'eau où la densité des animaux, en transit dans la ville ou séjournant là quelque temps avant leur abattage, est plus grande. Les ovins en claustration permanente (élevage de type 4) ont été très probablement contaminés par le biais des herbes fraîches distribuées à l'auge, ces herbes provenant généralement d'aires ou paissaient d'autres ruminants. Aussi, l'apport de ces herbes dans l'alimentation des animaux, qui se fait à un stade avancé de la saison des pluies, pourrait expliquer l'augmentation tardive (à partir de juillet) de l'opg. L'augmentation plus modérée des opg chez les ovins conduits aux herbes en ville (élevage de type 2) et chez les ovins en divagation libre (élevage de type 3) serait due à la restriction de leurs sorties en saison des pluies, période des cultures et des récoltes. Une chute de l'hématocrite a coïncidé avec l'augmentation des opg en saison des pluies. Elle peut être expliquée par l'action hématophage de *H. contortus* qui était le nématode prépondérant dès que les premières pluies tombaient. La chute de l'hématocrite a été plus marquée dans les élevages de type 1 ; il a été noté qu'en saison de pleines pluies les tiques ont été très abondantes sur les animaux de ces élevages et auraient ainsi eu un effet sur l'hématocrite.

Tableau II

Moyennes géométriques mensuelles et valeurs extrêmes des opg de strongles en fonction de l'âge des ovins en milieux urbain et périurbain à Maroua, Extrême Nord du Cameroun

	< 1 an		1-2 ans		> 2 ans	
	Moyenne	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes
Novembre	143	0 - 1500	46	0 - 400	51	0 - 3700
Décembre	97	0 - 2500	23	0 - 500	58	0 - 4200
Janvier	7	0 - 500	3	0 - 400	5	0 - 900
Février	4	0 - 300	5	0 - 500	6	0 - 700
Mars	16	0 - 1400	16	0 - 900	8	0 - 1700
Avril	5	0 - 300	10	0 - 400	3	0 - 2800
Mai	3	0 - 1600	37	0 - 3200	64	0 - 2300
Juin	18	0 - 3400	49	0 - 2400	51	0 - 4600
Juillet	37	0 - 2400	223	0 - 5200	63	0 - 6500
Août	101	0 - 12 100	419	0 - 3500	120	0 - 7200
Septembre	492	0 - 5500	554	0 - 12 200	238	0 - 7000
Octobre	539	0 - 3100	694	0 - 1000	680	0 - 3700

Tableau III

Moyennes géométriques mensuelles et valeurs extrêmes de l'hématocrite en fonction de l'âge des ovins à Maroua, Extrême Nord du Cameroun

	< 1 an		1-2 ans		> 2 ans	
	Moyenne	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes
Janvier	28	16 - 46	28	16 - 37	27	17 - 41
Février	29	16 - 44	29	24 - 40	29	20 - 46
Mars	29	20 - 36	28	12 - 44	28	22 - 46
Avril	28	22 - 34	30	24 - 36	28	20 - 40
Mai	31	22 - 48	31	22 - 48	29	18 - 42
Juin	30	22 - 48	33	24 - 48	27	20 - 46
Juillet	29	16 - 42	28	18 - 38	28	16 - 42
Août	24	18 - 32	23	16 - 36	22	14 - 30
Septembre	24	12 - 38	23	12 - 36	22	12 - 28
Octobre	20	18 - 28	21	12 - 28	19	12 - 28

■ CONCLUSION

Dans les différents systèmes d'élevage en milieux urbain et périurbain, les nématodes sévissent, notamment *H. contortus*, *Cooperia* spp., *O. columbianum*, *S. papillosus* et *Trichostrongylus* spp. Les opg sont faibles à modérées en saison sèche selon les descriptions de Hansen et Perry (8) et augmentent en saison de pluies. Cette augmentation est plus marquée chez les ovins conduits au pâturage périurbain avec les bovins et chez les ovins en claustration permanente.

Sur le plan épidémiologique, une vermifugation collective en fin de saison des pluies dans les élevages de types 1 et 4 est souhaitable pour réduire les charges parasitaires. Dans les élevages de types 2 et 3, les auteurs suggèrent un traitement individuel lors de cas cliniques. A l'entrée de la saison des pluies, un traitement peut être effectué chez les animaux jeunes et chez les brebis en fin de gestation. Les anthelminthiques utilisés doivent être efficaces aussi bien contre les stades adultes que les larves de parasites. Il reste à faire une étude de l'opportunité économique de cette prophylaxie.

BIBLIOGRAPHIE

- ANKERS P., ZINSSTAG J., PFISTER K., 1994. Quasi-absence de réinfestation par les strongles du bétail gambien en saison sèche. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **47** : 201-205.
- BERBIGIER P., GRUNER L., MAMBRINI M., SOPHIE S.A., 1990. Faecal water content and egg survival of gastrointestinal strongles under dry tropical conditions in Guadeloupe. *Parasitol. Res.*, **76** : 379-385.
- BONFOH B., ZINSSTAG J., ANKERS P., PANGUI L.J., PFISTER K., 1995. Epidémiologie des nématodes gastro-intestinaux chez les petits ruminants dans la région des plateaux au Togo. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48** : 321-326.
- FABIYI J.P., 1987. Production losses and control of helminths in ruminants of tropical regions. *Int. J. Parasitol.*, **17** : 435-442.
- FAYE B., PLANCHENAU D., 1996. Socio-économie de l'élevage périurbain : Secoville. Rapport scientifique à mi-parcours, Lomé, 6-16 mai 1996. Montpellier, France, Cirad-emvt, 152 p.
- FRITSCH T., KAUFMANN J., PFISTER K., 1993. Parasite spectrum and seasonal epidemiology of gastrointestinal nematodes of small ruminants in The Gambia. *Vet. Parasitol.*, **49** : 271-283.

7. GRABER M., PERROTIN G., 1983. Helminthes et helminthoses des ruminants domestiques d'Afrique tropicale. Maisons-Alfort, France, le Point vétérinaire, 378 p.

8. HANSEN J., PERRY B., 1974. The epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of ruminants. A handbook. Rome, Italy, FAO/ILRAD, 171 p.

9. KOMOIN-OKA C., ZINSSTAG J., PANDEY V.S., FOFANA F., N'DEPO A., 1999. Epidémiologie des parasites des ovins de la zone sud forestière de la Côte d'Ivoire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **52** : 39-46.

10. LANDAIS E., 1985. Problèmes liés au développement de l'élevage des petits ruminants (ovins et caprins) en Afrique. Rapport de synthèses. In : 6^e conférence de la commission régionale de l'OIE pour l'Afrique, Harare, Zimbabwe, 22-25 janvier 1985. Paris, France, OIE, p. 19-170.

11. Manual of veterinary parasitological laboratory techniques. Reference book 418, 3rd Ed., 1986. London, UK, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Her Majesty's Stationary Office, 160 p.

12. NDAO M., BELOT J., ZINSSTAG K., PFISTER K., 1992. Epidémiologie des nématodes gastro-intestinaux des ruminants dans la zone sylvo-pastorale au Sénégal. In : 7^e Conférence internationale des institutions de médecine vétérinaire tropicale, Aimvt, Yamoussoukro, Côte-d'Ivoire, **2** : 485-489.

13. NJOYA A., AWA N.D., BOUCHEL D., 1997. Influence de la complémentation et de la prophylaxie sur la viabilité des ovins Foulbé au Nord-Cameroun. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **50** : 227-233.

14. OUATTARA L., OUEDRAOGO A., KAUFMANN J., PFISTER K., 1992. Epidémiologie des nématodes gastro-intestinaux des ruminants aux Burkina Faso. In : 7^e Conférence internationale des institutions de médecine vétérinaire tropicale, Aimvt, Yamoussoukro, Côte-d'Ivoire, **2** : 497-505.

15. ROSSANIGO C.E., GRUNER L., 1994. Relative effect of temperature and moisture on the development of strongyle eggs to infective larvae in bovine pats in Argentina. *Vet. Rec.*, **55** : 317-325.

16. SCHILLHORN VAN VEEN T.W., 1978. Haemonchosis in sheep during the dry season in the Nigerian savana. *Vet. Rec.*, **102** : 364-365.

17. STATA CORP., 1999. Stata statistical software: Release 6.0. College Station, TX, USA, Stata Corporation.

18. THYS E., EKEMBE T., 1992. Elevage citadin des petits ruminants à Maroua (Province de l'Extrême Nord Cameroun). *Cah. Agric.*, **1** : 249-255.

19. YEM YEM Z., 1992. Principaux facteurs limitants de la santé animale au Cameroun. In 7^e Conférence internationale des institutions de médecine vétérinaire tropicale, Aimvt, Yamoussoukro, Côte-d'Ivoire, **2** : 561-573.

Reçu le 06.08.99, accepté le 03.10.00

Summary

Ngambia Funkeu R., Pandey V.S., Dorny P., Killanga S. Epidemiological study of gastrointestinal nematodes of sheep in urban and suburban areas, in Marua, Extreme North of Cameroon

An epidemiological study was carried out on gastrointestinal nematodes of sheep in urban and suburban areas, in Marua, located in the Extreme North province of Cameroon, where the climate is of the Sudano-Sahelian type with a short rainy season and a long dry season. Four animal husbandry systems were identified. From November 1996 to October 1997, 111 sheep belonging to 21 flocks were monitored monthly for coprological and hematological evaluations. Results showed the presence of infective larvae (L3) of five genera/species of nematodes: *Haemonchus*, *Cooperia*, *Oesophagostomum*, *Trichostrongylus* and *Strongyloides papillosus*. The season and animal husbandry system had a significant influence on the eggs per gram of feces count (EPG) ($P < 0.05$). EPGs increased during the rainy season in all animal husbandry systems, but were higher in flocks that grazed on pastures at the periphery of the town and in those kept permanently confined. The packed cell volume showed a negative correlation with EPG and significantly decreased during the rainy season. Prophylactic schemes are suggested in relation with the animal husbandry system and seasonal variation of parasite activity.

Key words: Sheep - *Nematoda* - Urban area - Suburban area - Animal husbandry method - Epidemiology - Marua - Cameroon.

Resumen

Ngambia Funkeu R., Pandey V.S., Dorny P., Killanga S. Estudio epidemiológico de los nemátodos gastrointestinales en los ovinos en medio urbano y peri urbano en Marua, Extremo Norte de Camerún

Se realizó un estudio epidemiológico sobre los nemátodos gastrointestinales de los ovinos en medio urbano y peri urbano en Marua en la provincia del Extremo Norte de Camerún, donde el clima es de tipo sudano-sahariano, con una estación de lluvias y una larga estación seca. Se identificaron cuatro sistemas de crianza y se siguieron 111 ovinos repartidos en 21 hatos, tanto desde el punto de vista coprológico como hematológico todos los meses, de noviembre 1996 a octubre 1997. Los resultados muestran la presencia de larvas infestantes (L3) de cinco géneros o especies de nemátodos: *Haemonchus*, *Cooperia*, *Oesophagostomum*, *Trichostrongylus* y *Strongyloides papillosus*. La estación y el tipo de crianza tuvieron influencia significativa ($P < 0,05$) sobre la excreción de huevos por gramo de materia fecal (OPG). Durante la estación de lluvias, la OPG aumentó en todos los tipos de crianza, pero en niveles más elevados en los criaderos de ovinos conducidos a pastizales en la periferia de la ciudad y en aquellos ovinos en encierro permanente. El hematocrito estuvo correlacionado negativamente con la OPG y disminuyó significativamente durante la estación de lluvias. Se proponen esquemas profilácticos en función de los sistemas de crianza y de la estacionalidad de los parásitos.

Palabras clave : Ovino - *Nematoda* - Zona urbana - Zona periurbana - Epidemiología - Marua - Camerún.

Essai de traitement contre des parasitoses gastro-intestinales du poulet avec des décoctions aqueuses de graines de papaye (*Carica papaya*)

M. Mpoame ¹ L.I. Essomba ²

Mots-clés

Poulet - *Carica papaya* - Médicament gastro-intestinal - Cameroun.

Résumé

Entre avril et septembre 1998, un essai de traitement utilisant les graines de papaye (*Carica papaya*) a été conduit sur 60 poulets de race locale dans six exploitations infestées par *Heterakis* sp., *Capillaria* sp., *Eimeria* sp. Dans chaque exploitation, les poulets ont été répartis dans trois lots comportant des infestations équivalentes : un lot témoin (non traité), un lot traité à la décoction aqueuse de graines de papaye au taux de 5 g de poudre de graines de papaye par litre d'eau et un lot traité à 10 g/l. Alors qu'en général le nombre d'œufs et d'oocystes par gramme de fèces (opg) posttraitement a toujours augmenté dans le lot témoin, il a baissé dans les lots traités infestés par *Heterakis* sp. et *Eimeria* sp. (40-65 p. 100 de taux de réduction) et s'est maintenu pour *Capillaria* sp. Ces résultats attestent des effets thérapeutiques des graines de *C. papaya* contre certains parasites gastro-intestinaux du poulet. Ces effets sont attribuables soit à une activité parasiticide directe soit à une inhibition de la production d'œufs et d'oocystes des parasites.

■ INTRODUCTION

Dans les pays en développement en général et au Cameroun en particulier, la majorité des produits vétérinaires préventifs et curatifs sont importés. Ils sont de moins en moins accessibles à cause de leur coût de plus en plus élevé et du faible pouvoir d'achat des populations. Face à cette situation, le recours à la pharmacopée traditionnelle africaine serait justifié, mais, malheureusement, l'efficacité de plusieurs plantes médicinales locales a rarement été quantifiée (1, 12).

Le papayer, *Carica papaya*, est une plante médicinale. Son latex est réputé pour ses vertus anthelminthiques (7, 8) et cicatrisantes (4). Les graines de ses fruits ont été utilisées pour traiter l'amiabiose, les verminoses humaines (3) et l'ascaridiose aviaire (9).

La présente étude tente de déterminer l'efficacité des extraits aqueux de graines de papaye domestique dans le traitement d'autres parasitoses gastro-intestinales du poulet.

■ MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

Les travaux ont été réalisés à Dschang, chef-lieu du département de la Menoua, dans la zone des hauts plateaux de l'Ouest Cameroun. Il y règne un climat à deux saisons de type soudano-guinéen d'altitude. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1 872 mm, l'humidité relative de 76,8 p. 100 et la température moyenne journalière de 20 °C (Centre météorologique de Dschang, 1998).

Matériel végétal et administration du traitement

Les graines de papayes mûres ont été séchées au soleil pendant deux semaines, puis finement broyées et enfin tamisées (maille : 0,5 mm). La poudre ainsi obtenue a été conservée dans de l'eau à deux concentrations : 5 et 10 g par litre d'eau. Cette préparation se faisait le jour précédant l'utilisation afin de permettre une bonne diffusion du produit dans l'eau. Une quantité de 0,2 ml de décoction (phase liquide de la préparation) était introduite dans la gorge de chaque poulet à l'aide d'une pipette, puis le bec de l'oiseau était maintenu fermé pendant quelques secondes pour permettre l'ingestion complète du produit.

1. Université de Dschang, Faculté des Sciences, BP 67, Dschang, Cameroun

2. Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des sciences agricoles, BP 222, Dschang, Cameroun

Matériel animal

Les poulets utilisés étaient de race locale et provenaient de six exploitations pratiquant l'élevage extensif de type divagation, avec claustration en période de culture (semis), comme celui décrit par Molelo et coll. (6). Le choix des exploitations a été fonction du nombre de poulets infestés (au moins cinq) et de la disponibilité des éleveurs. Dans chaque exploitation, il a été donné aux poulets sélectionnés un numéro d'identification fixé à l'une des pattes à l'aide de plastique adhésif.

Dispositif expérimental

Dans chaque exploitation sélectionnée, les poulets ont été répartis en deux lots (T_0 et T_2) suffisamment homogènes au regard des espèces de parasites et des niveaux d'infestation en termes d'œufs par gramme de fèces (opg) :

- T_0 n'a reçu que de l'eau distillée (0,2 ml) au départ et a servi de témoin ;
- T_2 a été traité à la concentration de 10 g de poudre de graines de papaye par litre d'eau ;
- compte tenu des faibles effectifs de poulets infestés, T_0 a été utilisé à nouveau en le traitant avec 5 g/l de produit. Il a constitué ainsi un troisième lot (T_1).

Coproscopie

La veille de chaque prélèvement, les poulets étaient mis dans des corbeilles en bambou sous lesquelles étaient disposées des feuilles de bananiers afin d'éviter de souiller les fèces. Celles-ci étaient récoltées individuellement 1 à 7 jours avant le traitement (prélèvement prétraitement) et 3 jours après (prélèvement posttraitement). Elles étaient placées dans des sachets en plastique où était indiqué sur chacun d'eux le numéro d'identification du poulet correspondant. Les échantillons ainsi recueillis étaient ramenés au laboratoire le plus tôt possible pour une analyse coproscopique immédiate, ou bien ils étaient conservés au réfrigérateur à la température de +4 °C et étaient examinés dans un délai maximum de sept jours.

Le nombre d'opg a été déterminé dans une cellule McMaster selon Thienpont et coll. (13) (seuil de lecture : 50 opg). L'identification des œufs de parasites s'est faite en suivant les démarches proposées par Thienpont et coll. (13) et Soulsby (11).

Analyse des taux de réduction et des taux d'efficacité

L'efficacité du traitement a été évaluée en termes de taux de réduction moyens des opg calculés pour chaque lot (T_0 , T_1 et T_2) et en termes de taux d'efficacité de T_2 par rapport à T_0 selon Presidente (1985).

$$\text{Taux de réduction} = \frac{\text{opg prétraitement} - \text{opg posttraitement}}{\text{opg prétraitement}} \times 100$$

$$\text{Taux d'efficacité} = \left(1 - \frac{T_2 \text{ posttraitement} \times T_0 \text{ prétraitement}}{T_2 \text{ prétraitement} \times T_0 \text{ posttraitement}} \right) \times 100$$

T_1 = opg moyens de lots T_1

Les taux de réduction moyens des opg des différents lots ont été comparés au moyen du test de Student au seuil de signification de 0,05 après transformation « Arc sinus » des taux de réduction individuels (10).

■ RESULTATS ET DISCUSSION

Situation des infestations dans les exploitations étudiées

Cinq genres de parasites ont été observés : *Eimeria* sp., *Heterakis* sp. et *Capillaria* sp. dans toutes les six exploitations, *Syngamus* sp. dans trois d'entre elles et *Ascaridia* sp. dans deux.

Les infestations à *Heterakis* sp. étaient les plus prévalentes (71,6 p. 100) suivies de celles à *Eimeria* sp. (51,6 p. 100) et à *Capillaria* sp. (50,0 p. 100). *Syngamus* sp. et *Ascaridia* sp. étaient moins prévalents (respectivement 13,3 et 11,6 p. 100). Ces résultats se rapprochent de ceux d'Akamba (2) et de Molelo et coll. (6).

Les infestations mixtes étaient très fréquentes (73,3 p. 100) et dominées par diverses combinaisons doubles et triples des genres les plus prévalents, c'est-à-dire *Heterakis* sp., *Eimeria* sp. et *Capillaria* sp.

Efficacité du traitement

Les taux de réduction moyens des opg obtenus à la suite des différents traitements sont indiqués dans le tableau I. Les résultats concernant *Ascaridia* sp. et *Syngamus* sp. n'ont pas été pris en compte, la taille de l'échantillon utilisé (le nombre de poulets) ayant été très faible ($n < 2$).

Tableau I

Taux de réduction (%) des concentrations fécales d'œufs et d'oocystes de parasites en fonction des doses de décoction des graines de *Carica papaya* et taux d'efficacité du traitement (%)

Parasites	Traitements			Taux d'efficacité
	T_0	T_1 (5 g/l)	T_2 (10 g/l)	(T_2/T_0)
<i>Heterakis</i> sp.	-4,17 (n = 26)	44,89 (n = 26)	30,96 (n = 23)	85,0
<i>Eimeria</i> sp.	-160,53 (n = 15)	64,74 (n = 18)	53,73 (n = 18)	85,9
<i>Capillaria</i> sp.	-61,31 (n = 21)	-36,98 (n = 22)	1,34 (n = 21)	42,3

n = taille de l'échantillon

Le lot témoin a montré une augmentation significative des opg, alors que dans les deux lots expérimentaux il y a bien eu une réduction suite au traitement ($P < 0,05$). Les concentrations de produits utilisés n'ont pas donné d'effets significativement différents ($P < 0,05$), même si, au niveau des chiffres, la concentration la plus faible (5 g/l) a semblé produire un meilleur taux de réduction. L'évaluation des effets du produit par le taux d'efficacité ont confirmé une activité forte contre *Heterakis* sp. (85,0 p. 100) et *Eimeria* sp. (85,9 p. 100) et faible contre *Capillaria* sp. (42,3 p. 100).

■ CONCLUSION

Ces résultats attestent des effets thérapeutiques des graines de *C. papaya*. De tels effets pourraient être attribués soit à une activité parasiticide directe soit à une inhibition de la production des œufs et des oocystes. Les conditions de cet essai ne permettaient malheureusement pas de préciser le mode d'action du produit. Des études mieux contrôlées portant sur les effets de divers types d'extraits de graines de papaye sur des infestations artificielles sont envisagées.

Remerciements

Les auteurs expriment leur reconnaissance aux Professeurs J. Tchoumboue et Y. Manjeli du département de Productions animales de la Faculté d'Agronomie et des sciences agricoles de l'Université de Dschang pour leurs critiques constructives.

REFERENCES

1. AGBEDE G., NKENFOU J., MPOAME M., 1993. Essais préliminaires d'utilisation de *Kalanchoe crenata* (Crassulacée) dans la prophylaxie et le traitement. *Tropicicultura*, **11** : 107-109.

Summary

Mpoame M., Essomba L.I. Trial treatment of gastrointestinal parasitoses of chickens with aqueous decoctions of papaya (*Carica papaya*) seeds

Between April and September 1998, a treatment trial using papaya (*Carica papaya*) seeds was performed on 60 chickens of a local breed in six poultry yards infested by *Heterakis* sp., *Capillaria* sp., and *Eimeria* sp. In each yard, the chickens were divided into three groups of similar infestation rates: a control group (non treated), a group treated with an aqueous decoction of papaya seeds at the rate of 5 g of powdered papaya seeds per liter of water and a group treated at 10 g/l. The post-treatment number of eggs/oocysts per gram of feces always increased in the control group, whereas it decreased in the treated groups infested with *Heterakis* sp. and *Eimeria* sp. (40-65% reduction rates). It remained unchanged for *Capillaria*. These results testify to the therapeutic effects of *C. papaya* seeds against some gastrointestinal parasites in chickens. These effects can be attributed either to direct parasitocidal action or to the inhibition of egg/oocyst production by parasites.

Keys words: Chicken - *Carica papaya* - Gastrointestinal agent - Cameroon.

2. AKAMBA A., 1994. Etude de quelques parasites gastro-intestinaux du poulet de race locale dans les hauts plateaux de l'Ouest du Cameroun : inventaire et essai de traitement à l'écorce de *Combretum* sp. (Combretacée). Mémoire de fin d'études d'Ingénieur Agronome, Centre universitaire de Dschang, Cameroun, 49 p.

3. BETTI J.L., 1994. Contribution à la connaissance des plantes médicinales des populations riveraines de la réserve de faune du Dja. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur des Eaux, forêts et chasse, Centre universitaire de Dschang, Cameroun, 82 p.

4. BEZANGER-BEAUQUESNE L., PINKAS M., TORCK M., 1975. Les plantes dans la thérapeutique moderne. Paris, France, Maloine, 529 p.

5. Comment se soigner avec le papayer, 1996. *La Voix du Paysan*, **57** : 24.

6. MOLELO N., SANGALA K., WROBLEVSKI A., BALANDI M., MONZAMBA K.M., 1988. Influence de la saison sur les parasites gastro-intestinaux chez les gallinacés élevés à Kisangani (Zaire). *Arch. roum. Path. exp. Microbiol.*, **47** : 65-71.

7. SATRIJA F., NANSEN P., BJORN H., MURTINI S., HE S., 1994. Effect of papaya latex against *Ascaris suum* in naturally infected pigs. *J. Helminthol.*, **68**: 343-346.

8. SATRIJA F., NANSEN P., MURTINI S., HE S., 1995. Anthelmintic activity of papaya latex against patent *Heligmosomoides polygyrus* infections in mice. *J. Ethnopharmacol.*, **48**: 161-164.

9. SATYANARAYANANA RAO V., KRISHNAIAH K.S., 1982. Note on the comparative efficacy of some indigenous anthelmintics against *Ascaridia galli* infection in chicks. *Indian J. Anim. Sci.*, **52**: 485-486.

10. SCHEFLER W.C., 1969. Statistics for the biological sciences. Reading, Massachusetts, USA, Addison Wesley, 231 p.

11. SOULSBY E.J.L., 1986. Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals, 7th Ed. London, UK, Baillière Tindall, 809 p.

12. TCHOUMBOUE J., MPOAME M., AKAMBA M., 1996. Essai comparé de traitement de nématodes gastro-intestinaux de poulet au Sodivermyl-Baird et à l'écorce de *Combretum* sp. (Combretacée). *Tropicicultura*, **14** : 4-5.

13. THIENPONT D., ROCHETTE G., VANPARJIS O., 1979. Diagnostic de la vermineuse par examen coprologique. Beerse, Belgique, Jansen Research Foundation, 187 p.

Reçu le 29.09.99, accepté le 29.09.00

Resumen

Mpoame M., Essomba L.I. Ensayo de tratamiento contra las parasitosis gastrointestinales del pollo con decocciones acuosas de granos de papaya (*Carica papaya*)

Entre abril y septiembre 1998, se llevó a cabo un ensayo de tratamiento utilizando granos de papaya (*Carica papaya*), sobre 60 pollos de raza local en seis explotaciones infestadas por *Heterakis* sp., *Capillaria* sp., *Eimeria* sp. En cada explotación, los pollos fueron repartidos en tres lotes, comportando infestaciones equivalentes: un lote testigo (no tratado), un lote tratado con la decocción acuosa de granos de papaya a una tasa de 5 g de polvo de granos de papaya por litro de agua y un lote tratado a 10 g/l. Mientras que en general el número de huevos y oocistos por gramo de heces (OPG) post tratamiento aumentó siempre en el lote testigo, éste bajó en los lotes tratados infestados por *Heterakis* sp. y *Eimeria* sp. (40-65% de tasa de reducción) manteniéndose para *Capillaria* sp. Estos resultados atestán de los efectos terapéuticos de los granos de *C. papaya* contra ciertos parásitos gastrointestinales del pollo. Estos efectos son atribuidos ya sea a la actividad parasitocida directa o a una inhibición de la producción de huevos y de oocistos de los parásitos.

Palabras clave: Pollo - *Carica papaya* - Medicamento gastrointestinal - Camerún.

Le secteur des productions animales en Afrique subsaharienne des Indépendances à 2020.

II. Approche des échanges par zones sous-régionales

G. Tacher¹ L. Letenneur^{1, 2}

Mots-clés

Production animale - Consommation alimentaire - Importation - Exportation - Zonage - Protéine animale - Offre - Afrique au sud du Sahara.

Résumé

Pour préciser la grande diversité des échanges et des consommations à l'intérieur de l'Afrique subsaharienne, un zonage en sept sous-régions (Ouest, Centre-Ouest, Centre-Nord, Est, Centre, Sud, Madagascar) a été réalisé à partir de la demande en produits animaux, de l'homogénéité et de la complémentarité des échanges, et en considérant les unions politiques. Importations et exportations portent en majorité sur les viandes avec une grande diversité selon les zones : solde excédentaire pour la zone orientale, solde déficitaire en Afrique centrale. Toutes les sous-régions identifiées sont déficitaires en produits laitiers avec un déficit global de 428 millions de dollars américains en 1994. Les cuirs et les peaux représentent 15 p. 100 des exportations, et 67 p. 100 de celles-ci sont réalisées par l'Afrique australe. Elles représentent un solde positif et compensent les importations nettes de volailles. Les consommations examinées par sous-régions montrent plusieurs types de consommation et une grande diversité dans les quantités de protéines animales consommées par jour et par habitant allant de 4,2 g en zone centrale à 13,8 g dans la zone de l'Igad (Intergovernmental Authority on Drought). Les évolutions des consommations montrent une forte augmentation de la consommation des viandes blanches dans les régimes alimentaires dans la plupart des zones. L'offre montre une grande diversité entre les sept zones tant dans la composition et les effectifs des espèces animales et des produits que dans les importations. Les deux grandes sous-régions importatrices sont l'Afrique centrale et l'Afrique australe.

■ INTRODUCTION

Du bilan global des exportations, des importations, de la consommation et de l'offre en produits animaux de l'Afrique subsaharienne (Ass) exposée dans la partie I (14), il se dégage une participation limitée de cette grande région dans les échanges mondiaux et une satisfaction insuffisante des consommateurs en protéines d'origine animale. Cette réalité ne montre pas la grande diversité qui existe dans les effectifs des cheptels et les échanges selon les pays et les sous-régions. Pour affiner une approche par zones d'échanges et mieux préciser les voies de développement des productions animales, un zonage de l'Ass a été établi sur les bases suivantes :

- la demande, considérée comme déterminante pour le futur développement des filières. C'est ainsi qu'en général un pays est le pôle qui drainera la production disponible pour les exportations intra-zones (Côte d'Ivoire, Nigeria, Afrique du Sud) (2, 3, 6, 9, 13) ;

- l'homogénéité et la complémentarité des échanges de produits animaux (8, 10, 11, 12). La priorité a été donnée aux échanges intra-zones, les échanges inter-zones étant le plus souvent marginaux ;

- les unions politiques. Elles donnent une homogénéité commerciale à des sous-régions (Igad *, Sadc **).

Sur ces bases, et en prenant les mêmes méthodes (13, 14) et références statistiques (4, 5, 9) que pour la première partie, l'Afrique subsaharienne a été divisée en sept zones. Dans cette classification, la délimitation entre deux zones est quelquefois ambiguë car un courant commercial peut exister avec une autre zone (un pays pouvant exporter sur deux zones à la fois), mais nous avons préféré un certain arbitraire en définissant les zones à partir de pays (unité de base pour des raisons politiques et statistiques) plutôt que de couper certains pays en deux où aucune base statistique n'aurait pu venir étayer une description chiffrée des productions. De plus, les mesures à prendre ne peuvent, dans le cadre de cette étude, qu'être proposées à l'échelon de zones ou de pays.

1. Cirad-emvt, TA 30/B, Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France

2. E-mail : leon.letenneur@cirad.fr

* Intergovernmental Authority on Drought

** Southern African Development Community

■ DEFINITION DES GRANDES ZONES D'ÉCHANGE

Les sept grandes zones d'échange retenues, représentées à la figure 1, sont :

- la zone O (Ouest). Elle est composée de la Mauritanie, du Cap-Vert, du Sénégal, de la Gambie, de la Guinée-Bissau, de la Guinée, de la Sierra Leone et du Liberia. Cette zone se caractérise par peu d'échanges avec les autres zones (quelques courants entre le Mali et le Sénégal ou entre le Mali et la Guinée), par peu d'échanges entre les pays de la zone (hormis les ovins entre la Mauritanie et le Sénégal) ;

- la zone CO (Centre-Ouest). Elle comprend le Mali, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Ghana et le Togo. Elle se caractérise par le pôle d'attraction pour les produits animaux constitué par la Côte d'Ivoire et, à un moindre degré, par le Ghana, le Togo servant de tampon avec la zone CN située à l'Est ;

- la zone CN (Centre-Nord). Elle inclut le Niger, le Tchad, la République centrafricaine, le Cameroun, le Bénin, et le Nigeria. Le Nigeria, et accessoirement le Cameroun, sont les pôles d'attraction des produits animaux. Le Bénin sert de tampon avec la zone CO. Quelques rares courants peuvent provenir de la zone CO à partir du Mali et du Burkina Faso. Quelques courants peuvent aussi exister avec les pays d'Afrique du Nord par des exportations du Niger et du Tchad. La République centrafricaine (Rca) et le Cameroun ont été rattachés à cette zone car la majorité des échanges est drainée par le Nigeria bien que l'on puisse noter des courants moins importants du Cameroun vers le Gabon et de la Rca vers le Congo ;

- la zone E (Est). Elle comprend le Soudan, l'Éthiopie, l'Érythrée, Djibouti, la Somalie, le Kenya et l'Ouganda. Cette zone correspond aux pays de l'Igad. Elle se caractérise par peu d'échanges avec les autres zones, une vocation à exporter vers la péninsule Arabique et marginalement vers l'Égypte pour la zone Nord du Soudan, ou vers l'Union européenne (Kenya) ;

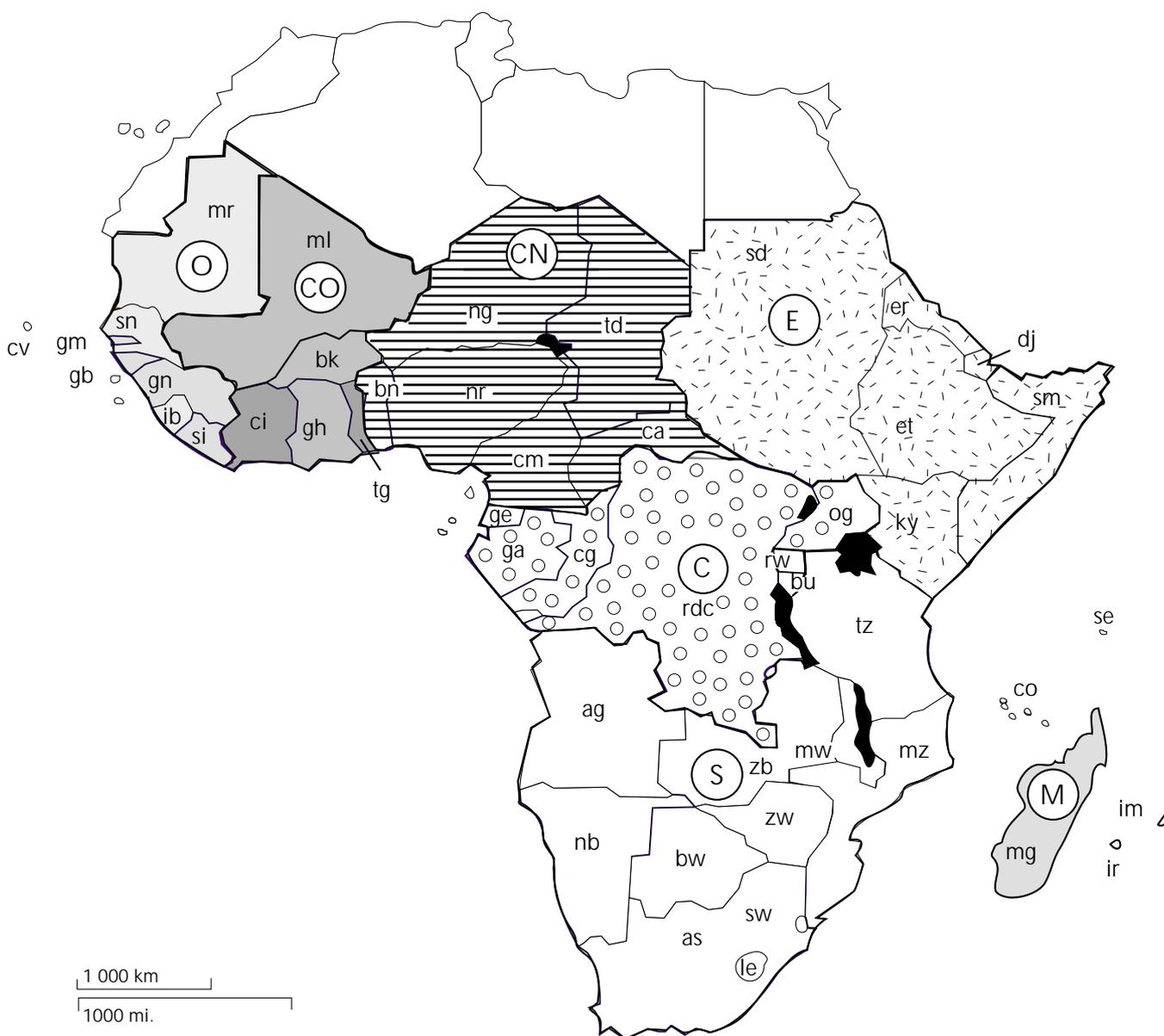


Figure 1 : zonage en sous-régions de l'Afrique subsaharienne en fonction des marchés, de l'homogénéité et de la complémentarité des échanges et en prenant en compte les unions politiques et économiques. O = zone Ouest, CO = zone Centre-Ouest, CN = zone Centre-Nord, E = zone Est, C = zone Centre, S = zone Sud, M = zone Madagascar (Tacher G., Letenneur L., 1997, Cirad-emvt, Montpellier, France, Bdpa-Scetagri, Paris, France).

- la zone C (Centre). Elle est constituée du Gabon, du Congo, de la Guinée équatoriale, de Sao Tomé et Príncipe, de la République démocratique du Congo, du Rwanda et du Burundi. Sainte-Hélène a été ajoutée pour tout inclure. Cette zone se caractérise par peu d'échanges avec les autres zones. Elle est tournée vers l'extérieur du continent africain pour son approvisionnement en produits animaux ;

- la zone S (Sud). Elle correspond aux pays de la Sadc et comprend l'Angola, la Zambie, la Tanzanie, le Mozambique, le Zimbabwe, le Malawi, le Botswana, la Namibie, le Swaziland, le Lesotho, l'Afrique du Sud et l'Ile Maurice. Cette zone a beaucoup de courants intérieurs et peu d'échanges avec le reste du continent. Elle a des quotas d'exportation vers l'Union européenne. L'Ile Maurice a été rattachée à cette zone plutôt qu'à la zone M car elle appartient politiquement à la Sadc et elle a des échanges avec cette communauté ;

- la zone M (Madagascar). Zone de l'océan Indien, elle comprend Madagascar, La Réunion, les Comores et les Seychelles. Les échanges ont pour vocation de rester dans cette zone et, en fonction du disponible, de s'ouvrir en dehors de la zone. L'Ile Maurice est la liaison avec la zone S.

■ ECHANGES GLOBAUX DE L'ASS PAR ZONE

Pour chaque zone, le calcul des soldes a été effectué à partir des importations et des exportations agrégées des pays qui les composent.

Echanges en valeur de marchandises en Ass

Le commerce des marchandises en Ass est relativement équilibré. Les importations s'élevaient en 1994 à 64,2 milliards de dollars américains courants et les exportations à 62,7 milliards et ont décuplé depuis 1964. Les zones S et CN réalisent respectivement 58 et 20 p. 100 des importations et 57 et 13 p. 100 des exportations. Les autres zones réalisent moins de 10 p. 100 du commerce subsaharien.

En Ass, le taux de couverture des importations par les exportations est de 103 p. 100 et varie dans le temps de 91 p. 100 en 1964 à 135 p. 100 en 1974. La couverture, de l'ordre de 100 p. 100 des importations, est le reflet de l'incapacité actuelle de ces nombreux pays à s'endetter plus et de l'obligation d'ajustement.

Les zones CN et C sont fortement exportatrices (taux de couverture de 160 p. 100), le solde des échanges des zones CO et S est équilibré et ceux des autres zones sont fortement déficitaires, en particulier la zone M qui importe cinq fois plus qu'elle n'exporte (figure 2).

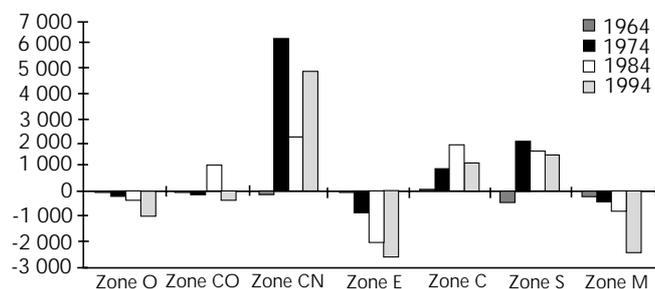


Figure 2 : soldes des échanges de marchandises en Ass (millions \$US). D'après la Fao 1995-1996.

Commerce des produits agricoles par zone : la zone S en réalise 40 p. 100

L'Ass est exportatrice nette de produits agricoles, mais le solde excédentaire de ces échanges est en forte diminution. Les exportations représentent 129 p. 100 des importations, mais ce ratio est en diminution très forte sur le long terme, de 328 p. 100 en 1964 à 241 p. 100 en 1974 et à 141 p. 100 en 1984.

La zone S réalise 42 p. 100 des exportations de l'Ass et les zones CO et E 20 p. 100. La zone S réalise 39 p. 100 des importations et les zones O, CN et E environ 13 p. 100 chacune (figure 3). Le commerce des produits agricoles de la zone CO est très fortement excédentaire (taux de couverture de 300 p. 100), celui des zones E et S est aussi excédentaire (198 et 139 p. 100) mais en nette diminution depuis 30 ans. Toutes les autres zones étaient excédentaires en 1964 et sont fortement déficitaires aujourd'hui.

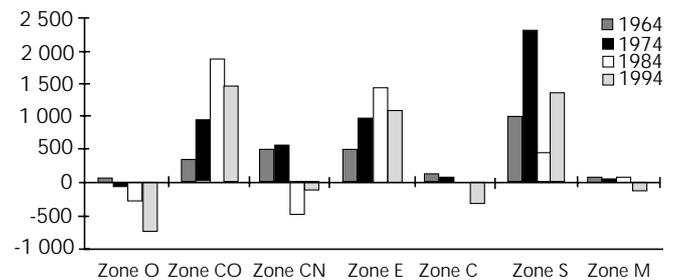


Figure 3 : soldes des échanges de produits agricoles en Ass (millions \$US). D'après la Fao 1995-1996.

■ ECHANGES DE PRODUITS ANIMAUX

L'Ass est importatrice nette de produits animaux pour 590 millions de dollars, les importations représentent 1,6 fois les exportations. Les exportations de viandes représentent 71 p. 100 des échanges de produits animaux et celles des cuirs et des peaux 15 p. 100, les autres exportations sont négligeables sauf en zone S (figure 4). Plus de 75 p. 100 des exportations de produits animaux des zones O, CO, CN, E et M sont des viandes et le reste des cuirs et des peaux. Les produits laitiers, les œufs et les laines ne représentent rien.

La zone S exporte 47 p. 100 des viandes de l'Ass (soit 59 p. 100 de ses exportations de produits animaux), 87 p. 100 des produits laitiers et la totalité des œufs et des laines.

Les importations des produits animaux de l'Ass sont constituées pour 68 p. 100 par des viandes et 30 p. 100 par des produits laitiers.

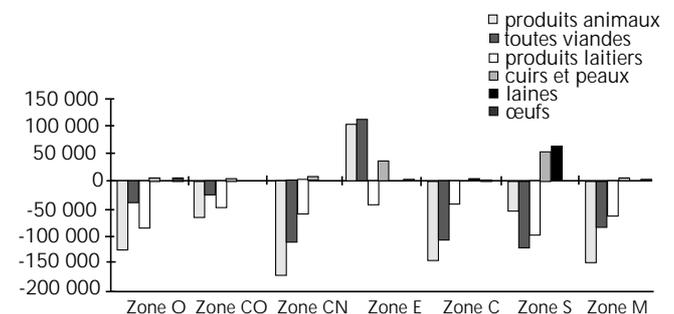


Figure 4 : soldes des échanges de produits animaux en Ass en 1994 (millions \$US). D'après la Fao 1995-1996.

On peut distinguer trois types de zones dans la composition des importations : les zones CO, CN, C et S qui importent en gros trois quarts de viande et un quart de lait de l'Afrique subsaharienne, les zones O et M qui importent autant de lait que de viande et la zone E qui est presque exclusivement importatrice de lait (figure 5).

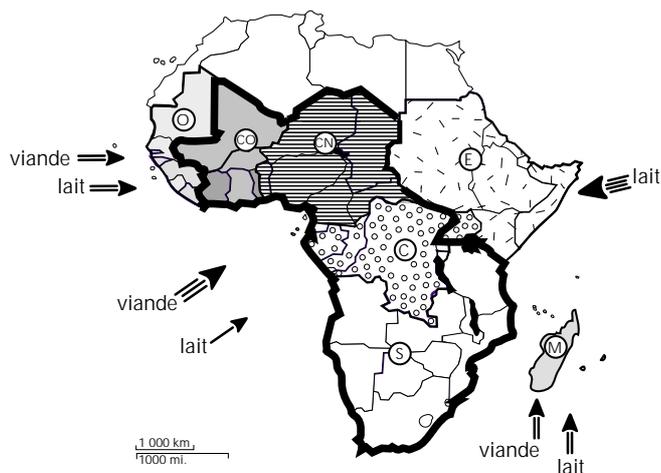


Figure 5 : importations des produits animaux dans les zones d'Ass.

En Ass, le solde commercial des laines et des cuirs est excédentaire de 207 millions de dollars et celui des viandes et des produits laitiers est déficitaire respectivement de 366 et 428 millions de dollars. Pour ce qui concerne les échanges de viandes, seule la zone E (Igad) connaît un excédent.

Les pourcentages des sept sous-régions pour les importations et exportations de l'Ass figurent dans le tableau I.

Le commerce des viandes est ici pris au sens le plus large. Il comprend le commerce des viandes, des préparations diverses et des animaux vivants qui sont soit abattus directement soit engraisés en *feed lot* avant abattage. Le solde des échanges de viandes de l'Ass se dégrade. Il est déficitaire de 366 millions de dollars après avoir été excédentaire pendant les années 1960-70. En 30 ans, les importations ont été multipliées par 6,5 et atteignent 1 064 millions de dollars en 1994, alors que les exportations n'ont été multipliées que par 2,5 pour atteindre 698 millions de dollars. Les exportations de bovins représentent 67 p. 100 et celles de petits ruminants 31 p. 100 des viandes. Les exportations de porcs, de volailles et d'autres espèces sont négligeables.

Les exportations des zones C et M sont quasi nulles et celles de la zone O négligeables. Les exportations de la zone S sont constituées à 85 p. 100 de bovins et à 12 p. 100 de petits ruminants. La zone S est aussi le principal exportateur de viande de porc (69 p. 100 de l'Ass), de viande de volaille et d'autres espèces (environ 90 p. 100). Les zones CN et CO (respectivement 16 et 14 p. 100 de l'Ass) sont surtout exportatrices de bovins (77 et

62 p. 100 de leurs exportations de viande) et de petits ruminants pour le solde. La zone E (16 p. 100 de l'Ass) est exportatrice de petits ruminants (88 p. 100).

La zone Igad n'importe pas de viande. Les importations de viandes bovines devancent celles des petits ruminants (sauf en zone O), des volailles et des porcs. En deuxième position, les zones CO, CN et S importent des petits ruminants, les zones M et E du porc et la zone C de la volaille. Les plus gros importateurs en valeur de viande de bovin sont les zones S avec 202 millions de dollars (202 M\$) et CN avec 172 M\$. Les plus gros importateurs de petits ruminants sont les zones S (115 M\$), CN (44 M\$) et O (39 M\$). Les plus gros importateurs de viande de volaille sont les zones S (88 M\$) et C (40 M\$). Les plus gros importateurs de viande de porc sont les zones S (43 M\$) et M (17 M\$).

La part de ces différentes viandes dans les importations a fortement évolué au cours des 30 dernières années (figure 6). Les importations de viande de bœuf diminuent assez fortement dans l'ensemble des zones au profit de la volaille, des petits ruminants et un peu du porc. Les autres espèces restent marginales. La part des importations de viande de petit ruminant a augmenté fortement en zones O, CN et S et a stagné ou régressé dans les autres zones. Les importations relatives de viande de volaille explosent dans les zones CO, C, S et M. La situation du porc est plus contrastée, son évolution lente est surtout le fait des zones M, dont les importations relatives diminuent, et S dont les importations ont tendance à augmenter.

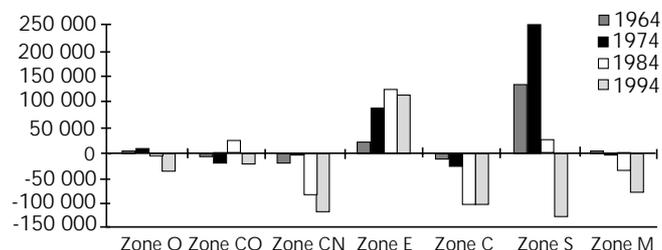


Figure 6 : évolution des soldes des échanges toutes viandes en Ass (1 000 \$US). D'après la Fao 1995-1996.

■ ECHANGES PAR PRODUCTION DES ZONES DE L'ASS

Viande bovine : échanges excédentaires pour l'Igad et l'Afrique australe

Le commerce de la viande bovine comprend les échanges d'animaux vivants, de viandes réfrigérées ou congelées, d'abats et de préparations (extraits, viandes en boîte). Les pourcentages des sept sous-régions pour les importations et exportations de viande bovine de l'Ass figurent dans le tableau II.

Tableau I

Importations et exportations toutes viandes par zones de l'Ass (% des valeurs totales de l'Ass)

	O	CO	CN	E	C	S	M
Importations	7	11	21	0	10	43	8
Exportations	6	14	16	16	0	47	1

Tableau II

Importations et exportations de viande bovine par zones de l'Ass (% des valeurs totales de l'Ass)

	O	CO	CN	E	C	S	M
Importations	6	14	29	0	9	35	7
Exportations	5	13	19	3	0	59	1

Globalement, l'Ass est importatrice nette de 120 millions de dollars de viande bovine en 1994 après avoir été exportatrice jusque dans les années 80. Les zones CO, CN et S sont à la fois les grandes zones exportatrices et importatrices. Les zones CO, CN et C sont historiquement déficitaires en viande bovine et leurs déficits, proportionnellement à l'ensemble de l'Ass, ont été multipliés par 3 ou 4 entre 1964 et 1994. Les zones O et M sont devenues déficitaires. L'Igad, malgré un troupeau important, est faiblement excédentaire et les exportations de la zone S ont diminué de 40 p. 100 en dollars courants en 30 ans (figure 7).

Les exportations des zones O, CO et CN sont constituées exclusivement de bovins vivants importés par les pays consommateurs de la côte à partir des pays éleveurs sahéliens. Les exportations de la zone S sont très différentes, constituées à 70 p. 100 de viandes et de préparations et à 29 p. 100 d'animaux vivants. L'appareil industriel mis aux normes internationales, bien dimensionné, permet une bonne valorisation de l'élevage des ranchs de la zone australe. Les exportations intra-zones de Namibie, du Zimbabwe et du Botswana en direction de l'Afrique du Sud sont réalisées aussi bien sous forme d'animaux maigres à engraisser que de viandes congelées. Les exportations hors Ass à partir des pays cités précédemment et de l'Afrique du Sud sont réalisées sous forme de viandes souvent découpées et de préparations.

Les importations des zones CO et CN sont réalisées en vif (respectivement 75 et 97 p. 100 du bœuf importé) à partir des pays sahéliens. La zone O importe aussi 61 p. 100 de bovins vivants mais elle importe le solde en viandes et en préparations. A l'opposé, 99 p. 100 des importations des zones C et M sont des viandes, des abats et des préparations. Le commerce des bovins en zone S est équilibré comme nous l'avons vu précédemment.

Le solde de ces échanges permet de déduire de l'agrégation des importations et des exportations les échanges de chaque zone et de l'Ass avec l'extérieur. Les zones CO, C et M sont importatrices nettes de viandes et d'abats à partir de l'extérieur (Europe, Usa...) et d'Afrique australe (pour la zone M). La zone O est de plus en plus importatrice de viande et d'abats de bœuf et elle est traditionnellement exportatrice de bovins vivants, en particulier en direction de la zone CN. La zone E échange peu, après avoir été historiquement exportatrice de viande et d'animaux vivants. La zone S reste exportatrice nette pour environ 90 millions de dollars de produits à haute valeur ajoutée et importatrice pour 15 millions de dollars d'abats et de bovins vivants après avoir été historiquement exportatrice de tous les produits bovins jusque dans les années 80.

Aujourd'hui, l'Ass est donc importatrice nette de 73 millions de dollars d'animaux vivants et de 47 millions de dollars de viandes (répartis de manière à peu près égale : 15 millions de viandes, 19 millions d'abats et 14 millions de préparations de viandes). Bien qu'exportatrice nette de 55 000 bovins vivants, l'Ass est défi-

citaine en valeur par suite d'une comptabilisation en Fob (*free on board*) pour les exportations à 432 dollars par bovin et en Caf (coût assurance fret) pour les importations à 315 dollars par bovin, soit une différence de 27 p. 100.

Petits ruminants : Igad, premier exportateur de l'Ass

En Ass, le commerce des petits ruminants représentait, en 1994, environ 220 millions de dollars et le solde était faiblement déficitaire (6 millions). Historiquement, l'Ass a été largement excédentaire (95 millions de dollars en 1984).

Les grandes zones d'exportation sont l'Igad (46 p. 100 en valeur) et les zones CO (17 p. 100) et S (17 p. 100). Les grandes zones importatrices sont les zones O (17 p. 100 en valeur), CN (20 p. 100) et S (51 p. 100). Au total, l'Igad est très excédentaire (100 millions), la zone S très déficitaire (77 millions), la zone CO excédentaire (15 millions), ainsi que les zones O et CN (respectivement 20 et 18 millions de dollars).

Les exportations sont généralement réalisées en vif (97 p. 100) sauf dans la zone M qui reste très marginale. Par contre, 63 p. 100 des petits ruminants sont importés vivants et 37 p. 100 sous forme de viande à partir de pays à l'extérieur de l'Afrique (Nouvelle-Zélande, etc.).

Les zones importatrices d'animaux vifs sont les zones O, CO, CN et S. Cette dernière réalise la quasi-totalité des importations de viande d'ovins et de caprins (figure 8). Depuis 1964, l'Ass est globalement exportatrice vers l'Afrique du Nord et la péninsule Arabique de petits ruminants vivants (70 M\$ en 1994) et de plus en plus importatrice de viande (76 M\$ en 1994). L'Igad est exportateur net de petits ruminants vivants et la zone S importatrice nette de viande. La zone CO exporte vers les autres zones (surtout O et CN) des animaux vivants (17 M\$) et les zones O et CN sont importatrices d'animaux vivants (respectivement 20 et 18 M\$).

Echanges de viande de porc : marché d'importation à 95 p. 100

Le solde de l'Ass était déficitaire en viande de porc de 77 millions de dollars en 1994 et ce déficit s'est amplifié depuis 30 ans. Les plus gros importateurs sont les zones S (52 p. 100 en valeur) et CN (28 p. 100). Depuis 1964, toutes les zones de l'Ass sont déficitaires ou très faiblement excédentaires et s'approvisionnent sur les marchés en dehors de l'Afrique. Les zones O, CO et CN importent cependant de moins en moins de porc. Leur participation au déficit de l'Ass s'est ainsi divisée respectivement par 6, 7 et 14 en 30 ans. Les exportations de l'Ass sont négligeables (4 M\$) et proviennent des zones S (70 p. 100 en valeur) et E (29 p. 100) autant sous forme de viande que de préparations (bacon, jambon, viande séchée et saucisses).

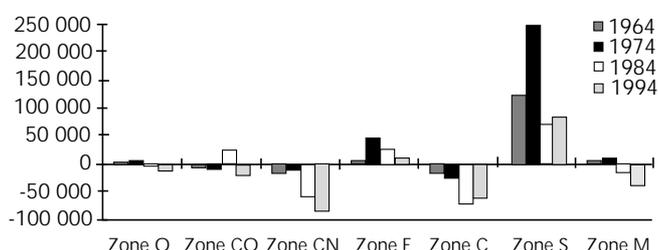


Figure 7 : évolution des soldes des échanges toute viande bovine en Ass (1 000 \$US). D'après la FaO 1995-1996.

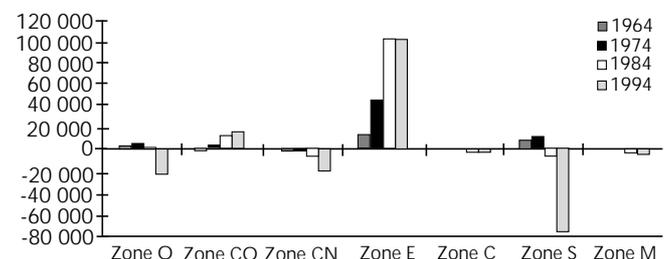


Figure 8 : évolution des soldes des échanges toute viande de petit ruminant en Ass (1 000 \$US). D'après la FaO 1995-1996.

Les importations de 81 millions de dollars sont réalisées principalement par les zones C, S et M. Les importations des zones S et M sont en forte augmentation (figure 9). La composition des importations est variable. Les zones faiblement importatrices, O, CO, CN et E, achètent surtout des préparations à base de porc, les zones C et M importent plutôt de la viande et la zone S importe 39 p. 100 de viandes, 55 p. 100 de préparations et 6 p. 100 de porcs vivants. Depuis 1964, la part relative de la viande dans les importations de porc a triplé au détriment du commerce en vif et des préparations.

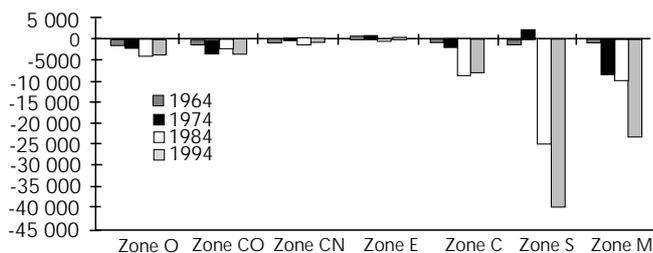


Figure 9 : évolution des soldes des échanges toute viande de porc en Ass (1 000 \$US). D'après la Fao 1995-1996.

Viande de volaille : marché d'importation

Ce commerce est difficile à estimer sauf, peut-être, en ce qui concerne les importations d'origine européenne ou américaine. Les volailles produites en Afrique sont très peu exportées. La zone S est seule exportatrice de quantités infimes (4 M\$). Toutes les zones achètent de la volaille hors Ass pour un montant global de 164 millions de dollars. Les zones C (23 p. 100 en valeur) et S (53 p. 100) sont les principales importatrices (figure 10). Ce marché s'est multiplié par 110 en 30 ans, en dollars courants, et consiste principalement à acheter les résidus de découpe des industries occidentales (ailerons, croupions, poules de réforme...).

Lait et produits laitiers

Toutes les zones de l'Ass sont structurellement déficitaires en produits laitiers et le déficit global s'élève à 428 millions de dollars. Les exportations (46 M\$) ne représentent pas 10 p. 100 des importations. Aujourd'hui, la zone S réalise 87 p. 100 de ces ventes et l'Igad seulement 11 p. 100, alors que cette dernière était la principale zone de vente de produits laitiers de l'Ass jusqu'à la fin des années 70 (figure 11). Les exportations de lait (frais, en poudre, concentré ou petit-lait concentré) équivalent à 88 p. 100 du total, celles de beurre et de fromage respectivement à 8 et 4 p. 100. En 1964, les exportations de beurre et d'huile de beurre (ghee) constituaient l'essentiel (60 p. 100) des ventes de l'Ass, mais la situation s'est rapidement inversée.

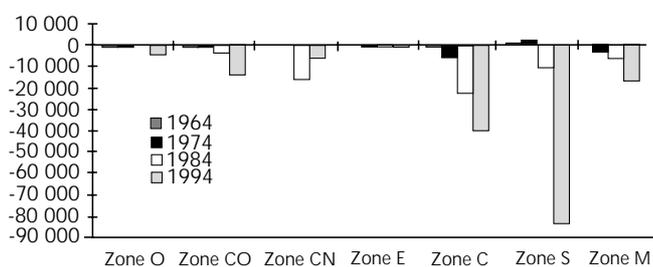


Figure 10 : évolution des soldes des échanges toute viande de volaille en Ass (1 000 \$US). D'après la Fao 1995-1996.

Les importations de l'Ass s'élèvent à 474 millions de dollars et sont à 90 p. 100 d'origine extérieure à l'Afrique. Toutes les zones importent de fortes quantités de lait. En valeurs, les proportions des importations sont de 29 p. 100 pour la zone S, 17 p. 100 pour la zone O, 14 p. 100 pour la zone CN, 13 p. 100 pour la zone M, 10 p. 100 pour les zones CO et E et 7 p. 100 pour la zone C. Les laits représentent 80 p. 100 de la valeur des importations en produits laitiers soit 377 millions de dollars pour l'année 1994, et les beurres et les fromages représentent respectivement 9 et 11 p. 100. Depuis 1964, la part relative du lait dans les importations a augmenté de 14 p. 100 au détriment de celle du beurre, alors que celle des fromages est restée stable. La zone M fait exception car ses importations de beurre et de fromage représentent la majeure partie (respectivement 38 et 16 p. 100) des produits laitiers achetés.

Les œufs

La seule région exportatrice de l'Ass est la zone S dont les ventes agrégées s'élèvent à 9,5 millions de dollars. Les importations globales se montent à 12,3 millions de dollars dont 40 p. 100 pour la zone S. La zone S a un solde excédentaire de 4,6 millions de dollars et toutes les autres zones sont déficitaires, en particulier la zone O avec un déficit de 3,4 millions de dollars et les zones C, E et M avec environ 1 million de dollars. En Ass, le commerce des œufs est généralement réalisé en coquille, seule la zone S exporte 14 p. 100 de ses œufs (1,35 M\$) sous forme liquide ou en poudre.

Echanges de laine : marché d'exportation de l'Afrique australe

Les exportations de laine représentent 8 p. 100 des exportations de l'Ass dont une grande partie est sous forme de devises. Les secteurs de la laine, des cuirs et des peaux sont les seuls secteurs excédentaires des produits animaux en Ass. L'exportation nette de laine a rapporté 62 millions de dollars en 1994. L'Afrique australe réalise la totalité du commerce de l'Ass avec 80,1 millions de dollars d'exportations et 18 millions de dollars d'importations. Cet excédent commercial est réalisé à l'extérieur du continent. La chute des prix internationaux de la laine a pratiquement induit la faillite de l'économie lainière et la disparition de l'élevage du mouton Karakul.

Echanges des cuirs et des peaux : marché d'exportation de toutes les zones de l'Ass

Bien que souvent exportés sous forme de produits bruts ou semi-finis, les cuirs et les peaux représentent 147,5 millions de dollars, soit 15 p. 100 des exportations de l'Ass. La zone S exporte pour 99 millions de dollars de cuirs et de peaux (67 p. 100 des ventes) et l'Igad 33 millions (23 p. 100). Les ventes des autres zones sont marginales. Quelques importations (2,5 M\$) sont réalisées principalement dans la zone S. Les cuirs et les peaux vendus en grande

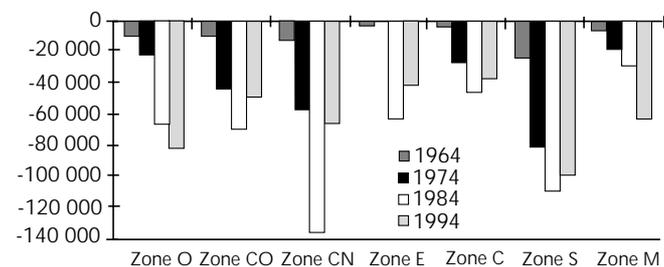


Figure 11 : évolution des soldes des échanges de produits laitiers en Ass (1 000 \$US). D'après la Fao 1995-1996.

partie à l'extérieur de l'Ass représentent ainsi un revenu de 145 millions de dollars. Ce solde positif compense presque les importations nettes de volailles (164 M\$) ou le double des importations de porc (77 M\$) ou encore les importations nettes de bœuf.

■ CONSOMMATION SELON LES ZONES

L'analyse par zone des consommations de viande seules permet de distinguer trois modèles de consommation (figure 12) :

- un type de consommation basée sur la viande de bœuf ; les populations des zones E, S et M consomment 43 p. 100 de viande bovine pour la première et 47 p. 100 pour les deux autres zones. De façon plus précise, la consommation est essentiellement centrée sur le bœuf et les petits ruminants en zone E, et sur le bœuf et les volailles en zones S et M ;

- un type de consommation équilibré observé dans les zones C, CO et CN avec une alimentation en viande variée. La consommation de viande de porc reste cependant faible en zone O et CO (inférieure à 10 p. 100) ;

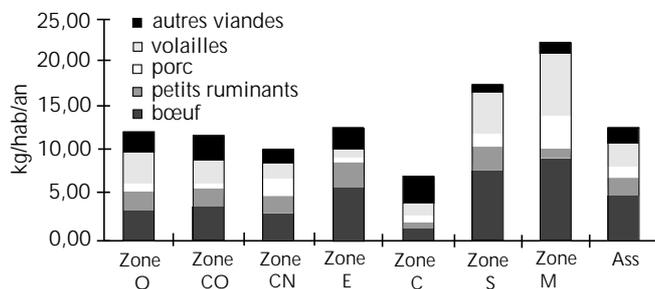


Figure 12 : quantité de viandes consommées par zone (kg/hab/an).

- un type gibier en zone C où il constitue la principale source de viande dans cette région de savanes et de forêt.

Si l'ensemble des produits d'origine animale est considéré, il se dégage quatre modèles de consommation :

- un type équilibré dans les zones CN, S et M, en particulier dans la zone CN. Dans les zones S et M, les divers produits sont en premier les viandes rouges, puis le lait et les volailles, enfin le poisson ;

- un type « poisson-viande » dans les zones côtières O et CO, dans lequel le poisson contribue pour 36 p. 100 aux apports protéiques, soit plus que toute espèce animale élevée ;

- un type « poisson-gibier » en zone C où la viande provient principalement de prélèvements dans le milieu naturel (1) ;

- un type lait en zone E où le lait est la première source protéique.

Au-delà de ces types, les chiffres montrent également dans le tableau III des niveaux de consommation très variables selon les zones. Il met en évidence une hétérogénéité régionale considérable dans la consommation journalière des protéines, allant de 4,2 à 13,8 g par habitant, autour d'un modèle agrégé représentant l'Afrique subsaharienne, avec une moyenne de 9,2 g. Si l'on désagrège davantage, les disparités dans la consommation deviennent encore plus grandes, d'abord entre pays, puis entre zones rurales et urbaines et en fonction des revenus.

Les disparités sont également grandes entre les différents modèles de consommation des protéines animales comme l'ont montré les types ci-dessus. Dans la zone des pays de l'Igad (zone E), la consommation de produits laitiers est dominante et atteint 7,2 g/hab/j. Elle est négligeable dans la zone C avec 0,4 g/hab/j. La proportion de protéines de viande bovine ne varie que du simple au double selon les zones. Il en est de même pour la viande de petits ruminants (à l'exception de Madagascar). Enfin dans la zone C, dominée par la République démocratique du Congo, le gibier représente 37 p. 100 des protéines animales consommées (1) alors que dans la zone M, dominée par Madagascar, la consommation n'est que de 2 p. 100 des protéines animales de la ration.

Tableau III

Consommation en protéines animales pour chaque zone dans les sept sous-régions : selon leur nature en pourcentages de la consommation totale, selon la consommation totale en tonnes par jour et selon la consommation journalière en grammes par habitant

Produits	E	M	S	O	CO	CN	C	Ass	Variabilité *
Bovins	22	31	33	16	24	23	19	21	2 : très faible
Petits ruminants	10	2	9	11	13	14	5	10	2,8 : faible (hors M)
Porcs	1	14	6	5	6	15	13	6	15 : très forte
Volailles	5	22	18	17	15	13	17	13	4,4 : forte
Gibiers	7	2	3	8	18	9	37	8	peu significative
Abats/conserves	0	2	1	1	1	0	0	5	non significative
Laits	52	24	24	34	19	12	9	32	5,8 : forte
Œufs	2	3	6	6	4	13	1	5	13 : très forte
Protéines consommées (tonnes/jour)	1 952	203	1 470	227	380	850	254	5 336	
Consommation (g/hab/j)	13,8	13	11	8,5	7	5,9	4,2	9,2	

* Rapport de la zone de consommation maximale à la zone de consommation minimale

L'analyse des évolutions des consommations par habitant (kg/an) de 1964 à 1994 est rapportée dans le tableau IV.

Ces chiffres montrent une baisse importante et relativement homogène des consommations de viandes rouges, à l'exception des zones CO et CN où la baisse de consommation est moindre. Il en est de même pour le lait avec une plus grande disparité selon les zones. Seules les zones E, forte consommatrice de lait, et C, à l'opposé très peu consommatrice, ont peu modifié les quantités consommées. En revanche, une forte augmentation des viandes blanches est observée dans toutes les sous-régions, avec des quantités consommées qui ont doublé et même triplé dans les zones O et CN et qui ont atteint des quantités voisines de celles des viandes rouges en zones O et M. On assiste donc à une modification importante des modes de consommation dans la plupart des zones. La consommation d'œufs a été multipliée par 1,5-2,4 entre 1964 et 1994 dans quatre zones avec des consommations comprises entre 1,2 et 3,2 kg, à l'exception des zones E (- 14 p. 100), C (très faible consommation : 0,3 kg) et M (pas de variations).

■ L'OFFRE

L'offre est également très variable selon les zones. Les effectifs des différentes espèces animales sont fort différents d'une zone à l'autre comme le montrent les données du tableau V. Les densités humaines sont dans une fourchette limitée (variation de 1 à 2 entre les extrêmes), mais les unités de bétail tropical (Ubt) et les volailles rapportées par habitant sont beaucoup plus variables. Ces données reflètent les tendances rapportées dans les consommations.

En ce qui concerne la production de viande bovine, malgré des effectifs importants, la faiblesse de la productivité des troupeaux est une caractéristique majeure de ce secteur et se situe autour de 15,75 kg/animal/an pour toutes les zones. Elle est cependant réalisée avec très peu d'intrants ce qui assure une certaine compétitivité dans les prix. Les productions des troupeaux de petits ruminants sont également faibles avec une productivité pondérale de 3,66 kg/animal/an. Cette production augmente de 1,9 p. 100 par an avec de très fortes variations entre les zones : taux de croissance

Tableau IV

Evolution des consommations des principaux groupes de produits d'origine animale dans les sept régions de l'Ass (kg/hab/an)

Zone	Viandes rouges			Viandes blanches			Lait		
	1964	1994	%	1964	1994	%	1964	1994	%
O	7,32	5,4	- 26,2	1,6	4,78	+ 199	33,95	29,33	- 13,6
CO	6,48	5,84	- 10,2	1,82	3,2	+ 75	20,01	13,36	- 33,2
CN	5,12	5,09	- 0,6	1,33	3,81	+ 186	11,62	9,52	- 18,1
E	13,66	8,81	- 35,5	1,4	1,73	+ 23	74,07	71,53	- 3,4
C	2,36	1,83	- 22,5	1,3	2,33	+ 79	3,78	3,76	- 0,5
S	14,78	10,51	- 28,9	3,04	6,14	+ 102	64,29	35,59	- 44,6
M	16,25	10,21	- 37,2	7,73	10,86	+ 40	54,08	37,23	- 31,2

Tableau V

Effectifs des cheptels par zone, population humaine et quelques indicateurs par rapport au disponible par habitant

	O	CO	CN	E	C	S	M	Total
Cheptel (x 1 000)								
Bovins	6 969	12 962	31 733	75 330	2 466	45 226	10 366	185 076
Ovins	11 247	16 596	24 714	66 840	1 999	38 371	757	160 532
Caprins	8 326	20 837	39 534	57 757	6 485	26 810	1 465	161 061
Porcs	1 361	2 462	9 461	1 041	1 591	3 735	1 658	21 279
Volailles	69 000	87 000	189 000	144 000	45 000	159 000	32 000	716 000
Population humaine (x 1 000)	26 674	55 243	144 849	141 841	60 832	135 518	15 648	580 605
Superficie (x 1 000 km ²)	1 760	2 133	4 683	5 207	3 038	6 891	592	
Densité	15,2	25,9	30,9	27,2	20	19,7	26,4	
Ubt/hab	0,32	0,44	0,24	0,56	0,05	0,34	0,55	
Volaille/hab	2,59	1,57	1,30	1,02	0,74	1,17	2,05	

allant de 1,1 p. 100 en zones E et S, à 4,9 p. 100 en zone CN. Les effectifs de porcs ont connu une croissance de 4,2 p. 100 sur l'ensemble des zones. La production de volailles est le secteur qui a enregistré la plus forte croissance annuelle depuis 30 ans, avec 5,2 p. 100 par an, allant de 3 p. 100 en zone E à 7,4 p. 100 en zone S. La production de lait a été limitée à 2 p. 100 par an avec de faibles variations selon les zones. La faiblesse de la productivité du cheptel est encore plus nette que pour la viande.

A côté de ces productions doivent s'ajouter les importations. Pour les bovins sur pied, seule la zone CN est importatrice nette s'approvisionnant dans la zone CO, seule zone réellement exportatrice. Toutefois, ces échanges restent limités. Il en est de même pour les petits ruminants pour lesquels la zone CN a un solde très déficitaire. Toutes les sous-régions sont importatrices en viandes, à l'exception de la zone E. Les zones C et S importent le plus en 1994 avec respectivement 86 000 et 239 000 tonnes, soit 80 p. 100 des importations de l'Ass en viandes. Ce sont principalement les viandes de bovin et de volaille qui sont importées, avec un véritable bond pour ces dernières depuis 15 ans qui atteignent 150 000 tonnes équivalent carcasse (tec) en 1994, en majorité dans les zones E et S. Toutes les zones importent massivement tous les produits laitiers, à l'exception là encore de la zone E. Dans les zones C et S, les importations représentent près de 50 p. 100 de la production, dans les zones CO et M environ 20 p. 100 et dans la zone CN 13 p. 100. La poudre de lait représente 69 p. 100 des importations de produits laitiers de l'Ass avec 855 000 tonnes équivalent lait. Ces importations ne compensent pas les quantités nécessaires pour assurer un apport constant en protéines animales aux populations des différentes sous-régions identifiées dont la consommation diminue d'année en année.

■ CONCLUSION

Ce zonage de l'Ass en sous-régions donne des résultats cohérents avec des entités géographiques homogènes de productions et d'échanges de produits animaux à l'intérieur de chaque zone. Ce bilan des échanges montre également une grande diversité des sept zones définies dans les productions, les parts des marchés et les quantités de protéines animales consommées. Ces disparités sont également importantes dans les types de consommation.

Les marchés sont dominés par les échanges en viande bovine et en lait. Toutefois, les viandes blanches, en particulier les viandes de volaille, prennent une part de plus en plus importante dans les productions animales et les importations. On observe, par ailleurs, la part prépondérante de l'Afrique australe (zone S) dans les échanges.

Au-delà des productions traditionnelles obtenues en conduite extensive des troupeaux, des productions selon des modes de conduite intensive se développent en particulier pour les monogastriques et, dans une moindre mesure à ce jour, pour le lait. Cette évolution tient en grande partie à l'urbanisation qui engendre une forte pression sur l'offre.

S'il y a quelques traits communs pour le développement des productions animales en Ass, cette grande diversité amène à proposer des voies différentes selon les sous-régions. Ce sera l'objet de la troisième partie de cette étude qui contribuera à identifier les voies les mieux adaptées pour satisfaire les demandes dans les sept sous-régions de l'Ass.

BIBLIOGRAPHIE

1. CHARDONNET PH. Ed., 1995. Faune sauvage africaine : la ressource oubliée, tomes I et II. Luxembourg, Bruxelles, Belgique, Ceca/CE/Ceea, 416 p., 288 p.
2. CFCE, 1991. Le marché des produits laitiers de base dans 58 pays : beurre, *butter-oil*, poudres de lait entier et écrémé destinés à l'alimentation humaine, laits concentrés sucré et non sucré. Tome 2 : l'Afrique noire, l'Afrique australe et le Maghreb. Paris, France, Cfce, 212 p., n.d.
3. FAO, 1981. Agriculture : horizon 2000. Rome, Italie, Fao, 178 p. (Etudes de développement économique et social, n° 23)
4. FAO, 1995. Annuaire du commerce 1994. Rome, Italie, Fao, 385 p. (vol. 48)
5. FAO, 1996. Annuaire de la production 1995. Rome, Italie, Fao, 235 p. (vol. 49)
6. FAO, 1996. Le marché mondial de la viande : situations et perspectives 1995. Rome, Italie, Fao, n. p.
7. FAO, 1996. Rapport de la 16^e session du Groupe inter-gouvernemental sur la viande, Bologne, Italie, 8-10 mai 1996. Rome, Italie, Fao, 13 p.
8. FAO, 1996. Southern African Meat Board. Livestock and meat trade in the Southern African development community. Rome, Italy, FAO, 60 p. + annexes.
9. FAOSTAT. Statistics database. Sur serveur web de la Fao. Adresse Url : <http://www.fao.org> (consulté le 23 septembre 1997).
10. LACROUTS M., 1969. Problème de la commercialisation du bétail en Afrique. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **22** : 127-144.
11. SARNIGUET J., 1990. Effets des importations de viandes du marché mondial sur les échanges de la région Afrique de l'Ouest et centrale 1970/1987. Paris, France, Solagral (Réseau stratégies alimentaires), n.p. (Documents du groupe « Elevage »).
12. SOLAGRAL, 1994. Bétail et viandes en Afrique de l'Ouest et du Centre : enjeux et perspectives. Paris, France, Solagral (Réseau stratégies alimentaires), 7 fiches.
13. TACHER G., LETENNEUR L., 1997. Étude sur la compétitivité des filières de productions animales en Afrique subsaharienne et à Madagascar. Phase 1 : rapport de synthèse. Cirad-emvt, Montpellier, France, Bdpa-Scetagri, Paris, France, 142 p.
14. TACHER G., LETENNEUR L., 1999. Le secteur des productions animales en Afrique subsaharienne des indépendances à 2020. I. Place de l'Afrique subsaharienne dans les échanges mondiaux et évolution du secteur élevage. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **52** : 279-290.

Reçu le 15.9.98, accepté le 21.12.99

ERRATUM

Dans la partie I de ce projet (*Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1999, **52** (3-4) : 279-290), page 288 tableau IX, lire : * en 1 000 tonnes équivalent carcasse.

Summary

Tacher G., Letenneur L. Livestock sector in sub-Saharan Africa, from the Independences to 2020. II. Exchanges approached by subregional zones

Sub-Saharan Africa was zoned into seven subregions (West, Center-West, Center-North, East, Center, South, and Madagascar) in order to specify its great exchange and consumption diversity. Zoning was based on the demand for animal products, the homogeneity and complementariness of exchanges, and political alliances. Imports and exports mainly concern meat with a wide diversity depending on the zone: surplus balance in the Eastern zone, deficit balance in Central Africa. With regard to milk products, all the identified subregions are in deficit. The global deficit amounted to 428 million dollars in 1994. Leathers and hides represent 15% of the exports, of which 67% originate from Austral Africa. They represent a positive balance and compensate for the import/export balance of poultry. When examined by subregions, there are several types of consumption and there is a wide variety in the amounts of animal proteins consumed daily per inhabitant: from 4.2 g in the central zone to 13.8 g in the IGAD (Intergovernmental Authority on Drought) zone. The consumption evolution shows a high increase in white meat (poultry, pork) consumption in the diets in most zones. Depending on the zone, supply varies greatly with regard to the composition and number of animal species, the products and imports as well. The two large importing subregions are Central and Austral Africa.

Key words: Animal production - Feed consumption - Import - Export - Zoning - Animal protein - Supply - Africa south of Sahara.

Resumen

Tacher G., Letenneur L. El sector de las producciones animales en Africa subsahariana desde las independencias hasta el 2020. II. Enfoque de los intercambios por zonas sub regionales

Para definir la gran diversidad de los intercambios y de los consumos en el interior de Africa subsahariana, se llevó a cabo una categorización de las zonas en siete sub regiones (Oeste, Centro-Oeste, Centro-Norte, Este, Centro, Sur, Madagascar), basada en la demanda de productos animales, en la homogeneidad y la complementariedad de los intercambios, así como tomando en consideración las uniones políticas. Las importaciones y exportaciones corresponden en su mayoría a las carnes, con una gran diversidad según las zonas: saldo excedente para la zona oriental, saldo deficitario en Africa central. Todas las sub regiones identificadas fueron deficitarias en productos lácteos, con un déficit global de 428 millones de dólares americanos en 1994. Los cueros y las pieles representan 15% de las exportaciones, 67% de éstas son realizadas en Africa austral. Estas representan un saldo positivo y compensan las importaciones netas de aves. Los consumos examinados por sub región muestran varios tipos de consumo y una gran diversidad en las cantidades de proteínas animales consumidas por día y por habitante, yendo de 4,2 g en la zona central a 13,8 g en la zona de Igad (Autoridad intergubernamental en Sequías). La evolución de los consumos muestra un fuerte aumento del consumo de carnes blancas en los regímenes alimenticios en la mayoría de las zonas. La oferta muestra una gran diversidad entre las siete zonas, tanto en la composición, efectivos de las especies animales y en los productos, como en las importaciones. Las dos grandes sub regiones importadoras son Africa central y Africa austral.

Palabras clave: Producción animal - Consumo de piensos - Importación - Exportación - Zonificación - Proteínas de origen animal - Oferta - Africa al sur del Sahara.

De l'analyse des pratiques à la construction d'un modèle d'évolution des systèmes d'élevage : application à la région Nordeste du Brésil

P. Caron ¹ B. Hubert ²

Mots-clés

Méthode d'élevage - Modèle - Analyse de système - Conduite d'élevage - Nordeste - Brésil.

Résumé

Dans cet article est décrite une démarche méthodologique visant à comprendre l'évolution régionale de systèmes d'élevage à partir de l'analyse des pratiques des éleveurs. Après avoir présenté le cadre conceptuel dans la première partie, la méthodologie utilisée pour mettre en œuvre une telle démarche est décrite dans la seconde partie. Elle est illustrée, dans la troisième partie, par une étude de cas portant sur l'analyse des pratiques d'un éleveur de la région Nordeste du Brésil. Enfin, les auteurs ont développé leur démarche en proposant et discutant un modèle d'évolution des systèmes d'élevage dans cette région, construit à partir de l'analyse comparative des pratiques et des stratégies des éleveurs. L'identification et l'interprétation du changement ont requis l'analyse explicite de processus aussi bien locaux que globaux et l'intégration de différents pas de temps. Pour ce faire, une attention particulière a été accordée aux pratiques territoriales des systèmes d'élevage pour rendre compte de l'empreinte de l'espace et permettre l'intégration, dans l'analyse, d'échelles spatiales qui avaient un sens au regard du changement. A partir de l'analyse des pratiques, l'identification des modalités et des facteurs d'évolution des activités d'élevage a reposé sur un travail de modélisation dont les résultats sont discutés.

■ INTRODUCTION

L'objectif de cette étude a été d'analyser les évolutions des activités d'élevage à l'échelle d'une région de vastes dimensions, qu'elle corresponde à une réalité administrative ou agro-écologique, en intégrant les dimensions techniques, économiques, sociales et spatiales qui interviennent dans les processus décisionnels. Pour identifier et interpréter le changement, les auteurs se sont intéressés à la manière dont les éleveurs géraient leur exploitation au sein d'une petite région et d'un environnement local à chaque fois particuliers. Ils ont cherché à rendre intelligibles les activités d'élevage et la façon dont elles étaient menées et se transformaient, du fait de l'adaptation par l'éleveur de ses projets aux évolutions de la situation dans laquelle il agissait.

La recherche a été mise en œuvre dans la zone semi-aride de la région Nordeste du Brésil (figure 1). Les activités d'élevage y sont prédominantes, à l'exception de celles liées au développement local de l'irrigation. En considérant le troupeau comme le niveau pertinent de la gestion technique d'un éleveur, la recherche a été centrée sur les pratiques de constitution et de conduite des troupeaux.

Comme l'affirment Bonnal et coll. (1) dans la région centrale du Brésil, l'animal est essentiellement une fraction de patrimoine biologiquement reproductible au début de l'existence de l'exploitation, puis il devient un facteur de production de plus en plus spécialisé. Le troupeau joue en fait plusieurs fonctions simultanément. Il est épargne de précaution, essentielle en univers risqué et en contexte d'inflation et de refuge en économie de biens réels. C'est un capital productif et un produit tout à la fois. La structure du troupeau représente un indicateur de la nature et de l'importance accordée à chacune de ces fonctions. Dans cette étude, ce n'est pas seulement la pluralité des fonctions qui a compté, mais aussi la façon dont celles-ci sont combinées de manière spécifique à tout moment, lors d'un cycle de vie ou d'un exercice annuel, ainsi que la façon dont l'exploitant privilégie telle ou telle fonction selon les

1. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, département Territoires, environnement et acteurs (Cirad-tera), TA 60/15, 34398 Montpellier Cedex 5

2. Institut national de la recherche agronomique, département Systèmes agraires et développement (Inra/sad), 147, rue de l'Université, 75338 Paris Cedex 07

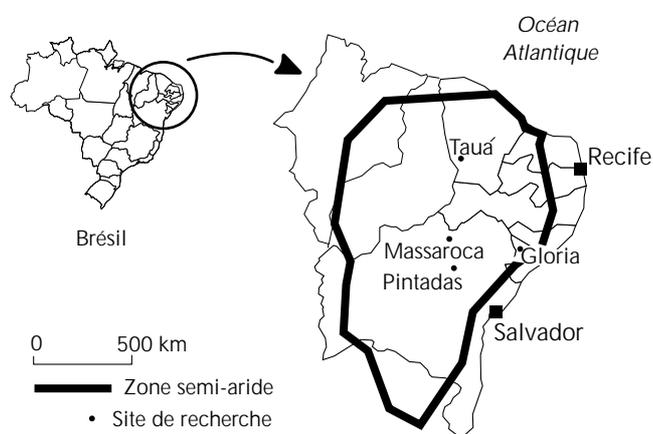


Figure 1 : les neuf États du Nordeste du Brésil et les sites de recherche.

conditions du moment. Les auteurs proposent de montrer en quoi cette plasticité est fondamentale, en procurant la flexibilité nécessaire à toute trajectoire sociale et en faisant de l'élevage le support conceptuel et matériel de stratégies évolutives complexes.

Le cadre de recherche conceptuel et méthodologique est d'abord présenté, illustré par une étude de cas portant sur l'analyse des pratiques d'un éleveur du Nordeste. Un modèle régional d'évolution des systèmes d'élevage, construit à partir de l'analyse comparative des pratiques et des stratégies des éleveurs pour la zone semi-aride du Nordeste du Brésil, est ensuite élaboré afin de relier ces évolutions individuelles à leur contexte collectif.

■ CADRE CONCEPTUEL POUR L'ELABORATION D'UN MODELE D'EVOLUTION DES SYSTEMES D'ELEVAGE

Défini par des chercheurs zootechniciens, le concept de système d'élevage « s'inscrit dans un mouvement de pensée qui a touché de nombreuses disciplines techniques, et qui [...] commença à s'interroger dès les années soixante sur son efficacité pour le développement et sur la pertinence de ses propres pratiques de recherche... Les recherches sur les systèmes d'élevage [...] visent à définir un cadre conceptuel et méthodologique de portée générale, permettant à la fois : d'une part d'organiser l'ensemble des connaissances nécessaires pour analyser une situation d'élevage particulière et comparer entre elles des situations différentes ; d'autre part d'accéder aux représentations sur lesquelles s'appuient les divers acteurs qui ont à prendre des décisions en matière d'élevage » (15).

Pour cet auteur, un système d'élevage est « un ensemble d'éléments en interaction dynamique organisé par l'homme en vue de valoriser des ressources par l'intermédiaire d'animaux domestiques pour en obtenir des productions variées (lait, viande, cuirs et peaux, travail, fumure, etc.) ou pour répondre à d'autres objectifs ». Si les définitions des uns et des autres diffèrent, la plupart d'entre elles s'accordent, comme le propose Lhoste (20), pour reconnaître au système trois pôles : l'éleveur (ou, selon le niveau d'analyse retenu, le groupe social), le troupeau et le territoire pastoral. Elles s'accordent également pour admettre qu'il s'agit d'un système complexe piloté et finalisé. Pour relier pilotage et finalisation, les auteurs ont identifié ce qu'ils ont appelé des stratégies, lesquelles permettent à des observateurs externes de rendre intelligibles les projets des éleveurs à partir de l'étude de leurs pratiques.

Modèle d'évolution des systèmes d'élevage par l'analyse comparative des stratégies d'éleveurs

Les auteurs ont choisi de développer une démarche qui prenait en compte les projets des producteurs, sans pour autant ignorer que leurs objectifs étaient multiples, hiérarchisés et relatifs à des durées variables (5). Ces finalités n'étaient pas toujours explicites pour des tiers, en particulier pour des chercheurs. C'est pour cela que les auteurs proposent de rendre intelligibles ces objectifs, en analysant les stratégies que les producteurs ont élaborées pour les atteindre (29), c'est-à-dire, en procédant à une formalisation cohérente, pour les auteurs, des actions des producteurs (voir plus loin).

En effet, une stratégie n'est pas toujours formulée sous la forme d'un plan préconçu, conscient et finalisé. Mintzberg (21) distingue les stratégies prévues (*intended strategy*), qu'elles se concrétisent (l'auteur parle alors de stratégie délibérée - *deliberate strategy*) ou non, des stratégies émergentes (*emergent strategy*) lorsque des pratiques apparaissent sans préconception. Si les stratégies peuvent résulter d'intentions, elles peuvent aussi naître d'actions menées pas à pas qui, à leur tour, peuvent ultérieurement faire l'objet d'une stratégie délibérée. Ainsi, Chauveau (5) invite à la prudence et à ne pas « surinterpréter » de manière idéologique les capacités d'initiative et d'innovation.

Ce sont ces constructions stratégiques que les auteurs ont cherchées à formaliser. Une fois la diversité des stratégies des éleveurs mise en évidence, l'analyse comparative a été conduite selon deux axes :

- la comparaison des stratégies mises en œuvre par différents éleveurs dans une même petite région, afin d'apprécier l'influence du contexte local et des moyens de production disponibles, ainsi que la diversité des choix stratégiques ;
- la comparaison des stratégies mises en œuvre dans différentes petites régions, afin de préciser l'influence des contextes locaux, les similitudes et les spécificités engendrées par chacun d'entre eux.

Ces analyses comparatives ont permis d'élaborer une typologie des systèmes d'élevage et un modèle régional d'évolution des systèmes d'élevage et des exploitations agricoles. La modélisation ne constituait pas ici une démarche normative (18). Il s'agissait de la construction de modèles, compris comme des « représentations intelligibles artificielles, symboliques, des situations dans lesquelles nous intervenons [...] représentation artificielle que l'on construit dans sa tête » (19). Le modèle peut ensuite être « appliqué aux situations à étudier et permet d'en donner rapidement des représentations » (14). Le modèle proposé ici rend compte des modalités des trajectoires d'exploitation et de transition d'un type à l'autre, ainsi que des orientations stratégiques et des conditions qui président à ces évolutions.

Pour caractériser les stratégies, l'observation des pratiques et l'élaboration de modèles de comportement pour l'action

Ni le projet de l'éleveur, « ni ses objectifs, ni la manière dont il prend ses décisions, ne sont aisés à saisir pour un observateur extérieur » (17). L'action concrète de l'éleveur, acteur et décideur, se traduit par la mise en œuvre de pratiques. C'est alors l'interprétation d'observations des pratiques et d'entretiens sur leurs motivations qui permet de « comprendre comment les éleveurs prennent leurs décisions, à partir de quelles informations et par quelles actions, et pour viser quels objectifs » (9).

Pour caractériser les stratégies, il a semblé intéressant, dans un premier temps, d'explicitier le cheminement décisionnel dont les pratiques découlaient (8). « Il ne s'agit pas de reconstruire un modèle de l'ensemble du système [...], mais plutôt de partir des heuristiques mises en œuvre pour caractériser les principales informations traitées, portant sur l'état du système, et qui sont à l'origine des prises de décision d'ordre technique, ainsi que de formaliser ces dernières d'une manière intelligible. C'est ce que nous appelons la construction d'un modèle de comportement pour l'action » (10). Cette construction vise, pour le technicien ou le chercheur, à élaborer une représentation de la réalité qui rend compte de ce qui apparaît comme important pour l'éleveur dans la conduite du système. On cherche à rendre intelligible les décisions du producteur par la mise en évidence de cohérences révélées par son comportement. Cette formalisation permet de comparer les stratégies et les pratiques des producteurs et d'identifier des voies pour accompagner et favoriser leurs transformations.

Après avoir fait l'objet d'une première définition sous l'expression de « modèle général » (6), le concept de modèle d'action a été proposé par Sebillote et Soler (25) pour représenter l'organisation des prises de décisions des agriculteurs dans le cadre d'un processus récursif et adaptatif permanent : « l'acteur réajuste ainsi de manière conjointe ses finalités et son action sur la réalité. Il se constitue, pour ce faire, un véritable guide pour l'action, dont la représentation [par le chercheur] peut s'organiser autour d'un ou plusieurs objectifs généraux [...], d'un programme prévisionnel et des états-objectifs intermédiaires [...] et d'un corps de règles [...] »

Au sein du corps de règles, Hubert et coll. (12) distinguent des règles générales et des règles circonstanciées : « les premières s'appliquent inéluctablement pour la satisfaction du projet ; elles traduisent la construction du système en opérations techniques concrètes, quels que soient les événements du moment. Les secondes, à l'inverse, sont activées par une information relative à l'état de certains des éléments du système : elles déclenchent conditionnellement des actions, qui connaissent différentes modalités ou dont la mise en œuvre peut être avancée ou retardée selon les conditions du moment. La formalisation de ces règles éclaire sur le système d'information utilisé par l'éleveur dans le processus d'auto-diagnostic qu'il met en œuvre pour réaliser ses différentes opérations techniques ». Il devient alors possible de repérer « des décisions remarquables qui scandent la conduite de la campagne annuelle » et d'identifier « des phases finalisées à partir du découpage issu des décisions remarquables ».

La mise en évidence de corps de règles définis à partir de l'observation des pratiques et la formulation de « modèles de comportement pour l'action » permettent de caractériser les stratégies des producteurs (12).

■ MATERIEL ET METHODES

Des pratiques portant sur le troupeau, mais aussi sur le territoire

Landais et coll. (16) proposent de classer les pratiques d'élevage en distinguant : (i) les pratiques d'agrégation, opérations de constitution des troupeaux et des lots ; (ii) les pratiques de conduite, « opérations effectuées par l'homme sur les animaux en vue d'assurer leur entretien et les mettre en condition de réaliser les performances de croissance, de reproduction, de production » ; (iii) les pratiques d'exploitation « par lesquelles l'homme exerce un prélèvement » ; (iv) les pratiques de valorisation des productions animales.

Ces pratiques concernent des opérations réalisées sur les animaux ou leurs produits. Or, les caractéristiques et les enjeux territoriaux, en particulier les dynamiques d'appropriation et de mise en valeur des ressources foncières, jouent souvent un rôle important dans le fonctionnement technique des systèmes de production. L'espace devient territoire grâce à l'action organisatrice de l'éleveur et les différentes portions de ce territoire, qu'elles soient en propriété individuelle ou collective, sont amenées à remplir des fonctions spécifiques dans le processus de production. « Une fonction est caractérisée par une affectation sur le territoire (une ou plusieurs parcelles peuvent y contribuer), une période dans l'élaboration de la production des animaux (la croissance, la lactation, la remise en état, etc.) et une phase dans le programme de complémentation du troupeau (la ration étant, exclusivement ou non, prélevée par les animaux). Trois grands groupes de fonctions d'une ressource fourragère peuvent ainsi être repérés : les fonctions directement liées à l'alimentation du troupeau (constitution de stocks et pâturage), celles liées aux conditions d'utilisation de certaines surfaces et aux fluctuations du climat (fonctions de régulation et de soudure) et des fonctions annexes (liées à la contention du troupeau, au travail de l'éleveur, etc.) » (9). La partie de territoire en question ne possède pas de fonction. Elle contribue au fonctionnement du système en assumant une ou plusieurs fonctions spécifiques à une date et pour une durée précises.

Le territoire pastoral de l'éleveur ne se réduit pas à un espace soumis aux pratiques d'élevage. Il est modelé, transformé, produit pour être amené à assurer de nouvelles fonctions. De façon à prendre en compte les dimensions spatiales de ces activités, des « pratiques territoriales » des systèmes d'élevage ont été également identifiées selon quatre catégories :

- l'agrégation territoriale qui consiste à intégrer de nouveaux espaces à l'exploitation, par l'appropriation de ressources collectives (usage pastoral, pose de clôtures) ou l'achat de terres, ou à abandonner des espaces (diminution de la main d'œuvre, distance au siège de l'exploitation, problèmes de fertilité du sol, vente) ;
- la transformation des couverts végétaux (défriche, installation de cultures, fourragères ou non, etc.) ;
- l'équipement du territoire de l'exploitation par la mise en place d'infrastructures (point d'eau, division d'une parcelle, parc de contention, types de clôtures, etc.) ;
- l'affectation d'une parcelle ou d'un parcours à un usage particulier à un moment donné et pour une période définie (production agricole, pâturage, infirmerie, mise en défens, cueillette de fruits, coupe de bois, etc.).

Application à la région Nordeste du Brésil

Le Nordeste constitue une des cinq régions administratives du Brésil ; il est composé de neuf états. La population de la zone semi-aride (937 000 km²), le Sertão, représente 38 p. 100 des 29 millions de nordestins (13).

Le Nordeste a mauvaise réputation : « Région problème [...] la plus pauvre du pays, la plus défavorisée » (27). Pour expliquer la situation, on invoque souvent la sécheresse. Mais la diversité physique invalide cet argument. Au-delà des conditions climatiques difficiles, la pauvreté du Nordeste est en fait liée au système latifundiaire d'origine. L'accès à la terre a été refusé à une grande partie de la population. La concentration des richesses aux mains d'une élite et le caractère excentré de l'économie ont rendu l'investissement rare (28).

Les travaux de recherche ont été conduits de 1987 à 1995 dans quatre petites régions du Nordeste semi-aride (figure 1), afin d'analyser les techniques mises en œuvre par les éleveurs à la lumière et en tenant compte des spécificités locales : Massaroca et Pintadas (Etat de Bahia), Nossa Senhora da Gloria (Etat du Sergipe) et Tauá (Etat du Ceará). Les conditions y sont à chaque fois particulières. La localisation, les caractéristiques des ressources naturelles, l'histoire et les formes d'organisation sociale et politique sont contrastées. Les quatre études de cas présentent des situations qui recouvrent la diversité des formes d'élevage dans le Nordeste (7). L'élevage ultra extensif repose sur la valorisation de parcours ouverts à Massaroca, où l'aridité est plus marquée et les petits ruminants dominant. A Pintadas, l'élevage, essentiellement bovin, est extensif en surfaces clôturées, alors que l'activité agricole est très présente. L'élevage semi-intensif avec production fourragère irriguée dans les bas-fonds se développe à Tauá, mais co-existe avec les formes précédentes. A Nossa Senhora da Gloria, en zone de transition climatique et à proximité de grands centres urbains, la production de lait connaît un essor considérable.

Les études de cas n'ont aucune valeur de représentativité statistique, mais elles sont pertinentes vis-à-vis des questions soumises à la recherche. Ces petites régions ont été choisies pour un ensemble de raisons qui tiennent autant à la diversité des situations qui les caractérisent qu'à l'histoire du projet de recherche et à la contingence des travaux entrepris dans ce cadre. Elles font toutes partie du réseau de projets de développement local dans lequel s'est investi le projet d'Appui au développement de l'agriculture familiale du Nordeste. A ce titre, elles sont le lieu de dynamiques sociales ou institutionnelles fortes qui ont conduit les acteurs locaux (certains tout du moins) à solliciter un appui externe (3).

Suivi d'une trentaine d'éleveurs

Dans chaque localité, un éleveur a été sélectionné pour chacun des sous-types de la typologie structurelle d'exploitations préalablement élaborée, soit une trentaine au total (3). Chacun d'entre eux a fait l'objet d'un suivi d'une durée minimale d'un an.

Une première enquête approfondie réalisée à l'aide d'une grille ouverte, éventuellement en deux passages, a permis de caractériser la structure foncière de l'exploitation, la nature des activités agricoles et autres, les moyens de production mobilisables et la structure du troupeau. L'enquête a également porté sur les évolutions intervenues depuis l'installation de l'exploitant, en identifiant les changements majeurs qui ont marqué la trajectoire d'exploitation, qu'ils concernent le parcellaire et l'aménagement foncier, la structure de la famille, la migration, la reconversion d'une espèce à l'autre, etc.

Sur la base de ces informations, il a alors été demandé à l'éleveur de caractériser la chaîne de pâturage des différents lots de son troupeau au cours de l'année précédente et de justifier les choix opérés. Enfin, une prévision concernant la constitution des lots et la chaîne de pâturage pour l'année à venir était formulée.

Par la suite, un suivi mensuel a été mis en place. Chaque passage visait à recueillir les données relatives à l'évolution démographique du troupeau (naissances, décès, achats, ventes), à la constitution et à la conduite alimentaire (parcelles attribuées, supplémentation, etc.) des différents lots et à la nature et au montant des revenus et des dépenses. Chaque pratique a d'abord été caractérisée, puis validée avec l'éleveur qui était également interrogé sur les raisons d'agir ainsi ou de refuser une alternative qui s'offrait à lui. Le tableau I illustre cette démarche par le cas d'un éleveur : quelles étaient les entités sur lesquelles il a agi, pourquoi et en fonction de quels critères ? C'est à partir de ces échanges que les

auteurs ont rendu intelligibles pour eux-mêmes les règles de décision de l'éleveur. Le tableau II présente ainsi, pour le même éleveur, le contenu et les critères de décision pour chacune des huit classes de pratiques des systèmes d'élevage (de gestion du troupeau et de gestion de l'espace). C'est à partir de cet ensemble de données qu'il a été possible de décrire la cohérence fonctionnelle du système, en particulier celle attribuée aux différentes parties du territoire pastoral. L'éleveur était enfin invité à expliquer et à justifier tout changement, par rapport aux données recueillies le mois précédent, et tout écart avec la chaîne de pâturage annuelle imaginée en début de suivi.

En cas de suivi pluriannuel (Massaroca et Nossa Senhora da Gloria), les modifications apportées à l'espace pastoral étaient analysées et une nouvelle prévision concernant la chaîne de pâturage était formulée au début de chaque cycle annuel.

■ ETUDE DE CAS : VALDEMAR, ELEVEUR DANS LA ZONE SEMI-ARIDE DU NORDESTE DU BRESIL, A MASSAROCA

Afin d'illustrer cette démarche, le cas d'un éleveur, Valdemar à Massaroca, est présenté. Il a été choisi parce qu'il illustrait une situation très évolutive, caractéristique des trajectoires de jeunes exploitants en dynamique d'installation dans le Nordeste. Il ne représentait pas les types d'exploitations plus anciennes et relativement établies.

Histoire de Valdemar et de son exploitation

Valdemar est né en 1954. Il est descendant du fondateur de la communauté de Lagoinha où il résidait, à 60 km au sud de Juazeiro dans l'Etat de Bahia (figure 1). Marié depuis 1981, il avait trois enfants en bas âge au moment de l'étude. A l'âge de 20 ans, il est parti travailler à São Paulo, dans le sud du pays, comme maçon, ainsi que l'avaient fait ses frères aînés. A l'inverse de ces derniers, l'accumulation qu'il a pu réaliser pendant la migration a été limitée. Le contexte n'était déjà plus aussi favorable.

Il possédait quand même un troupeau d'une quarantaine de caprins à son retour à Lagoinha, trois ans plus tard. Il a exploité une parcelle prêtée par sa mère et a travaillé dans la mine de cuivre de Caraiba Metais à une trentaine de kilomètres et comme maçon localement. En 1985, il a clôturé une première parcelle de 1,6 ha sur une terre de plusieurs dizaines d'hectares reçue de ses parents à proximité de sa maison, grâce au financement d'un projet public de développement. Les sols bruns non calciques pierreux et peu profonds du *carrasco* ne se prêtaient pas aux cultures. Il a mis en place une prairie de *capim buffel* (*Cenchrus ciliaris*) qui a fourni un stock fourrager de soudure pour son troupeau d'environ 25 caprins.

Il a continué de cultiver la parcelle de sa mère jusqu'en 1988, date à laquelle celle-ci l'a récupérée en échange d'une centaine d'hectares non clôturés de *caatinga* (végétation arborescente xérique et épineuse caractéristique du Nordeste). Cette surface se trouvait sur les régosols à « vocation agricole » (*areias*), en vis-à-vis du village, de l'autre côté de la rivière temporaire Barrinha. C'est là qu'il a décidé de mettre en valeur la terre, plutôt que sur les sols pauvres du *carrasco*. Grâce à un crédit du Comité des associations agropastorales de Massaroca (Caam), dont il a été l'un des premiers bénéficiaires, il a clôturé quatre hectares dont trois ont été défrichés et plantés. Il a privilégié les produits agricoles, ne disposant pas d'autres terres sur lesquelles il aurait pu planter du maïs, des haricots, du manioc et des pastèques.

Tableau I

Critères de prise de décision de Valdemar relatifs à la chaîne de pâturage

Pratique observée	Enquête sur les motivations	Critères de prise de décision
12 femelles allaitantes (dont 8 primipares) dans la parcelle A (avril)	V : « Les chèvres ont utilisé le <i>capim</i> pendant une semaine. Après, les chèvres ont commencé à avorter, j'ai eu peur. J'ai commencé à distribuer le foin de pois d'Angole que je n'avais pas prévu d'utiliser avant septembre-octobre. Les huit chevrettes et une chèvre ont avorté. » Q : « Après les avortements, pourquoi ne pas relâcher les femelles ayant avorté dans la <i>caatinga</i> ? Vous auriez économisé vos ressources fourragères. » V : « Ce n'était pas possible. Elles étaient vraiment trop faibles. Après, je les ai même passées dans les restes de cultures (<i>areias</i>) pour les retaper. »	Utilisation d'une parcelle proche de la maison pour une meilleure surveillance des mises bas et des jeunes.
Femelles allaitantes et gravides dans la parcelle B (septembre)	V : « J'ai rassemblé les femelles de la première et de la deuxième mise bas avec les femelles en fin de gestation, dans la parcelle <i>areias</i> pour utiliser les restes de cultures. Les récoltes étaient terminées depuis trois semaines et j'ai laissé un peu de manioc sur pied pour les animaux (les animaux déterrent eux-mêmes les racines). La parcelle de la <i>Rodagem</i> (A) était rasée, les animaux maigrissaient depuis 15 jours. » Dans les <i>areias</i> , les femelles ont aussi utilisé la <i>caatinga</i> mise en défens. Six femelles ont mis bas dans cette parcelle.	État physiologique des femelles et état des ressources de la parcelle de la <i>Rodagem</i> (A).
Cabris dans la parcelle A (septembre)	Q : « Mais pourquoi avez-vous laissé les cabris dans la parcelle de la <i>Rodagem</i> où il n'y avait plus rien à manger ? » V : « Ces cabris étaient sevrés, séparés de la mère qui les avait abandonnés ou qui était morte ; c'était des <i>enjeitadas</i> . Dans la parcelle des <i>areias</i> , il n'y avait que des restes de culture hauts (ricin, manioc, pois d'Angole). Les cabris tétant ont la possibilité d'utiliser quelques feuilles tombées sur le sol, le lait complète. Les cabris sevrés n'auraient profité que des débris sur le sol. J'ai préféré les laisser sur place et leur distribuer des graines de coton et du manioc en morceaux. J'ai également mis le cheval du voisin pour nettoyer le <i>capim</i> , c'est-à-dire pâturer les tiges dures laissées par les chèvres et favoriser une bonne repousse au moment des pluies. »	Taille des animaux et état des ressources dans la parcelle des <i>areias</i> (B).
Chèvres dans la parcelle C (octobre)	V : « Les restes de culture s'appauvrissaient. Un jour ou l'autre j'aurais été obligé d'acheter du concentré pour maintenir la lactation, mais aussi de faire un nouveau chargement d'eau. J'ai préféré passer rapidement les chèvres dans la parcelle de la maison où la mare communautaire est proche. Avec l'argent de l'eau économisé, j'ai pu acheter plus de concentré (graines de coton). J'ai rassemblé tous les animaux dans cette parcelle, la <i>caatinga</i> était trop faible. Je complémenais également avec du <i>mandacaru</i> * que j'allais cueillir tous les trois jours. C'était beaucoup de travail, j'avais aussi une portion de <i>caatinga</i> de la parcelle des <i>areias</i> à déboiser pour la prochaine mise en culture. »	État des ressources. Coût de l'abreuvement.

D'après Paris, 1992, Mémoire de fin d'études, Eitarc/Cnearc, Montpellier, France

V = Valdemar ; Q = question des auteurs

* Cactus de la *caatinga* : *Cereus jamacaru*

Conduite du système de production

Pratiques d'organisation du territoire de l'exploitation

A partir de ce moment-là, il a mobilisé tous les fonds disponibles pour accroître chaque année un peu plus la surface clôturée sur les *areias* (figure 2). Vente d'animaux, revenus de maçonnerie en saison sèche, un deuxième crédit du Caam en 1993, tout a été investi. En 1994, la surface clôturée sur les *areias* était de 14 ha, dont la moitié était défrichée et cultivée : maïs, haricots et manioc pour la consommation familiale et la vente éventuelle d'excédents, pastèques pour la vente. Valdemar a associé du *capim buffel* aux cul-

tures. Cela lui a permis d'accroître le stock fourrager pour l'alimentation en saison sèche des animaux qui pâturaient alors les restes de culture et les graminées. Le manioc, bi-annuel, était protégé par une clôture. Après deux ou trois années de culture, le temps qu'il a fallu pour défricher une autre parcelle et délocaliser les cultures vivrières et de rente, la prairie était installée. Le *Cenchrus ciliaris* est apprécié des éleveurs en raison de sa résistance à la sécheresse et de la facilité d'installation des prairies. Les variétés utilisées possédaient une production importante de semences (environ 50 kg/ha) au fort pouvoir de germination. Les semences, très lourdes, restaient au pied des plants et germaient dès l'arrivée

Tableau II

Pratiques du système d'élevage de Valdemar et critères de prise de décision

Pratiques	Caractéristiques	Critères de prise de décision
Gestion du troupeau	Agrégation	<ul style="list-style-type: none"> - l'animal (espèce, sexe, âge ; état physique, physiologique ou pathologique ; niveau de production ; conduite antérieure - <i>presa</i>, <i>enfeitada</i>, <i>mateira</i>) - le troupeau, pour achat éventuel (taille du troupeau ; liquidités monétaires ; objectifs d'amélioration génétique) - la ressource végétale et la structuration de l'espace (hauteur des strates fourragères ; disponible fourrager compte tenu des besoins en saison sèche ; type de clôture ; présence d'un point d'eau) - la supplémentation éventuelle (disponible fourrager ; abreuvement hydrique ; disponible monétaire ; pari sur la date d'arrivée des pluies)
	Conduite	<ul style="list-style-type: none"> - l'animal (comme précédemment) - la ressource végétale et la structuration de l'espace (comme précédemment) - la supplémentation éventuelle (comme précédemment)
	Exploitation	<ul style="list-style-type: none"> - prix de vente - structure du troupeau - état des animaux (espèce, âge, sexe, état d'engraissement) - besoins monétaires
	Valorisation	besoins de consommation familiale
	Affectation	<ul style="list-style-type: none"> - état de la ressource végétale (offre fourragère et entretien de la ressource) - mise en défens avant les récoltes ou permanente (palme, manioc...) - l'animal (voir gestion du troupeau) - la supplémentation (voir gestion du troupeau) - localisation par rapport aux parcours et au siège d'exploitation
Gestion de l'espace	Agrégation	<ul style="list-style-type: none"> - statut et héritage fonciers - autres parcelles clôturées et choix de production - disponibilité financière (fil de fer barbelé) - type de sol - possibilité de mise en place d'un point d'eau - localisation et distance du siège d'exploitation
	Transformation des couverts végétaux	<ul style="list-style-type: none"> - disponibilité en main d'œuvre familiale ou salariée - type de sol - choix de production
	Equipement	<ul style="list-style-type: none"> - ressources naturelles - capacité d'investissement ou opportunité d'aides publiques - fonctions auxquelles contribue la parcelle dans le calendrier fourrager (s'applique aussi aux parcs de contention)

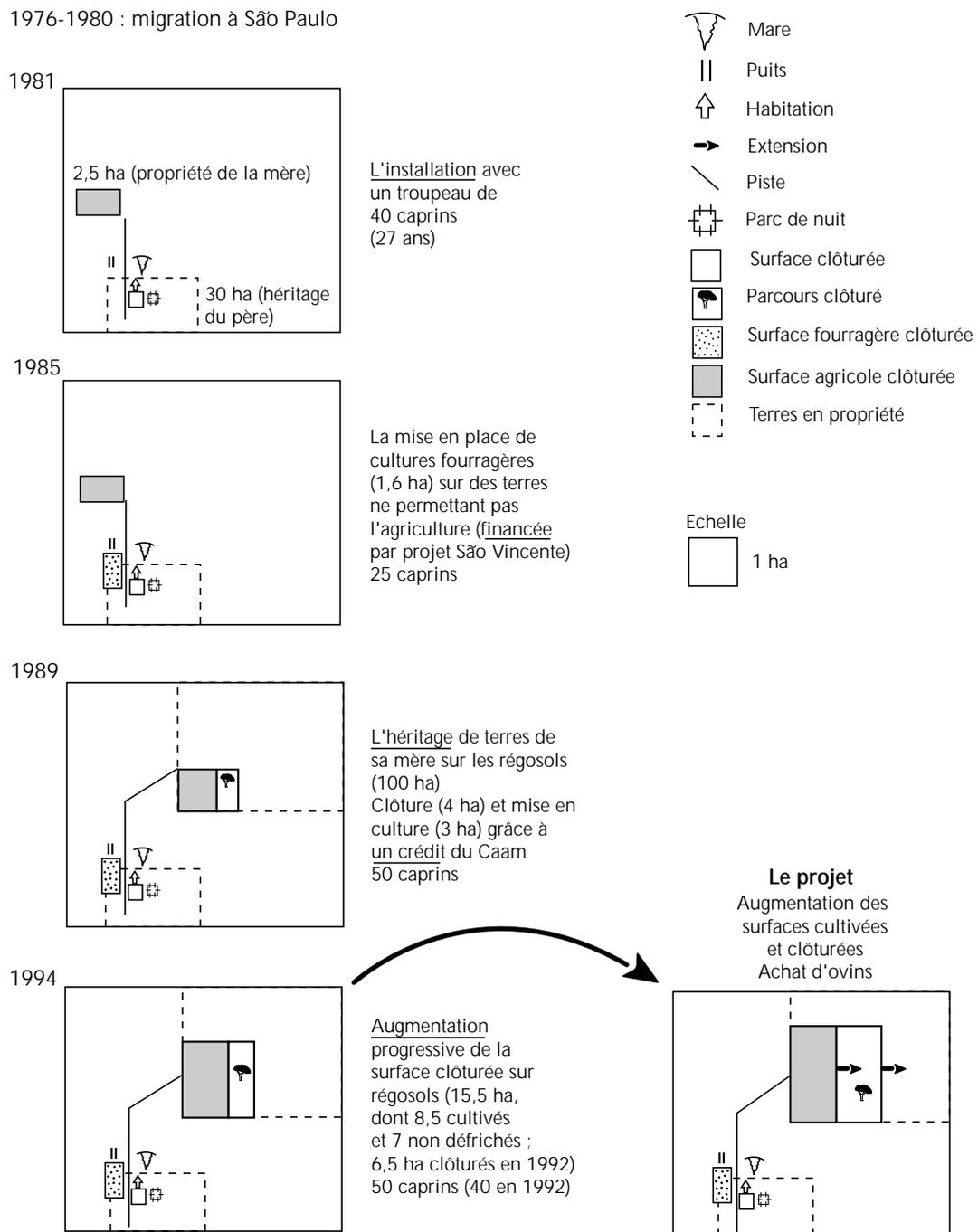


Figure 2 : histoire et projet de Valdemar.

des pluies. Compte tenu du caractère invasif de la graminée, la prairie est installée en quelques années avec un travail minime, hormis lors de la première année. Durant la phase d'invasion, l'association de cultures de rente et vivrières ont permis de rentabiliser l'investissement.

Pratiques de gestion du troupeau

La représentation spatiale des ressources fourragères a permis de caractériser les pratiques de gestion du troupeau sous la forme d'une chaîne de pâturage (figures 3 et 4 et tableau III). Sur celle-ci sont figurées les pratiques d'allotement, d'affectation des ressources végétales aux lots d'animaux, de conduite de la reproduction et les fonctions auxquelles chaque portion de territoire a

contribué durant une période précise de l'année. Dans le cas de Valdemar, le territoire pastoral comprenait quatre unités – conséquence des priorités de l'éleveur en termes d'équipement – dont la fréquence d'utilisation a varié au cours de l'année, en fonction des saisons ainsi que des allotements. Ces derniers étaient liés à la reproduction du troupeau.

La structure d'ensemble était rudimentaire. Elle exprimait la faible marge de manœuvre dont Valdemar disposait pour s'adapter aux événements, que ceux-ci aient été prévisibles ou non. Une plus grande diversité de parcelles (taille, faciès de végétation, point d'abreuvement, distances, etc.) lui aurait offert une plus grande souplesse d'ajustement et lui aurait permis de répartir son troupeau en différents lots selon leur sensibilité, ainsi que le faisaient

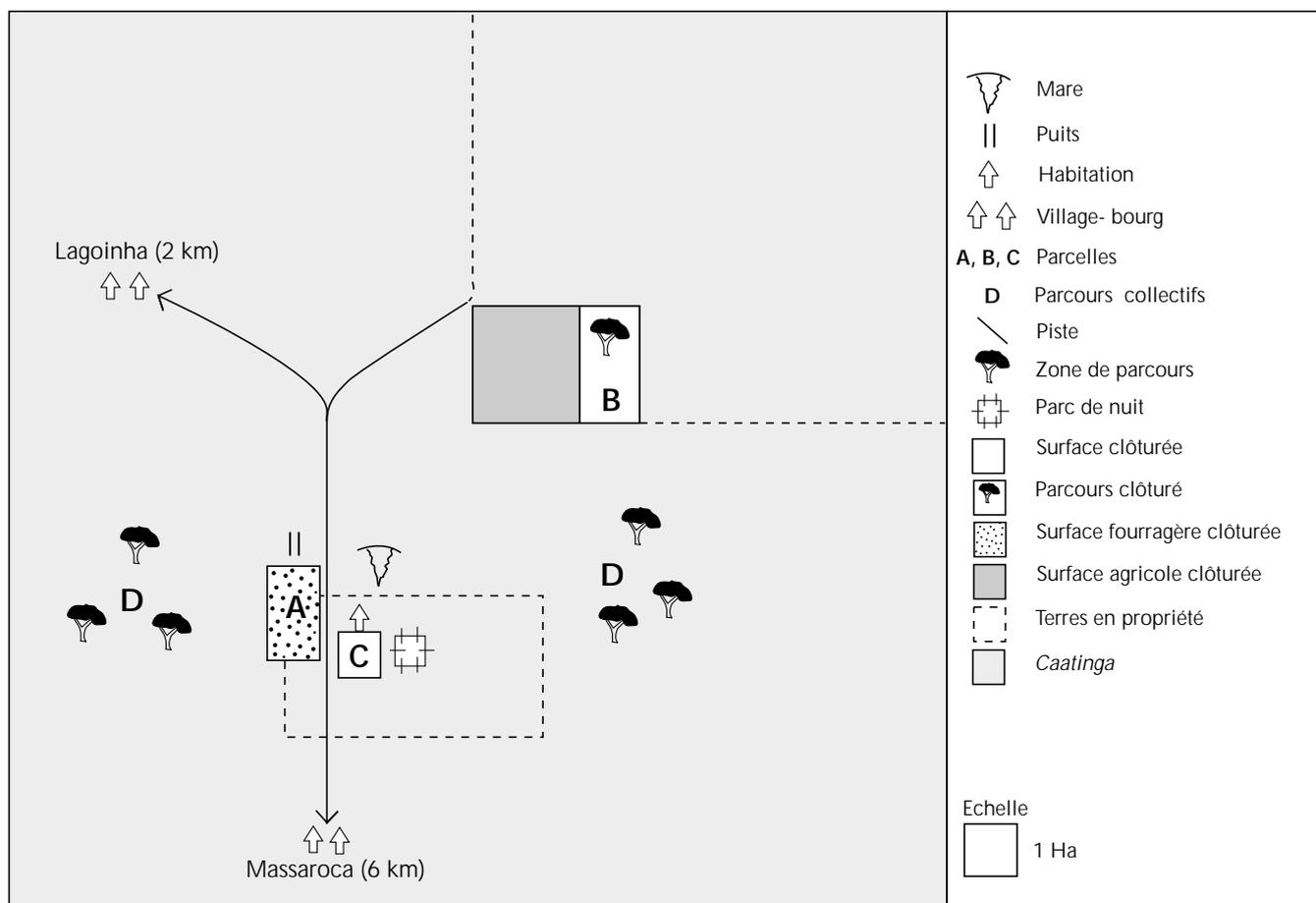


Figure 3 : territoire de l'exploitation de Valdemar en 1991.

d'autres éleveurs de Massaroca. Pour valoriser au mieux les ressources fourragères limitées, le nombre d'allotements était important. Seuls les principaux sont figurés sur la chaîne de pâturage.

Chaque parcelle assurait des fonctions différenciées au cours de l'année. La parcelle A contribuait successivement à des finalités différentes : infirmerie, maternité, production, soudure et *flushing*. Les fonctions auxquelles contribuait la parcelle B concernaient

tour à tour la production agricole, la production fourragère et la soudure du calendrier d'alimentation des animaux.

Certaines pratiques, comme le *flushing*, le contrôle de la lutte, la distribution de foin de pois d'Angole (*Cajanus cajan*), étaient innovantes. Malgré tout, les performances du troupeau caprin ont été médiocres, comparées à celles des autres éleveurs de Massaroca. Le taux de productivité numérique au sevrage a été de 17,6 p. 100, le taux le plus faible parmi les six éleveurs, suivi par Paris (22) ; certains ont été supérieurs à 100 p. 100 (23).



	ha	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
A	1,6				②							④	
B	6,5	Mise en défens											
C	0,2											③	
D	-				①							①	①

- ① Entretien des animaux à coût réduit et appropriation de l'usage des ressources collectives
- ② Entretien des animaux à besoins élevés et amélioration du cycle reproductif
- ③ Passer la période de soudure grâce à la supplémentation des animaux
- ④ Assurer la saillie dans de bonnes conditions

Figure 4 : chaîne de pâturage de Valdemar en 1991 et objectifs liés aux mouvements des lots.

Pratiques de trésorerie

Afin de mieux comprendre les raisons qui ont conduit à la vente d'animaux, différents événements ont été mis en perspective : les autres sources de revenus, les dépenses engagées au sein de l'exploitation et de la famille, les pics de travail (figure 5). On constate que Valdemar a dû faire face à de fortes contraintes de trésorerie, principalement en fin de saison sèche (septembre-novembre). La faible pluviométrie enregistrée au cours des années 1990 et les maigres revenus agricoles ont accru les difficultés.

Les raisons ont été multiples. Ses enfants n'étaient pas en âge de travailler et il a dû recourir à l'emploi de main d'œuvre pour clôtrer et défricher en saison sèche. Son stock fourragère extrêmement limité l'a souvent contraint à acheter des aliments agro-industriels en période de soudure. Les besoins monétaires, auxquels se sont ajoutés les besoins de la consommation familiale, ont ainsi été considérables en cette période de l'année.

Cette situation a entraîné plusieurs conséquences. Tout d'abord, il a été obligé de travailler hors de l'exploitation, voire de migrer

Tableau III

Parcelle et quartiers de *caatinga* utilisés par Valdemar
(d'après Paris, 1992, Mémoire de fin d'études, Eitarc/Cnearc, Montpellier, France)

Parcelle - quartier de <i>caatinga</i>	Sol	Assolement (1990-1991)	Contraintes pour l'élevage
A Parcelle de la <i>Rodagem</i> (1,6 ha)	Bruns non calciques	<i>Cenchrus ciliaris</i> et <i>Prosopis juliflora</i>	
B Parcelle des <i>areias</i> (4,3 ha)	Régosols	Pastèques et ricin (3 ha) Pois d'Angole, maïs et haricots (0,5 ha) <i>caatinga</i> (4,2 ha)	Distance du siège d'exploitation et des parcours (4 km) Transport de l'eau pour l'abreuvement
C Parcelle de la maison (0,2 ha)	Bruns non calciques	<i>Cenchrus ciliaris</i>	
D Quartiers de <i>caatinga</i>	Bruns non calciques		

quelques mois à São Paulo, lorsque la demande locale d'emploi a été pratiquement nulle, comme cela a été le cas en 1993 en raison de la sécheresse. Ces absences ont causé un retard dans la préparation de la campagne agricole suivante et pouvaient entraîner une faible production. Par ailleurs, il a vendu fréquemment des animaux en fin de saison sèche, lorsque leur prix était au plus bas. Il prenait des risques. Compte tenu de la petite taille du troupeau et de la difficulté de prévoir le nombre d'animaux à vendre, il s'y prenait au dernier moment et était alors obligé de vendre des femelles gravides pour subvenir à ses besoins. Le troupeau ne grandissait pas. Les problèmes de trésorerie se répétaient chaque année. Valdemar n'a pas réussi à rembourser son premier emprunt. Grâce au « délai de carence » supplémentaire qui lui a été accordé, il en a même contracté un second.

Interprétation des pratiques

Motivation des pratiques et critères de décision

Dans le tableau I, sont présentés quelques exemples de critères de décision relatifs à l'organisation de la chaîne de pâturage, identifiés à partir d'enquêtes portant sur les motivations de mise en œuvre des pratiques observées. Dans le tableau II figurent les cri-

tères de décision des pratiques d'élevage de Valdemar. Ce tableau synthétique ne présente que les interprétations des observations et des enquêtes, comme celles qui sont illustrées au tableau I. On y voit par exemple combien les pratiques d'agrégation sont complexes, se caractérisant par un « pilotage à l'individu », possible en raison du petit nombre d'animaux.

Pour chacune des catégories de pratiques relatives à la gestion du troupeau et à celle de l'espace (voir plus haut), le contenu ainsi que les critères qu'utilisait l'éleveur pour appliquer ses règles de décision sont caractérisés. Les auteurs n'ont pas cherché à reconstituer son processus décisionnel, mais à le rendre intelligible à leurs yeux, en identifiant les catégories et les indicateurs que l'éleveur s'était constitués pour piloter son système d'élevage.

Représentation de la gestion du système d'élevage

La gestion de l'exploitation et du système d'élevage de Valdemar peut être représentée en différenciant quatre phases finalisées qui se sont succédées au cours de la campagne annuelle (figure 6) :

- une première phase où Valdemar a cherché à assurer les revenus de l'année en donnant priorité aux cultures et en valorisant au maximum l'offre fourragère des parcours d'accès libre et gratuit (saison des pluies) ;
- une deuxième phase où il a investi pour augmenter le capital productif et préparer la saison agricole suivante, tout en assurant une reproduction satisfaisante du troupeau et de bonnes conditions d'alimentation des animaux jusqu'aux pluies suivantes (début de la saison sèche) ;
- une troisième phase où il a cherché à couvrir les besoins de soudeure, pour le troupeau et la famille (fin de la saison sèche) ;
- une quatrième phase où il a fallu assurer les besoins de consommation de base de la famille et la survie d'une partie du troupeau.

A chacune de ces phases, correspondaient des objectifs, des stratégies et des pratiques différentes. Ces dernières ont été mises en œuvre en fonction d'objectifs immédiats (production agricole, maintien ou survie du troupeau, consommation de la famille) ou plus lointains (préparation de la saison suivante, accumulation, etc.). L'action – les pratiques – a résulté de choix réalisés par Valdemar à un moment donné en fonction de l'information et de la connaissance technique dont il disposait et des orientations stratégiques retenues pour atteindre ces objectifs spécifiques.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	pluies											
Vente et autoconsommation												
Femelles												
Chevrettes		1							9			
Produits mâles			2							1		2
Revenus agricoles	pastèque											
Revenus annexes	maçonnerie											
Dépenses agriculture	défriche labour											
Dépenses élevage	abreuvement alimentation bétail											
Pic travail agriculture	préparation sarclage											
Pic travail élevage	mises bas supplémentation											

Figure 5 : calendrier des revenus, des dépenses et pics de travail de Valdemar en 1991.

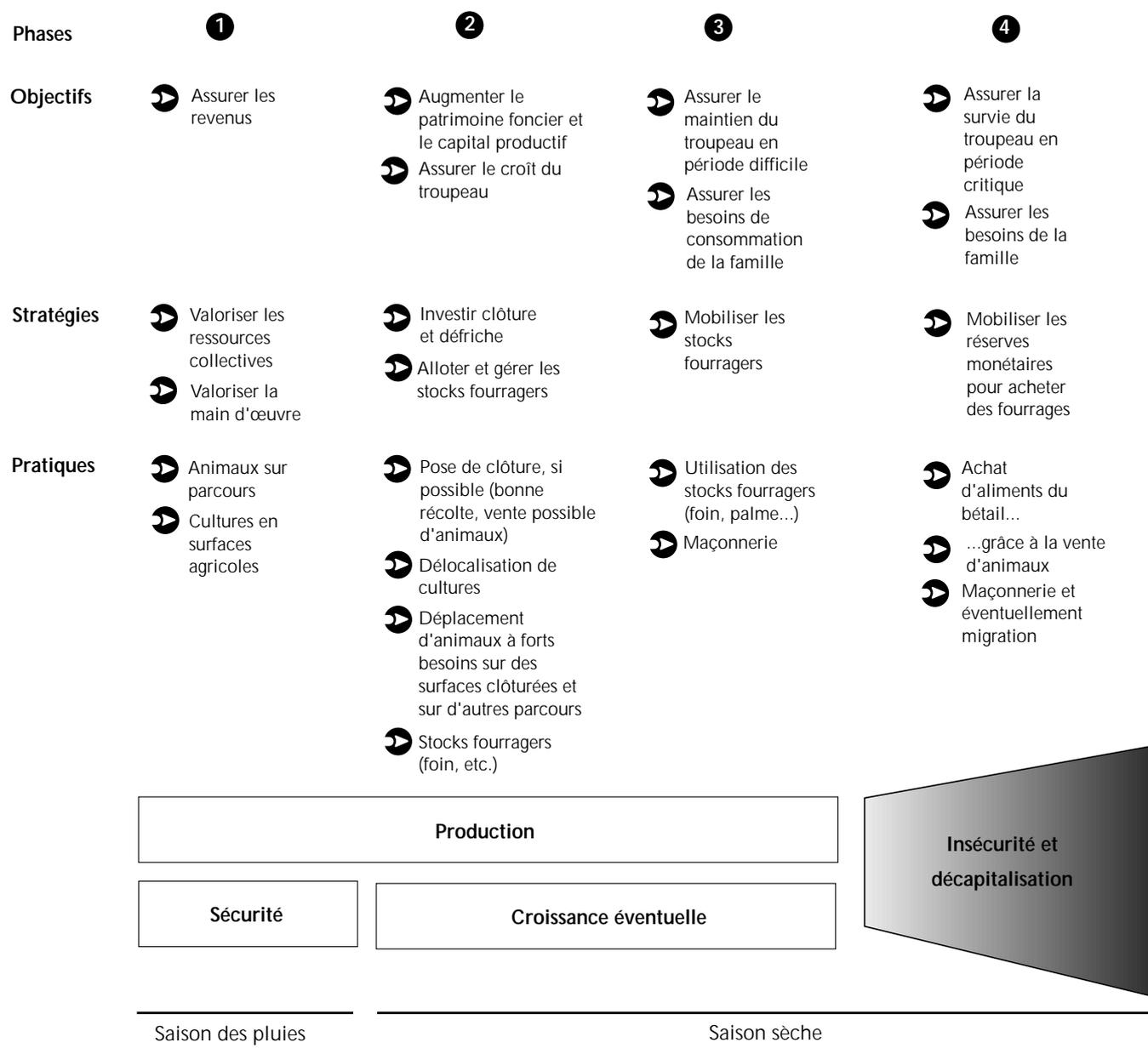


Figure 6 : phases finalisées des pratiques d'élevage et de gestion de la production de Valdemar.

Les stratégies de gestion du territoire de l'exploitation ont été élaborées en fonction de pas de temps pluriannuels. Leur compréhension et leur représentation a donc fait appel à l'analyse du fait technique appréhendé selon plusieurs échelles temporelles.

La succession des quatre phases s'est orchestrée de manière différente chaque année. La durée et la période de chacune d'elles étaient extrêmement variables et dépendaient, entre autres, des conditions climatiques. Il en était de même pour leur intensité. La phase 2, par exemple, pouvait être réduite à la constitution de stocks fourragers de survie, ou, au contraire, se traduire par la clôture d'une superficie importante si les excédents agricoles permettaient l'investissement ou si un financement extérieur était obtenu. La phase 4 n'apparaissait qu'en cas d'année particulièrement défavorable ou lors d'une succession d'années sans excédents. Elle pouvait alors remettre en cause la survie de l'exploitation.

Le champ des possibles diminuait au fur et à mesure que l'année s'écoulait. A chaque phase, les options dépendaient en partie des choix réalisés lors des phases antérieures.

Le projet de production et de développement de l'exploitation reposait cependant sur l'enchaînement de plusieurs campagnes se succédant les unes aux autres, non sans liens étroits. On peut ainsi identifier des cycles pluriannuels, constitués de successions d'années de différents types :

- une année sans excédents, au cours de laquelle peu de changements sont apparus ;
- une succession d'années sans excédents ou une année particulièrement difficile, entraînant une décapitalisation (diminution du noyau d'animaux reproducteurs) ;
- une année avec excédents, suivant plusieurs années difficiles ; les excédents étaient alors mobilisés pour subvenir aux dépenses retardées au maximum et l'investissement était difficile ;
- une succession de plusieurs années avec excédents, permettant l'investissement et se traduisant par une croissance de la structure d'exploitation (principalement la surface clôturée dans le cas de Valdemar).

Les périodes d'accumulation, de décapitalisation ou de compensation se succédaient selon l'agencement de ces types d'années. La trajectoire de l'exploitation en était l'expression. L'évolution des structures permet d'en rendre compte (figures 7 et 8). On observe : (i) une diminution de la taille du troupeau après les sécheresses de 1983-1984 (diminution forte) et 1990 ; (ii) une augmentation nette des surfaces clôturées en 1989 et 1994, après l'obtention d'un crédit ; (iii) une évolution peu sensible des structures les autres années.

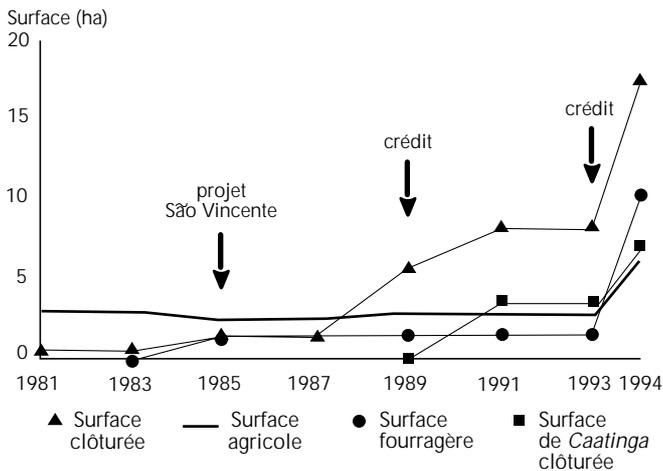


Figure 7 : évolution de la structure foncière de Valdemar.

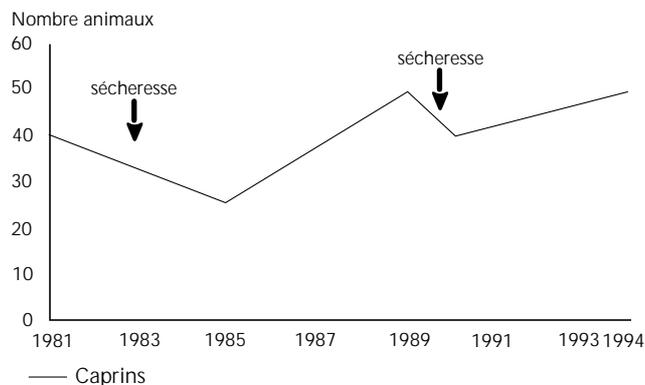


Figure 8 : évolution de la taille du troupeau caprin de Valdemar.

L'analyse stratégique

Les éléments stratégiques qui ont guidé l'action de Valdemar peuvent être représentés par huit axes définis après l'analyse comparative des stratégies des producteurs de Massaroca (3) (figure 9). Ces huit axes peuvent être regroupés en quatre catégories :

- les modifications portées à la structure foncière (extension foncière et appropriation de ressources d'usage collectif) ; la clôture, et donc l'aménagement foncier, jouent un rôle prépondérant. La délocalisation des productions permise par l'histoire foncière familiale est tout autant une composante de cette stratégie foncière qu'un moyen de valoriser la diversité et la complémentarité des ressources naturelles. Les financements extérieurs et les appuis institutionnels sont recherchés activement ;

- les modifications liées à la mise en valeur des ressources territoriales (mise en place de surfaces fourragères et extension agricole et valorisation de la main d'œuvre) ; les cultures représentent la principale source de revenus pour réaliser les investissements d'aménagement. Il s'agit là d'un pari risqué, mais pouvant conduire à une accumulation plus rapide. La main d'œuvre est valorisée par la mise en œuvre de pratiques exigeantes en travail. La délocalisation et l'extension agricoles s'appuient sur la mise en place de surfaces fourragères ;

- les modifications portées à la structure du troupeau (croît du troupeau et augmentation des ovins et des bovins) ; elle évolue peu, tant en ce qui concerne la taille que les espèces et le type d'animaux qui le composent ;

- la propension à prendre des risques (autosuffisance fourragère et risque économique), c'est-à-dire une prise de risque liée non seulement à l'option agricole retenue, mais aussi à l'endettement chronique et aux migrations fréquentes.

Ces choix se traduisent par des résultats zootechniques médiocres et un croît aléatoire du troupeau malgré la mise en œuvre de pratiques innovantes, par la succession d'années de capitalisation foncière et de décapitalisation liée à la diminution du troupeau. Ce dernier n'en joue pas moins un rôle fondamental, assurant pour l'exploitation des fonctions de consommation, de trésorerie et d'épargne, mobilisée lors des sécheresses. Valdemar et sa famille vivent dans une insécurité persistante, malgré ou étant donné les investissements, la qualification de la main d'œuvre, l'importance des cultures de rente et la technicité démontrée. L'affectation des moyens de production et des produits fait l'objet d'arbitrages constants pour satisfaire à la fois aux besoins de consommation, d'investissement et d'entretien du troupeau.

En conséquence, certaines recommandations standard apparaissent totalement inadaptées au cas de Valdemar, comme, par exemple, la production de légumineuses exclusivement fourragères. Il ne disposait pas d'une surface aménagée pour cela. On comprend au contraire l'importance d'un appui financier adapté à la situation des jeunes en phase d'installation et l'intérêt de thèmes techniques spécifiques (associations de cultures, itinéraires économes en intrants, valorisation des restes de culture pour l'affouragement, etc.).

Valdemar apparaît donc comme un jeune producteur particulièrement dynamique et entreprenant. Il était reconnu comme étant un grand travailleur (22). Il possédait une très forte capacité d'ouver-

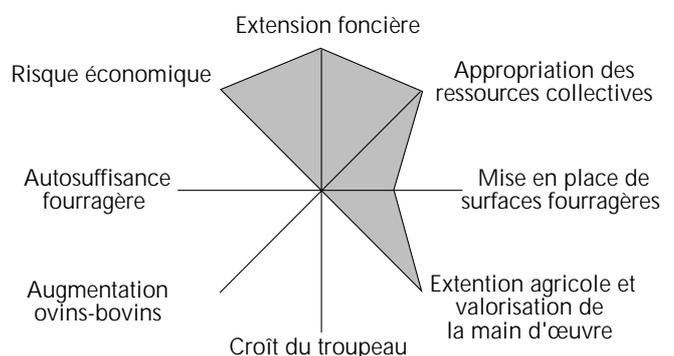


Figure 9 : principaux éléments des stratégies mises en œuvre par Valdemar. Sur chaque axe, la valeur attribuée au critère augmente à mesure que l'on s'éloigne du centre de la figure (Caron P., 1998, Thèse Doct. Géographie, Université Paris X, Nanterre, France).

ture sur l'extérieur et savait saisir les opportunités d'aides proposées par les services techniques quand elles se présentaient. Il a clairement défini son projet : clôturer et mettre en valeur les terres d'*areias*. Il a choisi d'investir dans l'aménagement du foncier, plutôt que de compter sur l'accumulation lente que lui aurait procurée le croît d'un troupeau conduit extensivement. A terme, il souhaitait même creuser un puits et mettre en place une parcelle d'irrigation. Pour mener à bien ces projets, il a pris des risques, alors que son patrimoine ne lui permettait pas de faire face aux aléas climatiques et que sa force de travail était particulièrement réduite. Il lui a fallu jongler avec des objectifs qui n'étaient pas toujours compatibles : assurer la productivité et le croît du troupeau, garantir l'alimentation de sa famille par la production de cultures vivrières et d'animaux et par l'achat de denrées grâce aux différents revenus agricoles et non agricoles, dégager des excédents pour « coloniser » de nouvelles terres.

Les itinéraires individuels d'éleveurs comme Valdemar ont ensuite été reliés aux transformations de leur environnement ainsi qu'aux évolutions des autres systèmes de production du système agraire local : l'accès à la terre, aux circuits de commercialisation, au crédit, à l'offre technologique et à l'appui technique éventuel ont été abordés au niveau du collectif local. Ces différents éléments ont été étudiés et formalisés afin d'élaborer un modèle général d'évolution des systèmes d'élevage.

■ DISCUSSION

Le modèle d'évolution des systèmes d'élevage comprend tout d'abord l'identification de types de systèmes. A chacun correspondent des formes d'organisation particulières au niveau de l'exploitation agricole qui ont été caractérisées, pour chaque situation, par un « état » du système. Ces états se traduisent par des modes de gestion et un ensemble de stratégies et de pratiques semblables qui n'évoluent qu'à certaines conditions. Mais le modèle comprend également la caractérisation des processus de transition d'un état à un autre et, en particulier, des seuils et des caps liés à ces transitions, c'est-à-dire, d'une part, les limites au-delà desquelles se mettent en place de nouvelles formes d'organisation, d'autre part, les obstacles à franchir et les conditions à remplir pour passer d'un état à un autre. Ce modèle peut alors se décliner dans une diversité de situations locales, chacune caractérisée par des paramètres démographiques, fonciers, économiques, etc., dépendant de l'histoire de la localité, de son insertion dans un ensemble régional et de son implication dans les dynamiques et les politiques de développement.

Typologie des systèmes d'élevage dans le Nordeste du Brésil

L'analyse comparative des stratégies des éleveurs de quatre petites régions du Nordeste (figure 1) conduit à la distinction de cinq types d'élevage (encadré 1) (3). La dénomination des trois premiers fait référence aux caractéristiques et au mode d'accès à la ressource fourragère, celle des deux autres à l'espèce animale, au type de production et aux techniques de supplémentation. Le système d'élevage de Valdemar était du type 2.

Dans la situation actuelle de l'élevage dans le Nordeste, ces cinq types peuvent être considérés comme autant d'étapes d'un continuum concernant l'appropriation et la mise en valeur des ressources foncières, passant par une saturation progressive de l'espace libre à l'échelle de la petite région et l'intensification (figure 10). Des chaînes d'évolution technique peuvent être identi-

fiées : on ne passe pas directement du type 1 au type 5. La production laitière devient une option pour l'éleveur lorsqu'il dispose déjà de prairies clôturées.

Toutefois, il ne s'agit pas là d'un modèle évolutionniste du développement local et si, de toute façon, les transitions sont progressives, elles ne sont pas inéluctables. De nombreux exemples locaux en témoignent. Il n'empêche que ce mouvement général permet de caractériser une situation locale – également par ses écarts au modèle – et, à partir de cette caractérisation, de raisonner et d'agir localement sur les options possibles de développement, les précautions à prendre et les moyens qu'il faut mobiliser pour agir sur l'avenir. Un tel modèle vise en fait à aider les acteurs et les organisations impliqués à transformer la situation en développant leurs capacités d'autonomie, de conception et de mise en œuvre des voies techniques, institutionnelles et politiques de maîtrise de leur propre devenir.

On ne rencontre jamais tous les types d'élevage dans une même petite région. En effet, le type d'élevage est conditionné en partie par l'environnement dans lequel le producteur évolue. L'organisation locale de la production, la structure foncière, l'organisation de la mise en marché et des filières sont autant de facteurs parmi d'autres qui conditionnent les choix techniques individuels. Ainsi, Caron et Hubert (4), à partir d'une analyse comparative de trajectoires de développement local, ont identifié quatre types d'espace local, à l'échelle d'une petite région économique ayant un sens du point de vue administratif (*Município*) ou sociétal (communauté) : (i) l'espace pionnier où dominent les stratégies individuelles ou collectives d'appropriation foncière ; (ii) l'espace de production diversifiée où une majorité d'exploitations conduisent des activités et élaborent des produits multiples et variés ; (iii) le bassin de production où un nombre significatif d'exploitations sont spécialisées autour du même produit ; (iv) l'espace marginalisé où les productions locales ne permettent pas aux populations de subvenir à leurs besoins, ni de reproduire les facteurs humains et matériels des processus productifs. Dans la partie suivante, la discussion porte sur les interactions entre, d'une part, ces dynamiques collectives induites par les stratifications politiques et économiques régionales et, d'autre part, les transformations des systèmes d'élevage et les conditions d'émergence des différents types qui viennent d'être présentés.

Au cœur des transitions entre les types d'élevage, les dynamiques locales et les trajectoires d'évolution de l'exploitation

Les relations entre les choix techniques qui marquent les transitions entre les types d'élevage et, d'une part, les évolutions de l'espace local, d'autre part, la situation de l'exploitation sur une trajectoire d'évolution sont analysées.

Pour les auteurs, les systèmes d'élevage sont à la fois révélateurs et organisateurs de l'état d'une petite région : les activités d'élevage sont conditionnées par l'accès aux moyens de production, aux équipements et aux services, par les possibilités d'écoulement de la production. Les changements s'appuient sur des processus collectifs de coordination et d'apprentissage. Les activités d'élevage contribuent aussi à la production de nouveaux espaces ou à la stabilité des états qui les caractérisent. Lorsqu'elles évoluent, l'espace se transforme. Il acquiert de nouvelles caractéristiques et il est le siège de nouveaux usages. Les fonctions qui lui sont attribuées changent de nature avec les transformations qualitatives des ressources opérées pour satisfaire aux besoins de l'élevage. Les activités d'élevage peuvent donner naissance à de nouvelles formes d'organisation locale. Le risque de raréfaction des res-

Encadré 1

Typologie des systèmes d'élevage dans le Nordeste du Brésil

Type 1 : élevage multi-spécifique (bovins, ovins, caprins) fort utilisateur de parcours collectifs non clôturés

La logique d'exploitation maximale d'une ressource végétale collective en accès libre et gratuit domine. Les animaux sont conduits extensivement, lâchés sur parcours de *caatinga*. Les trois espèces de ruminants sont présentes. Les éleveurs valorisent la diversité et la variabilité de la *caatinga* dans le temps et dans l'espace. Sauf lors des sécheresses, la charge animale n'est pas une cause de tension. Le temps long de l'accumulation par la croissance numérique du troupeau domine.

Type 2 : élevage multi-spécifique sur parcours clôturés et parcours collectifs non clôturés

L'éleveur combine une logique patrimoniale et anti-aléatoire basée sur le croît du troupeau et la valorisation d'une ressource fourragère en accès libre et une logique d'intensification reposant sur l'amélioration des performances zootechniques. Il intègre ces deux logiques par des pratiques d'allotement et de conduite alimentaire spécifiques (à certains stades physiologiques animaux sur des parcours collectifs, à d'autres sur des surfaces fourragères auparavant mises en défens). La clôture à neuf fils s'impose pour empêcher les autres troupeaux de pénétrer dans les parcelles. L'appropriation individuelle des parcours s'accompagne de conflits et d'exclusions sociales. Des formes de gestion collective des parcours reposant sur une réglementation de l'accès à la ressource se dessinent parfois.

Type 3 : élevage multi-spécifique sur prairies artificielles et parcours

Tout l'espace est clôturé, la surface pastorale bornée et la taille du troupeau ne peut augmenter de manière incon-

sidérée. La notion de charge animale devient essentielle. Les bovins prennent de l'importance. Pour les contenir, quatre fils suffisent. L'éleveur maîtrise le choix des reproducteurs et le déroulement du cycle reproductif. La gestion des ressources hydriques structure l'organisation territoriale de l'exploitation.

Type 4 : élevage bovin à viande sur prairies artificielles

La *caatinga* est remplacée par des prairies de graminées, les bovins dominent et les caprins ont disparu. La gestion de la pérennité des prairies est capitale. L'état de la ressource végétale devient un critère de décision majeur pour l'organisation du calendrier et de la chaîne de pâturage. Ce système, peu exigeant en main d'œuvre, est aisément géré par des propriétaires absenteïstes. La croissance de l'exploitation s'opère par l'achat de terres et l'augmentation consécutive de l'effectif du troupeau.

Type 5 : élevage bovin mixte (laitier et à viande)

La production laitière se développe, mais la production de viande demeure importante. La gestion de l'exploitation est marquée par des itinéraires techniques exigeants en main d'œuvre et un investissement important (génétique et infrastructures). L'organisation territoriale de l'exploitation devient essentielle pour faciliter la mise en œuvre des pratiques d'allotement et de conduite. Pour augmenter la production laitière, garantir sa régularité au cours de l'année, diminuer les coûts de production liés à l'achat d'aliments pour le bétail, une seconde intensification fourragère fait suite à l'installation des prairies. Elle correspond à des situations techniques et géographiques différentes et s'appuie, soit sur la production de fourrage en irrigué, soit sur la production d'ensilage de maïs.

sources pastorales est à l'origine, à Massaroca, d'associations qui, ensuite, ont assuré des fonctions dépassant le cadre de l'élevage. Les sociétés locales, en s'appropriant des ressources pastorales, en changeant d'espèce animale, de race ou de production, créent des institutions, des règles d'action. En un mot, elles transforment leur espace d'action en un territoire collectif organisé.

Cependant, l'influence de l'espace local n'explique pas tous les changements. Le passage d'un type d'élevage à un autre nécessite la mobilisation de moyens de production, l'apprentissage et la maîtrise de nouvelles techniques et de nouvelles formes d'organisation. La position de l'exploitation sur une trajectoire d'évolution joue, comme nous le verrons, un rôle majeur.

Choix techniques et dynamiques locales

Les trois premiers types d'élevage sont marqués par l'expression de logiques pionnières. Le premier type correspond aux systèmes d'élevage qui ont accompagné la colonisation du Nordeste. Il subsiste dans les zones enclavées, au sein de grandes exploitations d'élevage extensif, ou, comme à Massaroca, là où les parcours sont importants. La pression démographique ou foncière peut conduire à l'élaboration de stratégies d'appropriation individuelle des ressources collectives. Certaines exploitations évoluent alors vers le deuxième type. Franchir ce cap correspond à un choix stra-

tégique de l'exploitant qui opte alors pour un changement de type plutôt que pour la croissance du nombre d'animaux.

Lorsque le second type se généralise, l'appropriation individuelle des parcours collectifs est stratégique. Sauf lorsque sont définies et respectées des règles d'accès aux ressources collectives (24), la situation incite les éleveurs à clôturer plus et plus vite, accélérant l'évolution vers le type 3, où l'ensemble des terres est clôturé.

Le troisième type marque l'aboutissement des logiques d'appropriation individuelle. L'augmentation des rendements par unité de surface ou de bétail reste limitée. Les logiques patrimoniales mobilisent l'essentiel des moyens de production. La croissance de l'exploitation s'opère par l'achat de nouvelles terres ou par l'intensification fourragère grâce à la mise en place de prairies artificielles et de points d'eau. Le type 3 comprend en particulier des exploitations de plusieurs milliers d'hectares, les *fazendas*, pratiquant un élevage bovin extensif, avec peu d'intrants et de main d'œuvre *. Pour les producteurs familiaux, les revenus de l'élevage ne suffisent pas et la diversification des activités est nécessaire. L'installation de prairies marque la transition vers le type 4. Les types 3 et 4 sont fréquents dans les espaces de production diversifiée.

* Il s'agit de types fonctionnels, et non structurels. Il n'est donc pas étonnant d'y rencontrer des exploitations de tailles différentes

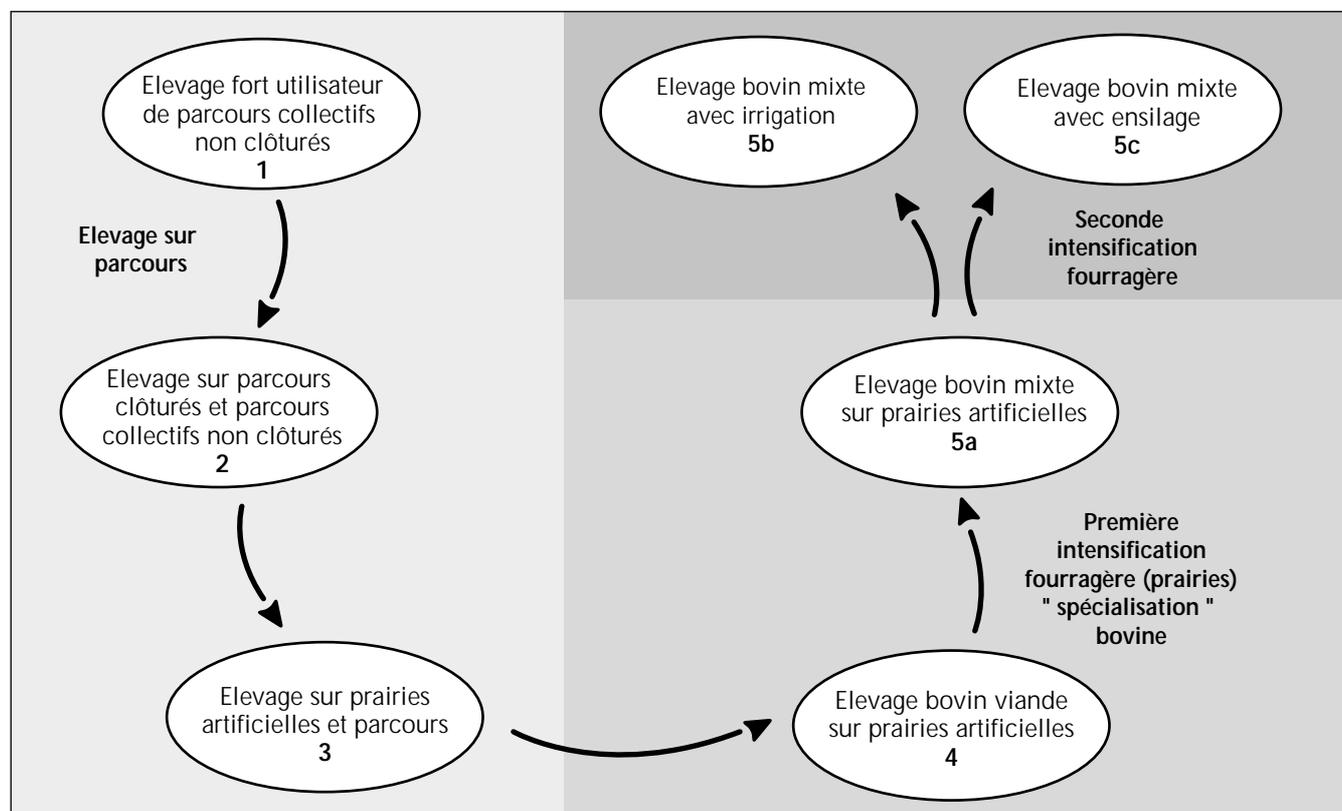


Figure 10 : types de systèmes d'élevage dans le Nordeste et transitions.

Quand s'opère la transition vers l'état de bassin de production laitière, le type 5 se généralise, même si de nombreux *fazendeiros* maintiennent des systèmes d'élevage de type 3 ou 4. L'accès aux intrants, aux équipements et aux services, l'organisation des circuits commerciaux, la constitution de réseaux d'apprentissage sont autant de facteurs qui favorisent la reconversion des exploitations. Lorsque se structure un marché local de commercialisation de lait ou de fromage, le risque de ne pas pouvoir écouler la production diminue. De nombreuses exploitations se reconvertissent. Lorsque l'investissement est facilité, comme à Gloria par l'octroi d'aides financières ou à Tauá et Pintadas par la construction de retenues collinaires, cette reconversion est rapide.

L'importance des logiques patrimoniales en situation d'espace pionnier ou la reconversion des exploitations lors de la formation d'un bassin de production laitière illustrent la marque de l'espace sur les exploitations et les activités d'élevage. Les changements observés sont marqués par des seuils. Trois semblent majeurs. Le premier est lié à l'appropriation des ressources foncières. La généralisation de la propriété individuelle, matérialisée par la clôture, a marqué la colonisation. On observe encore une résurgence de phénomènes comparables dans les espaces où il existe des communs. Ces processus se prêtent aux conflits et à l'émergence de formes particulières d'organisation politique et sociale visant à faciliter l'appropriation, à combattre les envahisseurs ou, parfois, à réguler l'accès à des ressources appelées à demeurer collectives, pour un temps au moins. Le second seuil est lié à l'utilisation productive des ressources hydriques. Pour cela, il faut résoudre les problèmes d'approvisionnement domestique, s'organiser pour revendiquer les transferts financiers et les infrastructures. La gestion du risque change de nature. Des poches d'intensification de la production apparaissent. Le champ de la diversification s'ouvre conjointement à l'organisation de circuits commerciaux. Le troisième seuil cor-

respond à l'entrée des opérateurs de la filière laitière dans l'arène locale (collecteurs, transformateurs artisanaux ou industriels, commerçants, etc.). L'espace local est intégré à un bassin de production aux dimensions organisationnelles nouvelles, du fait de la relation avec des acteurs faisant jouer la concurrence nationale, voire internationale.

Ces seuils sont bien ceux « à partir desquels apparaissent, dans un milieu donné, des phénomènes nouveaux : des services et équipements rares, des transports collectifs, etc. ; des possibilités d'agir ; sans doute des comportements » (2). En les franchissant, la nature et la cohésion des systèmes évoluent (4).

Choix technique et trajectoire d'exploitation

La rapidité et l'ampleur de l'accumulation dépendent du capital disponible à l'installation, de l'évolution de la composition de la famille et de la main d'œuvre mobilisable. On retrouve l'un des traits du fonctionnement des exploitations agricoles familiales, l'existence d'un cycle de vie de la famille au cours duquel évolue l'investissement en travail et les choix d'affectation des revenus entre consommation, investissement et épargne (26).

Les trajectoires sont marquées par la succession de trois phases. La première, l'installation, conditionne les évolutions ultérieures. Période comprise entre le moment où le producteur commence à gérer certains moyens de production et celui où il gère de manière autonome les moyens nécessaires à la reproduction de sa famille, cette installation est souvent longue et progressive. On peut distinguer trois cas de figure : (i) l'installation est immédiate, lors d'un héritage ou d'une donation ; (ii) elle fait suite à une migration urbaine et à l'épargne, ce qui est le cas de la majorité des petits producteurs à l'époque du « miracle économique » ; (iii) elle s'effectue après que le producteur a été métayer, souvent sur

l'exploitation de son père où il a élevé son propre troupeau qu'il a vendu en partie pour dégager les fonds nécessaires.

La seconde phase, la « croisière », est marquée par la recherche d'accumulation, parfois hors du secteur agricole. Lorsque des terres en accès libre existent, l'accumulation s'appuie sur le croît du troupeau élevé sur parcours ou sur la clôture de terres. Le troupeau est un capital productif et un patrimoine mobilisable pour investir. Dans le cas contraire, c'est-à-dire quand il n'y a plus de terres en accès libre, deux voies plus ou moins complémentaires peuvent être suivies selon les choix d'affectation des ressources :

- le croît de la productivité de l'élevage. Le capital d'exploitation augmente (valeur des animaux, équipements, infrastructures). La charge animale par unité de surface croît de manière continue, passant de 0,3 unité animale (UA *) par hectare lorsque l'alimentation est fournie par les prairies à plus d'1 UA/ha lorsque les animaux sont supplémentés. Les changements techniques sont importants : l'évolution de la gestion de l'exploitation repose sur des processus d'apprentissage, la mobilisation de nouveaux matériels biologiques (espèce, race) et de moyens organisationnels et financiers, la constitution de réseaux professionnels ;

- l'extension sans changement technique majeur. L'extension foncière et le croît du nombre d'animaux allant de pair ne modifient pas directement le chargement animal par unité de surface. Ainsi la charge animale ne correspond pas à un critère de gestion technique, mais elle reflète la position de l'exploitation sur la trajectoire d'accumulation. Avant l'achat d'une nouvelle parcelle, elle peut augmenter de manière importante, parfois dangereusement pour l'état de la ressource pastorale. A l'inverse, après l'achat de terre, la vente d'animaux et l'augmentation de la surface entraînent une baisse significative de la charge.

La troisième phase, la transmission, se réalise par héritage ou par cession aux enfants du vivant des parents. Dans ce dernier cas, les parents accordent à un enfant une parcelle et/ou des animaux. La donation peut être retardée au maximum par le père, qui dispose alors d'une main d'œuvre abondante. Il « retient » d'autant plus facilement ses enfants que l'accès au foncier est difficile.

Au fil de l'évolution d'une exploitation, les fonctions économiques et sociales des productions évoluent. Comme dans le cas de Valdemar, les choix techniques sont étroitement liés à la position de l'exploitation sur une trajectoire. Dans son cas, la priorité a été donnée aux productions végétales de vente. La très faible productivité du troupeau n'est pas considérée comme un problème grave tant qu'elle ne remet pas en cause de manière trop importante la survie d'un noyau de mères et le potentiel de croissance de l'effectif à un terme relativement éloigné. La sécurisation repose alors sur l'amélioration de quelques parcelles pastorales, insuffisantes toutefois pour agir significativement sur le relèvement du niveau des performances zootechniques.

L'identification de ces trajectoires est importante pour la mise en œuvre d'actions de développement. Thèmes techniques et systèmes d'aides sont différents selon le producteur et selon sa position sur la trajectoire d'exploitation. Un jeune en phase d'installation sera réceptif aux conseils et aux appuis allant dans le sens d'un croît rapide du troupeau (amélioration du taux de fécondité, etc.), alors que des éleveurs spécialisés s'intéresseront avant tout à l'augmentation de la productivité laitière ou bouchère par animal (amélioration génétique, intensification fourragère, etc.).

* Le système de calcul brésilien est ici utilisé : un taureau ou un bœuf adulte correspond à 1 UA, une vache (en moyenne 250-300 kg) à 0,9 UA, un taurillon ou une génisse à 0,7 UA, un veau à 0,4 UA, un petit ruminant adulte à 0,15 UA

■ CONCLUSION

L'entrée par l'étude des systèmes d'élevage et de leurs transformations, en relation avec les dynamiques de développement, illustre les interactions, dans la situation du Nordeste brésilien, entre le changement technique et les modes d'appropriation et de mise en valeur des ressources foncières. Dans de telles situations de mutations rapides, les cycles de vie des exploitations apparaissent comme déterminants pour l'évolution de l'élevage.

Les transformations des systèmes d'élevage sont ainsi très liées au contexte local dans lequel elles se réalisent et donc aux actions des autres opérateurs du développement agricole et rural : formes de coopération ou de compétition avec les autres exploitations ; relations, formelles ou non, avec les acteurs de l'approvisionnement et de la commercialisation des produits ; politiques et projets mis en place par les opérateurs publics ; etc. Des seuils de transformation peuvent ainsi être identifiés. Ils sont autant liés aux dynamiques d'organisation des espaces ruraux qu'aux stratégies individuelles des éleveurs, ce qui conduit les auteurs à affirmer que les systèmes d'élevage peuvent être considérés comme révélateurs et organisateurs des espaces. Ils sont ainsi au cœur de l'inscription territoriale des processus locaux d'innovation.

Pour les auteurs, l'identification et l'interprétation de l'innovation requièrent l'analyse explicite de processus aussi bien locaux que globaux et l'intégration de différents pas de temps : ceux des processus de production eux-mêmes, ceux de l'élaboration des connaissances, ceux de la construction des représentations et ceux de l'action sur ces mêmes processus (11).

Pour ce faire, les auteurs ont élargi le champ des pratiques considérées. Une attention particulière a été accordée aux pratiques territoriales des systèmes d'élevage pour rendre compte de l'empreinte de l'espace et permettre l'intégration, dans l'analyse, d'échelles spatiales qui ont un sens au regard du changement.

A partir de l'analyse des pratiques, l'identification des modalités et des facteurs d'évolution des activités d'élevage repose sur un travail de modélisation. Le modèle d'évolution des systèmes d'élevage proposé comprend l'identification de types de systèmes, mais aussi la caractérisation des processus de transition d'un type à un autre. C'est ainsi que, par une recherche de formalisation, chaque étude de cas a pu être analysée hors de son caractère anecdotique, sans pour autant nier qu'elle était bien liée à un contexte précis, historiquement construit. C'est la démarche d'abstraction, nécessaire à tout travail de modélisation, qui a permis de donner un caractère génératif aux résultats obtenus dans chaque étude de cas. C'est enfin par la modélisation que la dimension temporelle a pu être intégrée à l'analyse, en mettant en évidence les différents pas de temps qui, eux aussi, ont un sens au regard du changement. Cette formalisation ne se limite pas aux seules connaissances *in situ* produites pendant la durée des observations, mais repose sur la reconstitution des processus analysés à partir des enquêtes.

Les données modélisées ont été établies à partir d'observations et d'enquêtes sur les pratiques des éleveurs et donc sur ce qui était, pour eux, pertinent pour piloter les systèmes d'élevage. Ces données ne concernent pas *a priori* les mêmes éléments que ceux qui constituent les corpus habituels des connaissances scientifiques. Il a souvent fallu, au cours de ces recherches, appliquer les méthodes scientifiques à des objets nouveaux articulant des processus biologiques aux modalités de gestion de ces processus par les éleveurs. Ces objets ont bien une base matérielle biologique, mais celle-ci se charge de nouvelles qualités tout au long des procès qui organisent la production, au niveau des éleveurs individuellement, mais éga-

lement au niveau des diverses formes de coordination des éleveurs entre eux autant qu'avec les autres opérateurs des filières de commercialisation et de transformation de leurs produits (11). Plutôt que sur la description d'états et de performances techniques ou économiques, ces recherches ont caractérisé les modes d'action sur les flux, les processus et les changements d'état. Plutôt que sur la constatation de faits mis en évidence, ces travaux ont recherché les cohérences qui donnent un sens aux systèmes d'élevage et aux projets de ceux qui les pilotent. C'est ainsi que peuvent être identifiées des catégories à la fois pertinentes pour l'action et significatives scientifiquement.

BIBLIOGRAPHIE

1. BONNAL P., CHAIB FILHO H., MADEIRA J.S.N., PANIAGO JR. E., SANTOS M.A. DE, SOUZA G.L.C. DE, SPERRY S., ZOBY J.L.F., 1994. Síntese do projeto Silvânia (1986-1994). Documento preparatório à avaliação. Montpellier, France, Cirad-sar, Prefeitura Silvânia, Brésil, EMBRAPA-CPAC, 86 p.
2. BRUNET R., 1990. Mondes nouveaux : géographie universelle. Paris, France, Hachette/Reclus, 551 p.
3. CARON P., 1998. Espace, élevage et dynamique du changement. Analyse, niveaux d'organisation et action. Le cas du Nordeste semi-aride du Brésil. Thèse Doct. Géographie, Université Paris X, Nanterre, France, 396 p.
4. CARON P., HUBERT B., 1998. Changement technique et dynamiques locales : le cas de l'élevage dans le Nordeste du Brésil. In : Proc. 15th International Symposium of AFSR/E, Rural Livelihoods, Empowerment and the Environment, November 29-December 4, 1998, Pretoria, South Africa, 3: (non précisées).
5. CHAUVEAU J.P., 1997. Des « stratégies des agriculteurs africains » au « raisonnement stratégique ». Histoire, usages et remise en question d'un concept pluri-disciplinaire. In : Blanc-Pamard et Boutrais, Coord., Thème et variations, Nouvelles recherches rurales au Sud. Paris, France, Orstom, p. 179-218.
6. DURU M., PAPY F., SOLER L.G., 1988. Le concept de modèle général et l'analyse du fonctionnement de l'exploitation agricole. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 74 : 81-93.
7. ETENE, 1964. Recursos e necessidades do Nordeste. Um documento básico sobre a Região Nordestina. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. Recife, Brésil, Banco do Nordeste do Brasil, 666 p.
8. GIRARD N., HAVET A., CHATELIN M.H., GIBON A., HUBERT B., RELIER J.P., 1994. Formalisation des relations entre stratégie et pilotage dans les systèmes fourragers. In : Actes du symposium Recherches-système en agriculture et développement rural (AFSR/E), Montpellier, France, 21-27 novembre 1994. Montpellier, France, Cirad-sar, p. 223-229.
9. HUBERT B., 1991. Comment raisonner de manière systémique l'utilisation du territoire pastoral ? In : IV congrès des Terres de parcours, Montpellier, France, avril 1991. Montpellier, France, Association française de pastoralisme.
10. HUBERT B., 1994. Pastoralisme et territoire. Modélisation des pratiques d'utilisation. *Cah. Agric.*, 3 : 9-22.
11. HUBERT B., 1998. Court terme vs long terme : une démarche systémique pour une agriculture durable. In : Proc. 15th International Symposium of AFSR/E, Rural Livelihoods, Empowerment and the Environment, November 29-December 4, 1998, Pretoria, South Africa, 3: (non précisées).
12. HUBERT B., GIRARD N., LASSEUR J., BELLON S., 1993. Les systèmes d'élevage préalpains. Derrière les pratiques, des conceptions modélisables. In : Landais E., Balent G., Ed., Pratiques d'élevage extensif : identifier, modéliser, évaluer. *Etud. Rech. Sys. agraires Dév.*, 27 : 351-385.
13. IBGE, 1991. Censo Agropecuário. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Rio de Janeiro, Brésil, Instituto Brasileiro de Estatísticas e Geografia.
14. LANDAIS E., 1992. Principes de modélisation des systèmes d'élevage. Approches graphiques. *Cah. Rech. Dév.*, 32 : 82-95.
15. LANDAIS E., 1994. Système d'élevage : d'une intuition holiste à une méthode de recherche, le cheminement d'un concept. In : Blanc-Pamard et Boutrais, Coord., A la croisée des parcours. Pasteurs, éleveurs, cultivateurs. Paris, France, Orstom, p. 15-49.
16. LANDAIS E., DEFFONTAINES J.P., 1990. Les pratiques des agriculteurs : point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique. In : Actes du séminaire Modélisation systémique et systèmes agraires - Décision et organisation, département de Recherche Inra/Sad, St Maximin. Paris, France, Inra/Sad, p. 31-64.
17. LANDAIS E., LHOSTE P., MILLEVILLE P., 1987. Points de vue sur la zootechnie et les systèmes d'élevage tropicaux. *Cah. Sci. hum.*, 23 : 421-437.
18. LEGAY J.M., 1997. L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode. Paris, France, Inra, 111 p. (coll. Sciences en questions)
19. LE MOIGNE J.L., 1990. La modélisation des systèmes complexes. Paris, France, Dunod, 178 p.
20. LHOSTE P., 1984. Le diagnostic de système d'élevage. *Cah. Rech. Dév.*, n° 3-4 : 84-88.
21. MINTZBERG H., 1987. The strategy concept: Five Ps for strategy, another look at why organizations need strategies. *Calif. Manage. Rev.*, Fall 1987: 11-32.
22. PARIS Y., 1992. Etude des pratiques et stratégies des éleveurs à Massaroca. Mémoire de fin d'études, Eitarc/Cnearc, Montpellier, France, 164 p.
23. QUIRIN R., 1993. Epidemiologia e prevenção do aborto em caprinos. Relatório de consultoria, Agosto de 1990 - Agosto de 1993. Petrolina, Brésil, CPATSA/EMBRAPA, 60 p.
24. SABOURIN E., CARON P., DA SILVA P.C.G., 1997. Enjeux fonciers et gestion des communs dans le Nordeste du Brésil : le cas des vaines pâtures dans la région de Massaroca-Bahia. *Cah. Rech. Dév.*, 42 : 5-27.
25. SEBILLOTE M., SOLER L.G., 1990. Les processus de décision des agriculteurs. In : Actes du séminaire Modélisation systémique et systèmes agraires - Décision et organisation, département de Recherche Inra/Sad, St Maximin. Paris, France, Inra/Sad, p. 93-118.
26. TCHAYANOV A., 1990. L'organisation de l'économie paysanne (traduction en français). Paris, France, Librairie du Regard, 344 p.
27. THERY H., 1995. Le Brésil, 3^e éd. Paris, France, Masson, 265 p.
28. TONNEAU J.P., CLOUET Y., CARON P., 1997. L'agriculture familiale au Nordeste (Brésil). Une recherche par analyses spatiales. *Nat. Sci. Soc.*, 5 : 39-49.
29. YUNG J.M., ZASLAVSKI J., 1992. Pour une prise en compte des stratégies des producteurs. Montpellier, France, Cirad-sar, 72 p. (coll. Documents systèmes agraires n° 18)

Reçu le 28.02.00, accepté le 21.09.00

Summary

Caron P., Hubert B. From analyzing practices to designing an evolution model for animal husbandry systems: application to the Nordeste region of Brazil

A methodological approach based on the analysis of livestock farmers' practices was used to understand the regional evolution of animal husbandry systems. The concept framework is presented in the first part. The methodology used to concretize this approach is described in the second part. It is illustrated in the third part by the case-study of a livestock farmer's practices in the Nordeste region of Brazil. Finally, to develop this approach the authors proposed and discussed an evolution model for animal husbandry systems in the area, designed on the basis of a comparative analysis of the farmers' practices and strategies. Identification and interpretation of change required the explicit analysis of local as well as global processes, and the integration of time-scales. To do so, special attention was paid to territorial management practices of the animal husbandry systems. They helped specify the influence of space and integrate spatial scales in the analysis, which were meaningful with regard to change. Based on an analysis of the practices, identification of evolution factors and modes of livestock farming lay in a modeling process, whose results are discussed.

Key words: Animal husbandry methods - Model - System analysis - Livestock management - Nordeste - Brazil.

Resumen

Caron P., Hubert B. Del análisis de las prácticas a la construcción de un modelo de evolución de los sistemas de crianza: aplicación a la región Nordeste de Brasil

En el presente artículo se describe una maniobra de metodología cuyo objetivo es la comprensión de la evolución regional de los sistemas de crianza a partir del análisis de las prácticas de los criadores. Después de presentar un cuadro conceptual en la primera parte, se describe en la segunda parte, la metodología utilizada para poner en marcha esta maniobra. En la tercera parte, esta se ilustra mediante un estudio de casos, sobre el análisis de las prácticas de un criador de la región Nordeste de Brasil. Finalmente, los autores desarrollaron esta maniobra proponiendo y discutiendo un modelo de la evolución de los sistemas de crianza en esta región, construido a partir del análisis comparativo de las prácticas y de las estrategias de los criadores. La identificación y la interpretación del cambio exigieron un análisis explícito del proceso, tanto local como global, así como la integración de diferentes pasos de tiempo. Para esto, se dio particular atención a las prácticas territoriales de los sistemas de crianza, para evidenciar la marca del espacio y permitir la integración, en el análisis, de las escalas espaciales que presentaban un sentido con respecto al cambio. A partir del análisis de las prácticas, la identificación de las modalidades y de los factores de evolución de las actividades de crianza, se basó sobre un trabajo de modelos, cuyos resultados se discuten.

Palabras clave: Método de crianza - Modelo - Análisis de sistemas - Manejo del ganado - Nordeste - Brasil.

Les dénombrements d'animaux domestiques, une revue

J.F. Michel ^{1,2}

Mots-clés

Recensement du bétail - Elevage - Distribution spatiale - Relevé aérien - Echantillonnage - Méthode - Afrique.

Résumé

La connaissance des effectifs d'animaux domestiques est capitale, de l'échelle continentale à l'échelle locale, pour pouvoir orienter et appliquer les politiques de développement des productions animales et négocier l'aide internationale. Dans les pays en développement et en Afrique sub-saharienne particulièrement, la connaissance de ces effectifs est imprécise et il est nécessaire de procéder à des dénombrements. Les méthodes d'estimation des effectifs d'animaux ont été développées tardivement et surtout pour l'étude des populations sauvages. La littérature sur le sujet est abondante. Elle est souvent informelle et nettement moins riche en ce qui concerne les populations domestiques. Cet article présente une revue bibliographique des méthodes employées et des opérations effectuées pour dénombrer des populations d'animaux domestiques. Les méthodes de dénombrement sont présentées et leur principe statistique et opérationnel décrit. Les résultats obtenus lors de différentes opérations menées essentiellement en Afrique sub-saharienne sont présentés et discutés. Les principales techniques abordées sont les comptages directs et indirects, au sol et par avion, exhaustifs ou par échantillonnage. Les méthodes du *strip transect* et les méthodes indirectes d'estimation des effectifs par enquête au sol sont largement décrites. Les méthodes de *line transect* et de capture-marquage-recapture sont plus succinctement abordées. Le choix des méthodes et des moyens existants pour dénombrer les animaux domestiques est discuté en fin d'article. De nouvelles voies méthodologiques sont également indiquées.

■ INTRODUCTION

La connaissance des richesses en ressources naturelles et animales disponibles semble nécessaire et évidente pour leur gestion et leur développement. A l'origine, les dénombrements d'animaux domestiques ont surtout été établis dans un but de taxation. Plus récemment, avec l'apparition des politiques agricoles nationales, ces dénombrements ont plutôt servi à la mise en place de plans de gestion et d'amélioration des productions et chaque société a tenté d'apporter ses solutions. Dans les pays développés, les systèmes de recensement des animaux domestiques sont fondés sur l'identification et l'enregistrement de chaque individu. Dans les pays en développement et en Afrique sub-saharienne particulièrement, les conditions de mise en place d'un tel système sont absentes, par

manque d'infrastructures et de moyens mais aussi à cause des contraintes liées aux modes d'élevage, notamment les déplacements d'animaux. La connaissance des effectifs d'animaux domestiques reste imprécise et basée sur des informations annexes peu fiables (50). Pourtant elle est capitale, de l'échelle continentale à l'échelle locale, pour pouvoir orienter et appliquer les politiques de développement des productions animales. A l'heure des restrictions des crédits d'aide au développement, de la gestion et du développement durable, la nécessité de disposer d'une information fiable concernant la biomasse animale est plus que jamais d'actualité.

Paradoxalement, les méthodes d'estimation des effectifs d'animaux ont été développées tardivement, essentiellement pour l'étude et la gestion de la faune sauvage. La littérature sur le sujet est abondante et régulièrement complétée (9, 38, 39, 41). Elle est nettement plus récente et moins abondante en ce qui concerne les populations animales domestiques. Très éparpillée, elle est représentée essentiellement par des rapports, plus ou moins formels, d'opérations de recensement menées dans divers pays d'Afrique

1. Cirad-emvt, TA 30/B, Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France

2. Cirades, BP 454, 01 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso
Tél./fax : 01 + 226 97 43 42; E-mail : j-francois.michel@cirad.fr

sub-saharienne par des prestataires de service privés, des organismes de coopération ou des organisations non gouvernementales. Il n'existe à notre connaissance aucun ouvrage spécifique sur les comptages d'animaux domestiques et les articles scientifiques publiés sur ce sujet sont rares (4, 15). Le dénombrement des animaux domestiques est considéré comme un cas particulier de celui des animaux sauvages et les techniques utilisées pour évaluer leurs effectifs sont souvent dérivées de celles mises au point pour la faune sauvage. Cependant, le comportement des animaux domestiques et les pratiques d'élevage (conduite au pâturage, logement, transhumance, etc.) engendrent des contraintes particulières qui nécessitent de considérer leur recensement comme un problème à part entière.

Cet article tente, à travers une revue des méthodes employées et des opérations effectuées, de faire une synthèse des méthodes applicables pour dénombrer les animaux domestiques.

■ METHODES

Méthodes de dénombrement direct

Dénombrement exhaustif

Le comptage direct, précis et fiable de tous les animaux présents sur une aire donnée nécessite que toute la surface soit examinée et que les animaux soient dénombrés précisément et en une seule fois (23). Le risque de sous-estimation de l'effectif est donc important. Cependant les récepteurs Gps (Global Positioning System), qui donnent des positions précises, et les caractéristiques des animaux domestiques — notamment les bovins, qui se déplacent lentement et qui sont bien visibles — permettent de limiter ce risque.

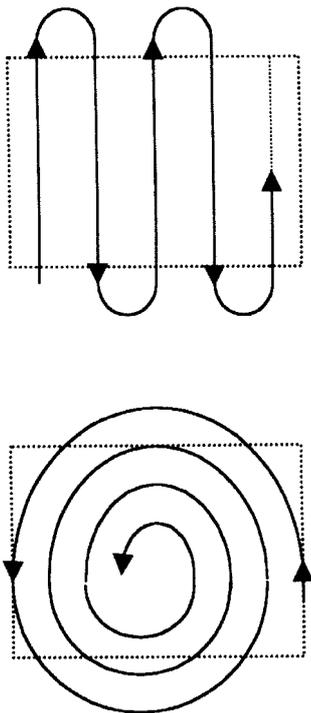


Figure 1 : plans d'exploration d'une zone pour un dénombrement aérien exhaustif.

Généralement et pour des raisons de rapidité, les dénombrements exhaustifs sont faits par avion pour vérifier que la taille de la population est restée constante. Plusieurs plans d'exploration ont été proposés (23) (figure 1) et mis en œuvre. Dans le delta du fleuve Sénégal (3 500 km²), le comptage exhaustif des bovins a été effectué par vols circulaires au dessus des dépressions rizicoles dans lesquelles les animaux pâturent en saison sèche froide (44). Au Burkina Faso, des comptages aériens exhaustifs ont été effectués récemment sur une zone de 440 km² pour valider un modèle de répartition spatiale des bovins (21). Les bovins ont été positionnés et comptés par balayage rectiligne de la zone, divisée en quatre blocs.

Le principal inconvénient des dénombrements exhaustifs, outre leur coût élevé, est le risque de sous-estimer l'effectif. En effet, même si toute la surface de comptage est explorée et tous les animaux visibles dénombrés, les animaux gardés sous abri ou stationnant sous le couvert végétal restent inaccessibles aux observateurs. Ceci est d'autant plus gênant qu'il est difficile d'évaluer statistiquement ce risque. Les conditions d'application de cette méthode restent donc limitées à de petites zones de pâturage à faible couverture végétale, avec une estimation conjointe au sol de la proportion d'animaux cachés.

Echantillonnage d'une surface

L'effectif total des animaux d'une zone est estimé à partir des effectifs dénombrés sur un échantillon de cette zone. Le temps d'enquête et les coûts sont réduits, mais inévitablement la précision de l'effectif dénombré diminue. L'intervalle de confiance de l'estimation de l'effectif augmente. Cependant cet intervalle est calculable.

■ Types d'unités échantillonnées

- Quadrats et blocs

Les quadrats sont généralement des rectangles ou des carrés, alors que les blocs sont des polygones variables déterminés selon des caractéristiques du milieu (23). Les animaux sont dénombrés de manière exhaustive dans les unités choisies. Le principal avantage de l'utilisation de ces unités est la possibilité de passer plusieurs fois au-dessus du même endroit et donc de bien explorer la zone. Cependant elles n'ont jamais été utilisées pour les inventaires d'animaux domestiques, certainement à cause des nombreux temps morts nécessaires pour atteindre les quadrats et de la localisation difficile des limites des blocs malgré l'utilisation des Gps.

- Bandes de comptage ou strip transects

Ces unités d'échantillonnage sont des bandes, de largeur constante ou variable, reposant sur des lignes (transects) traversant la zone de comptage. Généralement cette largeur est constante lors des comptages aériens. Elle est déterminée par la visibilité des animaux. La même technique est utilisable au sol. Il est alors possible de faire varier la largeur de bande en fonction de la densité du milieu.

Classiquement, l'orientation des transects doit être, dans la mesure du possible, perpendiculaire aux lignes d'isodensité des animaux à dénombrer, donc aux axes de déplacement des animaux et à tous les facteurs de milieu pouvant être liés à leur comportement.

Le *strip transect* est quasiment la seule technique utilisée pour les comptages aériens (23). Les temps morts sont minimisés et la navigation nettement plus facile. De plus, la gamme couverte des habitats et des groupes d'animaux est plus importante que pour les quadrats (généralement plus compacts). Les principales difficultés de l'utilisation des bandes résident dans la matérialisation, le contrôle et la précision de la mesure de la surface réellement couverte, mais

aussi dans la localisation et le comptage rapide et fiable des animaux présents dans le transect puisque le survol est unique. Les transects ne sont cependant pas toujours la meilleure unité à adopter. Si le terrain est très accidenté ou si la végétation est très dense, Norton-Griffiths (23) préconise l'utilisation de quadrats ou de blocs, ou même un comptage exhaustif sur toute la zone, ce qui n'est pas toujours réaliste.

■ Types d'échantillonnage

- Principes généraux

Quelle que soit l'unité d'échantillonnage utilisée — en supposant les zones de comptages choisies de manière aléatoire — un estimateur sans biais de la taille de la population est constitué par l'extrapolation à toute la zone de l'effectif compté dans la zone échantillonnée, auquel est rattachée une variance qui permettra de calculer l'intervalle de confiance de l'estimation de l'effectif total, avec un certain risque α . En d'autres termes, il y aura un risque α pour que l'effectif total réel ne se situe pas dans l'intervalle de confiance de l'effectif estimé. Dans le cas le plus simple d'échantillons de taille égale, les formules sont les suivantes :

estimation de la population totale

$$\hat{Y} = N \cdot \bar{y} \quad (1)$$

variance estimée de la population

$$\text{Var}(\hat{Y}) = \frac{N(N-n)}{n} \cdot s_y^2 \quad (2)$$

intervalle de confiance de l'estimation de la taille de la population totale au seuil de risque α

$$IC(\hat{Y})_\alpha = t_{1-\alpha/2} \times \sqrt{\text{Var}(\hat{Y})} \quad (3)$$

où n est le nombre d'unités échantillonnées (quadrats, blocs, bandes) ;

N le nombre total d'unités dans la zone ;

y_i le nombre d'animaux comptés dans une unité ;

\bar{y} la moyenne des y_i ;

s_y^2 la variance d'échantillon du nombre de bovins ;

et $t_{1-\alpha/2}$ suit une loi de Student à $n-1$ degrés de liberté.

Les équations précédentes sont parfois présentées avec l'écart type estimé de la population totale (ou erreur type ou déviation standard), qui correspond à la racine carrée de la variance estimée.

Il paraît intuitif d'augmenter l'intensité d'échantillonnage (n/N) pour diminuer la variance estimée (ou l'écart type) et donc diminuer l'intervalle de confiance (ou augmenter la précision) de l'estimation de l'effectif total. Grimsdell et coll. (11) donnent une illustration de cette relation pour des comptages aériens par transects de bovins au Nigeria (22) (figure 2). Le gain de précision engendré par une augmentation de l'intensité d'échantillonnage devient rapidement négligeable par rapport au coût induit. Le seuil de rentabilité se situe vraisemblablement en dessous de 30 p. 100 d'intensité d'échantillonnage, toutes espèces domestiques et toutes conditions de visibilité confondues.

Pour améliorer la précision en diminuant la variance estimée de la population totale, il est possible de diminuer la variance de l'échantillon, à coût constant, en utilisant différentes stratégies d'échantillonnage.

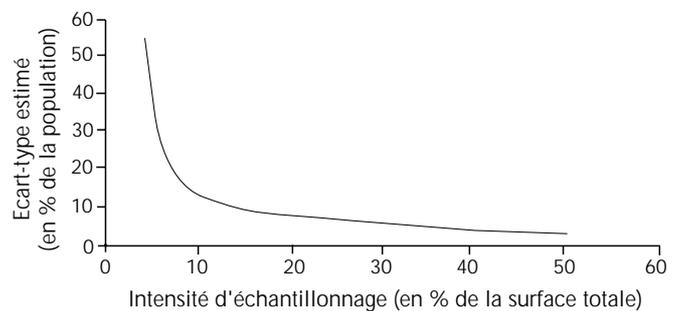


Figure 2 : relation entre l'intensité d'échantillonnage et l'écart type estimé d'une population bovine. (11)

- Echantillonnage aléatoire simple

Cette méthode consiste à tirer au hasard les unités d'échantillonnage dans la zone à prospector. Si elle est sans biais, elle n'assure pas forcément une bonne couverture du milieu. Elle est rarement utilisée de manière isolée, mais plutôt après stratification.

- Echantillonnage stratifié aléatoire

Cette méthode consiste à diviser la zone à explorer en sous-zones ou strates, les plus homogènes possibles et les plus hétérogènes entre elles vis-à-vis du paramètre étudié. Les unités d'échantillonnage sont ensuite tirées au hasard dans chaque strate, en nombre variable, selon la méthode de l'échantillonnage représentatif ou de l'allocation optimale. L'effectif total et la variance estimée de l'effectif, dans le cas d'un échantillonnage aléatoire de surfaces de tailles inégales, sont calculés selon la méthode du quotient (7) souvent citée sous le nom de « méthode n° 2 de Jolly » (14) :

estimation de la population totale

$$\hat{Y} = \hat{R} \cdot Z \quad \text{où} \quad \hat{R} = \frac{\sum_i y_i}{\sum_i z_i} \quad (4)$$

variance estimée de la population

$$\text{Var}(\hat{Y}) = \frac{N(N-n)}{n} \cdot \left(s_y^2 - 2\hat{R}s_{yz} + \hat{R}^2 s_z^2 \right) \quad (5)$$

où Z est la surface de la zone de dénombrement ;

z_i la surface d'une unité d'échantillonnage ;

s_y^2 la variance d'échantillon du nombre de bovins ;

s_z^2 la variance de la surface des unités échantillonnées ;

s_{yz} la covariance du nombre de bovins et de la surface des unités échantillonnées.

Dans le cas d'un échantillonnage stratifié, la variance totale est obtenue en sommant les variances par strate, calculées pour chaque strate de la même manière que précédemment.

Les dénombrements par *strip transects* avec un échantillonnage aléatoire stratifié ont été mis en œuvre dans les années soixante-dix, essentiellement en Afrique de l'Est, sur une superficie totale de plus de 3,5 millions de km² (48). En général la zone est divisée en strates, sur cartes et par un vol préliminaire à haute altitude, selon des critères de milieu. Ces strates sont souvent des unités agro-écologiques. Les transects sont ensuite tirés au sort et orientés perpendiculairement à l'axe écologique principal de chaque strate.

Tableau I

Caractéristiques de quelques dénombrements de bovins par la technique des vols systématiques de reconnaissance

Localisation	Caractéristiques des vols							Précision (%) (bovins)
	Superficie de la zone (km ²)	Taille du maillage (km)	Altitude (pieds)	Vitesse (nœuds)	Largeur de bande × 2 (m)	Intensité d'échantillonnage (%)	Comptages au sol	
Kenya ¹ 1977	500 000	10 x 10	300	np	225	2,2	non	8
Kenya ² 1978	500 000	5 x 5	300	np	225	4,5	non	7
Sénégal ² 1982	30 000	10 x 10	500	115	390	3,9	non	22
Ethiopie ³ 1983	15 500	5 x 5	600	100	600	12	non	14
Ethiopie ⁴ 1990	7 500	5 x 5	500	115	500	10	non	32
Mali ⁵ 1987	100 000	9 x 9 ; 18 x 18	800	np	800	9 ; 4,5	oui	15
Soudan ⁶ 1990	125 000	10 x 10 ; 20 x 20	800	np	800	8 ; 4	oui	25
Nigeria ⁷ 1989	59 000	5 x 5	800	np	800	16	oui	8
Nigeria ⁷ 1989	18 000	5 x 5	800	np	800	16	oui	29 ; 9
Tchad ⁸ 1991	60 000	10 x 10	800	np	1 000	10	oui	16
Tchad ⁹ 1993	148 000	5 x 5 ; 20 x 20	900	np	1 100	20 ; 5,5	oui	12

Sources : ¹ 43 ; ² 40 ; ³ 13 ; ⁴ 12 ; ⁵ 29 ; ⁶ 32 ; ⁷ 30 ; ⁸ 34 ; ⁹ 35. np : non précisé

Au Soudan (46, 47) lors d'un recensement national, 684 strates ont été déterminées et 6 223 transects ont été réalisés. L'intensité d'échantillonnage a varié entre 2 et 10 p. 100 selon les strates, soit environ 4 p. 100 de la surface du pays. Le nombre de bovins sur tout le territoire a été estimé à 15,37 millions (soit une densité de 6,2 bovins par km²) avec une précision de 8,5 p. 100.

L'échantillonnage stratifié améliore la précision de l'estimation de l'effectif par rapport à un échantillonnage aléatoire simple, mais il est plus coûteux à cause du nombre de temps morts entre transects, de leurs orientations différentes et de la multiplication des strates. De plus, la précision des résultats par strate est médiocre : ils n'ont qu'une valeur de comparaison entre strates pour déterminer des grandes tendances de peuplement. Ces comparaisons sont gênées par l'irrégularité géographique des strates. Par ailleurs, il faut être sûr que les critères de stratification sont fiables et vont réduire la variance de l'estimation des effectifs car il ne sera pas possible d'effectuer une autre stratification après-coup, à moins de regrouper des strates. Les auteurs évitent ce problème en multipliant (à l'excès ?) les strates, donc le coût. Aujourd'hui, cette méthode n'est plus utilisée que dans sa forme *a posteriori* (en regroupant des transects voisins, de densités homogènes). Elle a été délaissée au profit de l'échantillonnage systématique.

- Echantillonnage systématique aléatoire

Dans cette méthode, les bandes de comptage sont régulièrement espacées, le caractère aléatoire résidant dans le tirage au hasard de la première bande. Les comptages aériens par échantillonnage systématique sont apparus en réponse aux inconvénients de l'échantillonnage stratifié à la fin des années soixante-dix, notamment pour le relevé d'informations sur le milieu. Depuis, la méthode s'est développée (18) et généralisée. Elle reste la seule employée actuellement. Les principaux arguments avancés par ses défenseurs (24), sont :

- la bonne couverture du milieu, donc la liaison facile des densités d'animaux avec les facteurs environnementaux ;

- la facilité de navigation ;

- la possibilité de multiples stratifications *a posteriori*.

Nettement plus souple que l'échantillonnage stratifié aléatoire, cette méthode optimise l'efficacité des vols, particulièrement à petite échelle. La seule contre-indication rédhibitoire à son emploi est l'existence d'une variation régulière des facteurs de milieu (donc potentiellement de présence des animaux) de même espacement que celle des transects (23, 42).

Une variante de cette méthode est actuellement employée dans les comptages d'animaux domestiques, notamment par les britanniques (18). Connue sous le nom de vols systématiques de reconnaissance (VSR, en anglais Systematic Reconnaissance Flights), elle consiste à effectuer un échantillonnage systématique aléatoire classique, puis à diviser chaque transect selon un quadrillage de maille variable (tableau I) placé sur la zone à étudier (figure 3). Les animaux et les habitations sont comptés dans la surface échantillonnée alors que d'autres caractères sont relevés de manière qualitative sur l'ensemble du carré survolé (couverture végétale, caractéristiques du sol, points d'eau, etc.). L'effectif total et les variances des animaux et des habitations sont estimés pour l'ensemble de la zone. En toute rigueur, les méthodes classiques de calcul de la variance estimée ne sont plus applicables lorsqu'il existe une structure spatiale des objets dénombrés, ce qui est presque toujours le cas. Néanmoins, la méthode « Jolly 2 » est appliquée en approximation. Une deuxième méthode de calcul de

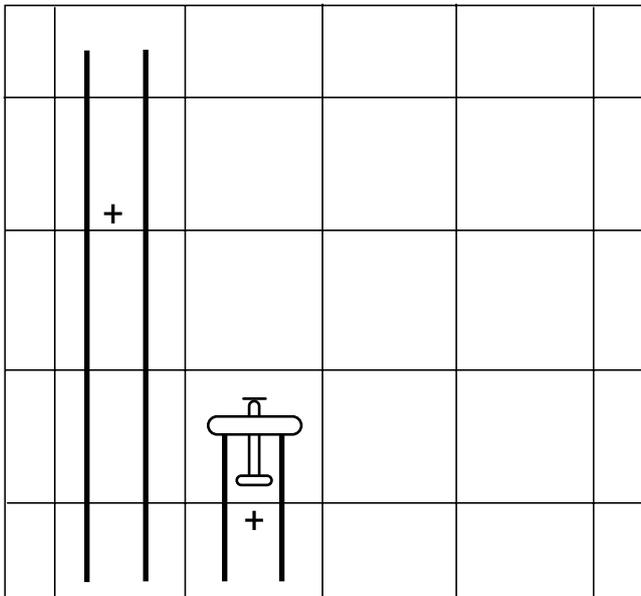


Figure 3 : vols systématiques de reconnaissance. (35)

la variance estimée de la population totale, mise au point par Marriott et Wint (18), prend la valeur de l'effectif compté dans chaque carré comme unité :

$$\widehat{Var}(Y) = \frac{\sum [4y_{i,j} - (y_{i-1,j} + y_{i+1,j} + y_{i,j+1} + y_{i,j-1})]^2}{20n^*} \quad (6)$$

où i, j sont les coordonnées d'un carré de la grille ;

y est le nombre de bovins comptés dans un carré ;

n^* le nombre de carrés de la grille ayant 4 voisins (dans les sens nord-sud et est-ouest).

La variance obtenue est plus faible qu'avec la méthode « Jolly 2 » sauf s'il existe une forte agrégation des éléments dénombrés.

L'avantage de cette technique de comptage est qu'elle permet de dresser des cartes de répartition des animaux pouvant être mises en relation avec de nombreuses autres informations, cartographiées selon le même modèle. Ce type de représentation permet de visualiser les grandes tendances de répartition des diverses informations acquises. Mais les résultats par carrés ont une valeur limitée puisque aucune variance estimée de l'effectif par carré n'est calculée. Ce fait mérite d'être rappelé avant de lire de telles cartes (48).

Les dénombrements aériens par échantillonnage systématique sont intéressants pour leur facilité technique. Ils fournissent des résultats exploitables par des techniques d'analyses statistiques et cartographiques classiques. Il est possible de déterminer des relations entre effectifs d'animaux et caractères de milieu, à l'échelle d'un VSR ou en regroupant plusieurs opérations couvrant diverses zones bioclimatiques (50). Les résultats obtenus sont solides et intéressants pour analyser et prévoir les effectifs d'animaux domestiques à partir des données anthropologiques ou mésologiques. Cependant, leur emploi ne se conçoit qu'à l'échelle d'un pays ou d'une sous-région continentale.

Echantillonnage d'une ligne

La méthode reposant sur l'échantillonnage d'une ligne, ou *line transect*, a surtout été développée pour les comptages terrestres d'animaux sauvages. La littérature sur le sujet est abondante (1, 9, 38, 39, 41). Cette méthode est peu employée pour l'inventaire des animaux domestiques. Aucune largeur de bande n'est fixée à l'avance contrairement à la méthode du *strip transect*. Un observateur se déplace sur une ligne droite choisie aléatoirement et note, dès qu'il aperçoit un individu, la distance à l'animal r , l'angle θ entre la ligne de marche et la position de l'animal (et par déduction la distance perpendiculaire X (1)) (figure 4).

L'estimateur général de la densité d'animaux est :

$$\hat{D} = \frac{n}{2L\tilde{w}} \quad (7)$$

où n est le nombre d'individus rencontrés ;

L la longueur du transect ;

\tilde{w} la mesure d'une demi-largeur effective couverte par l'observateur.

Il s'agit d'estimer la largeur réelle couverte par l'observateur, à partir de l'histogramme des distances perpendiculaires de vision mesurées (figure 5). Cette estimation peut s'effectuer directement, en recherchant sur l'histogramme la distance à partir de laquelle le nombre d'observations chute brutalement (méthode « *ad hoc* »), ou en modélisant cet histogramme de probabilité de détection des animaux en fonction de la distance perpendiculaire par des méthodes paramétriques ou non paramétriques - les plus fiables (9).

Les conditions d'application de cette méthode exigent que :

- tout animal présent sur l'axe soit détecté ;
- l'observateur n'influe pas sur la position des animaux ;
- les détections soient des événements indépendants ;
- les mesures soient précises ;
- aucun individu ne soit échantillonné plus d'une fois.

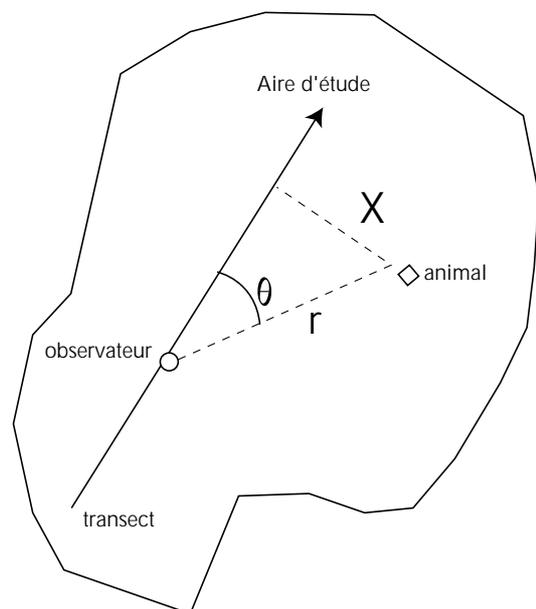


Figure 4 : principe du line transect.

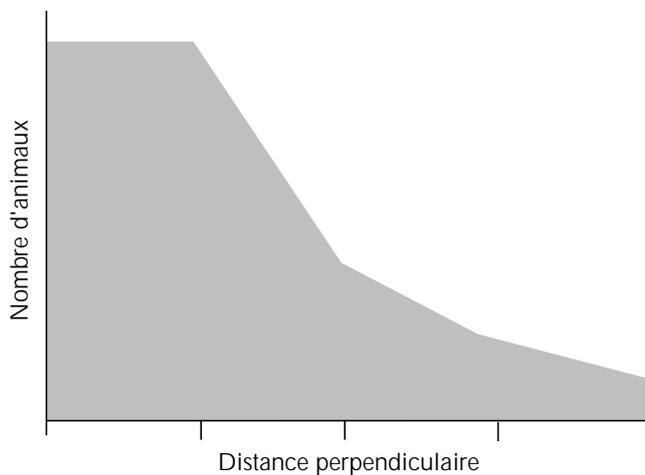


Figure 5 : histogramme des distances perpendiculaires de vision.

Lorsque les animaux sont regroupés, il est possible de changer d'échelle en dénombrant les groupes et en prenant le centre géométrique des troupeaux rencontrés pour mesurer la distance de vision. L'effectif en animaux est ensuite déterminé en multipliant le nombre de groupes par leur taille moyenne (9). L'emploi de cette méthode pose un problème si la probabilité de détection des groupes est variable selon leur taille, ce qui n'est vraisemblablement pas le cas pour les grands animaux domestiques (bovins, camelins, équins), bien visibles individuellement, peu mobiles et ne fuyant pas à l'approche de l'homme. Cependant, dans le cas de très grands troupeaux, il se peut que le centre géométrique soit au-delà de la distance de visibilité, le troupeau n'étant détecté que par ses individus marginaux situés en deçà de cette distance. L'estimation de la surface couverte devient alors problématique. De plus, il faut compter précisément tous les individus des groupes et la précision de ce comptage décroît avec la taille du groupe même si la mobilité des animaux domestiques est souvent faible.

Les caractéristiques des animaux domestiques rendent cette méthode intéressante pour leur dénombrement s'il est possible de faire une stratification sur la taille des groupes et en adaptant la méthodologie aux grands troupeaux. A notre connaissance elle n'a

jamais été appliquée aux animaux domestiques. Cela tient certainement à la condition aléatoire sur les transects (les formules ne sont plus applicables lorsque les transects sont corrélés à la population, il faut donc éviter de suivre les routes) qui rend difficile son application autrement qu'à pied, donc sur de petites zones. Pourtant, elle reste intéressante par sa rapidité de mise en œuvre, son faible coût et la qualité des estimations qu'elle permet d'obtenir (9).

Méthodes de dénombrement indirect

Les méthodes indirectes de dénombrement ont été développées pour les comptages d'espèces sauvages, lorsque le comptage visuel direct est difficile (milieu fermé, animaux farouches). Elles consistent à dénombrer des indices de présence (traces, fèces, carcasses) et à les relier à un effectif d'animaux par des ratios (nombre d'indices laissés par un animal) (3, 16). Le même principe a été spontanément utilisé pour estimer les effectifs d'animaux domestiques. En effet, pour des raisons d'efficacité, il semble plus facile et plus rapide de dénombrer des points d'eau ou des habitations que des animaux, surtout lorsqu'ils sont petits. Cette méthode a donc été utilisée pour dénombrer des animaux ou pour corriger la sous-estimation due aux animaux cachés par les habitations lors des comptages aériens.

Le modèle général de cette méthode est de la forme : $Y = a \cdot N \cdot r$

où Y est l'effectif estimé ;

N le nombre d'éléments d'une information annexe (points d'eau, habitations) ;

r le nombre d'animaux par élément ;

a un facteur de correction, obtenu par calibrage.

Pour calculer la variance de Y , il convient de distinguer deux cas :

- N , le nombre total d'unités d'information annexe, est parfaitement connu, comme dans le cas de l'échantillonnage d'une surface. Il est alors possible d'appliquer les formules classiques de la théorie de l'échantillonnage : la variance de Y est obtenue en multipliant la variance de r par N^2 ;

- N est estimé, la variance de Y dépend alors des variances de N et r , et son calcul n'est pas classique ; elle est d'ailleurs rarement mentionnée.

Les exemples d'application de cette méthode sont nombreux.

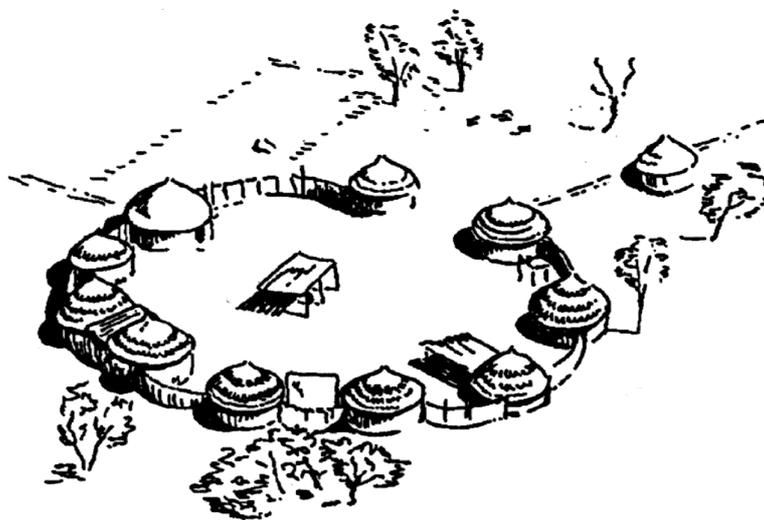


Figure 6 : une concession classique en Afrique subsaharienne (30).

Estimation à partir des concessions

Une concession est une unité d'habitation formée par un ensemble de constructions où cohabitent un ou plusieurs ménages (2) de même lignée (20) (figure 6). L'avantage de cette unité est son identification facile sur le terrain. Les animaux sont dénombrés, à vue ou par enquête, soit sur un échantillon de concessions et l'effectif total est alors obtenu par extrapolation (recensement national des animaux domestiques au Burkina Faso en 1988) (2), soit de manière exhaustive (zone agropastorale du Burkina Faso) (19, 20).

Le principe de cette méthode peut paraître séduisant. Cependant les sources d'imprécision et les inconvénients sont nombreux. En effet, le nombre d'enquêteurs peut être une source importante de biais, les dénombrements à vue sont imprécis si les animaux sont groupés et enfin la peur des taxes peut inciter les propriétaires à soustraire des animaux aux enquêteurs. L'exemple du dénombrement national effectué au Burkina Faso (2) est éloquent : 345 personnes et 72 véhicules ont été mobilisés. Les auteurs rapportent des écarts entre les déclarations des éleveurs et les comptages visuels de 31 p. 100 pour les bovins et de 60 p. 100 pour les petits ruminants. De plus, deux problèmes statistiques surviennent : soit les concessions sont dénombrées de manière exhaustive sous peine de sous-estimation des effectifs, soit le nombre total de concessions est estimé (2) et la variance du nombre d'animaux dépend de la variance des concessions et du nombre d'animaux par concession. Cette variance n'est d'ailleurs pas mentionnée par les auteurs qui rapportent pourtant des imprécisions estimées entre 5 et 6 p. 100 pour les principales espèces domestiques au niveau national. Son calcul formel est en fait très délicat et les chiffres avancés sont des estimations empiriques et invérifiables. L'idéal serait de pouvoir dénombrer les concessions de manière fiable et rapide, par exemple sur une image satellite. Les premiers essais effectués sur le terrain pour valider des concessions supposées détectées sur une image Spot au Burkina Faso sont en cours.

L'inconvénient majeur de ce type d'inventaire est qu'il se fonde sur les animaux détenus dans chaque concession. La variabilité extrême du nombre d'animaux par concession est la principale source d'imprécision. Sur la base du recensement exhaustif effectué au Burkina Faso (19, 20), une simulation d'échantillonnage de surface montre que l'erreur commise dans l'estimation du nombre total de bovins dans la zone atteint 100 p. 100 de l'effectif réel pour 20 p. 100 de la zone échantillonnée ; elle est encore de plus de 50 p. 100 pour la moitié de la zone échantillonnée. Les dénombrements terrestres basés sur les habitations semblent donc très imprécis.

Estimation à partir des toits

Les toits des habitations sont utilisés comme unités de dénombrement indirect des animaux domestiques, notamment dans les enquêtes aériennes, pour estimer le nombre d'animaux cachés dans les habitations (18, 28, 43, 46). Le nombre d'habitations est estimé lors des vols de comptage selon la même technique que pour les animaux. Une enquête au sol est ensuite effectuée sur un échantillon d'habitations. Le nombre d'animaux cachés par toit est estimé et le nombre total d'animaux cachés est obtenu en multipliant ce ratio par le nombre total de toits. Pour améliorer les estimations, les toits sont stratifiés selon leur type (tôle, paille, argile, etc.) et le nombre d'animaux cachés par toit est mis en relation avec les facteurs de milieu (couvert végétal, points d'eau) et la localisation géographique par analyse de variance. Le nombre d'animaux cachés est ensuite extrapolé en fonction de ces analyses (18, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35).

L'intervalle de confiance de l'estimation du nombre total d'animaux cachés dépend d'une double variance (sur le nombre de toits et sur le nombre d'animaux par toit). Il est rarement indiqué. C'est regrettable car, selon les espèces, le nombre d'animaux cachés peut représenter une forte proportion des animaux présents (jusqu'à 11 p. 100 des bovins et 99 p. 100 des équins) (34) et donc fortement modifier les résultats obtenus lors des comptages aériens. Enfin, il convient de définir précisément l'unité « toit » pour savoir quels toits compter et s'assurer que les toits sont identifiés de la même manière au sol et en avion pour éviter tout risque de biais.

Etant données ces difficultés, cette méthode ne peut se concevoir qu'en complément à un comptage aérien et non comme un dénombrement à part entière.

Estimation à partir des habitants

Le principe d'établir un ratio du nombre d'animaux par éleveurs et de le multiplier par le nombre d'éleveurs dans la population pour obtenir le nombre total d'animaux a été utilisé en Haïti (26) et à Madagascar (37) lors d'enquêtes nationales sur le cheptel. Le nombre d'éleveurs étant estimé par sondage, la variance finale dépend de la variance du nombre d'éleveurs et de celle du nombre d'animaux par éleveur. Aucune information n'est donnée sur la précision des estimations dans ces deux opérations. Les principaux inconvénients de cette méthode sont les mêmes que pour la méthode basée sur les concessions. De plus, la notion d'éleveur est toujours imprécise. A Madagascar, le nombre plus important de troupeaux identifiés lors du recensement agricole de 1985 que lors du recensement du cheptel en 1987 illustre bien le fait que les agriculteurs, pourtant détenteurs d'animaux, sont souvent omis lors des études sur le cheptel. Cette méthode est donc peu intéressante pour dénombrer des animaux domestiques puisqu'à la variabilité — souvent très forte, voir ci-dessus — du nombre d'animaux détenus dans les habitations, s'ajoute l'incertitude sur le nombre de personnes détenant du bétail.

Estimation à partir des animaux

Cette méthode n'est pas une méthode de dénombrement *stricto sensu*. Elle est utilisée pour déterminer au sol les proportions d'ovins et de caprins dans les troupeaux de petits ruminants, en général indifférenciables les uns des autres depuis un avion (18, 46). Les enquêteurs suivent une ligne droite et comptent les proportions de chaque espèce dans tous les troupeaux qu'ils rencontrent. Comme pour les animaux cachés, ces proportions sont analysées en fonction des caractères du milieu par analyse de variance, afin d'affiner l'application des ratios aux effectifs de petits ruminants déterminés lors du recensement aérien.

Ce principe de ratio comme méthode de dénombrement pourrait être envisagé en utilisant les taux d'exploitation, les proportions de veaux non sevrés ou les taux de couverture vaccinale lorsque ceux-ci sont connus de façon fiable. Le comptage consisterait alors à estimer le nombre total d'animaux dans une zone à partir du nombre d'animaux vendus ou abattus, de veaux non sevrés ou d'animaux vaccinés, puis à appliquer le ratio adéquat. Ces données sont souvent disponibles, notamment les données des grandes campagnes de vaccination, ou plus facile à obtenir qu'un dénombrement complet de tous les animaux.

Enfin, citons les méthodes d'effort de capture ou de capture-marquage-recapture, largement appliquées en écologie (41) mais jamais aux animaux domestiques. Elles pourraient pourtant être utilisées pour suivre les évolutions d'effectifs d'animaux dans une zone. Leur transposition au monde domestique pourrait consister à vacciner (marquer) les animaux une première fois (capture), puis à

estimer l'évolution de la population en dénombrant le taux d'animaux non vaccinés lors d'une deuxième vaccination (recapture). Les conditions d'application d'une telle méthode sont à définir précisément pour éviter les erreurs dues par exemple à des animaux introduits ou sortis de la zone entre les vaccinations, ou à des taux différents de couverture vaccinale. C'est une piste intéressante et encore inexplorée.

Estimation à partir des points d'eau

En fin de saison sèche les points d'abreuvement sont généralement peu nombreux. Il semble logique de vouloir estimer les effectifs d'animaux à partir de ces points, faciles à dénombrer. La technique consiste soit à déterminer l'aire d'influence d'un point d'eau et estimer le nombre d'animaux venant s'y abreuver pour définir leur densité, comme cela a été fait au Sénégal (27), soit à évaluer par enquête le nombre d'animaux par point d'eau, puis calculer l'effectif total d'animaux dans une zone en affectant ce ratio à l'ensemble des points d'eau de la zone, comme au Tchad (45). Il est possible, pour améliorer la précision des estimations d'effectifs, de stratifier les points d'eau selon leur importance, mesurée d'après divers critères (nombre d'abreuvoirs, nombre de trous, dispositifs d'exhaure) (45). Néanmoins, les sources de biais et d'imprécision restent nombreuses : la notion d'aire d'influence ou de zone desservie par un point d'eau est floue et variable au cours du temps. Il faut savoir combien de points d'eau différents sont fréquentés par les mêmes animaux. Il faut aussi rester assez longtemps au point d'eau pour dénombrer tous les individus qui le fréquentent en évitant de compter plusieurs fois les mêmes animaux ; on les compte donc lors de leur arrivée (27). Effectuer des hypothèses simplificatrices sur ces facteurs de variation des effectifs augmente l'imprécision et entraîne des biais. L'étude et le contrôle de ces facteurs alourdit les protocoles d'enquête et de traitement des données. De plus, comme pour les comptages à partir d'un échantillonnage d'habitats, la précision de l'estimation du nombre total d'animaux dans une zone est difficile à calculer. Cette précision a été estimée à 5 p. 100 au Sénégal, mais la rigueur de cette estimation est discutable.

Cette méthode de comptage est délicate à mettre en œuvre. Toutefois, dans les zones où la contrainte d'abreuvement est forte et à condition de contrôler au mieux les sources de biais, l'estimation du nombre d'animaux peut être assez précise.

Remarques méthodologiques

Les méthodes indirectes de dénombrement, notamment à partir des concessions, des toits et des points d'eau, sont séduisantes par leur faible coût et leur relative rapidité. Cependant, les sources d'imprécision sont nombreuses et délicates à quantifier. Il convient de les contrôler au maximum pour obtenir une estimation précise.

Le problème central dans la mise en œuvre de ces méthodes est le calcul, souvent omis par les auteurs, de la variance de l'effectif total estimé qui devient difficile lorsque les unités d'information annexe sont elles-mêmes estimées puisque la variance, double, porte sur N et r . Il semble pourtant possible de la calculer en adaptant la méthode exposée par Barnes et coll. (3) pour estimer cette variance sur un protocole de dénombrement des éléphants à partir des fèces par la technique du *bootstrap*. Cette technique consiste à considérer l'ensemble des données comme une population dans laquelle un échantillonnage avec remise est effectué un grand nombre de fois. Chaque échantillon permet de calculer la valeur du ou des paramètres étudiés. Dans le cas des comptages indirects il faut calculer, par *bootstrap*, m fois la valeur de N et r puis choisir au hasard une valeur de N et r parmi ces m valeurs et calculer la valeur de Y . La répétition m fois de cette opération (Monte Carlo) permet d'obtenir une estimation de la variance de Y .

Méthodes d'exploration

Enquêtes terrestres

L'avantage important des dénombrements terrestres réside dans la faible vitesse de déplacement et la possibilité de s'arrêter. Ils permettent également de recueillir des informations précises sur le milieu et auprès des éleveurs. Toutefois, il est important de signaler que le recensement au sol des animaux regroupés est souvent difficile. Le mouvement des animaux, le masquage des petits individus (les veaux notamment) font que le comptage est souvent malaisé. Un écart maximum de 10 p. 100 environ autour de la vraie valeur a été relevé en comparant les résultats obtenus par comptage des bovins regroupés dans un parc puis par comptage individuel à la sortie du parc (20). De plus, les enquêtes terrestres sont longues, ce qui implique que la zone à explorer soit petite ou que le nombre d'enquêteurs soit grand avec le risque de biais que cela comporte. Par ailleurs, il est difficile de mesurer et contrôler la surface explorée. A ce titre, la méthode du *strip transect* paraît peu réaliste au sol, dans la mesure où aucun repère visuel fixe ne permet de figurer la bande de comptage et donc de décider si les animaux sont présents ou non dans cette bande. Un moyen de contourner ce problème consiste à fixer une distance maximale de visibilité pour chaque type de milieu traversé et d'utiliser cette distance pour déterminer la surface explorée. La distance maximale de visibilité est souvent déterminée en faisant marcher une personne habillée en kaki perpendiculairement à l'axe de déplacement des observateurs et de noter la distance à laquelle elle disparaît. Pour des observations nocturnes cette distance est déterminée en fixant un réflecteur dans le dos de la personne qui marche (8). La méthode du *line transect* n'a pas cet inconvénient mais elle reste dédiée à des zones restreintes. Enfin, l'utilisation de véhicules est limitée par les contraintes d'accès au milieu, quelle que soit la méthode choisie : elle est envisageable seulement dans des zones ouvertes et peu accidentées. De plus, les dénombrements à partir des routes sont biaisés (23). Les enquêtes au sol présentent donc de nombreux inconvénients pour les comptages directs d'animaux et sont rarement employées en tant que telles. En revanche, elles sont souvent utilisées pour les dénombrements indirects, comme méthode unique ou en complément des comptages aériens pour estimer le nombre d'animaux cachés.

Enquêtes aériennes

Les enquêtes aériennes ont été généralisées et standardisées après-guerre, d'abord pour dénombrer la faune sauvage (25), puis les animaux domestiques (48). Généralement, les dénombrements d'animaux se font en avion léger (l'hélicoptère, très cher, est peu utilisé) à une altitude généralement inférieure à 1 000 pieds (303 m). La méthode utilisée pour délimiter la surface au sol consiste à placer des repères sur les haubans de l'aile (figure 7, a et b). L'observateur compte alors les objets situés dans cet intervalle (23, 25). Il convient de définir au préalable la largeur de la bande de comptage au sol W et l'altitude de vol H , selon la visibilité des animaux. L'écartement des repères (généralement des ficelles ou des rubans) est déterminé au sol et la largeur de comptage réelle est ensuite validée par survol et comptage de marques placées au sol. Cette technique n'est utilisée que pour les comptages directs par *strip transect*. Elle est délaissée pour les dénombrements exhaustifs et les comptages sur blocs ou quadrats, ce qui est regrettable car elle permet de contrôler la surface vue au sol.

Les principaux avantages des enquêtes aériennes sont leur rapidité et la possibilité de s'affranchir des contraintes d'accès au milieu. Il est possible d'explorer de grandes surfaces en peu de temps. Cependant, les sources d'erreurs sont nombreuses et doivent être contrôlées pour obtenir des résultats fiables. Elles sont dues à tous les facteurs qui influent sur la visibilité des animaux ou des objets

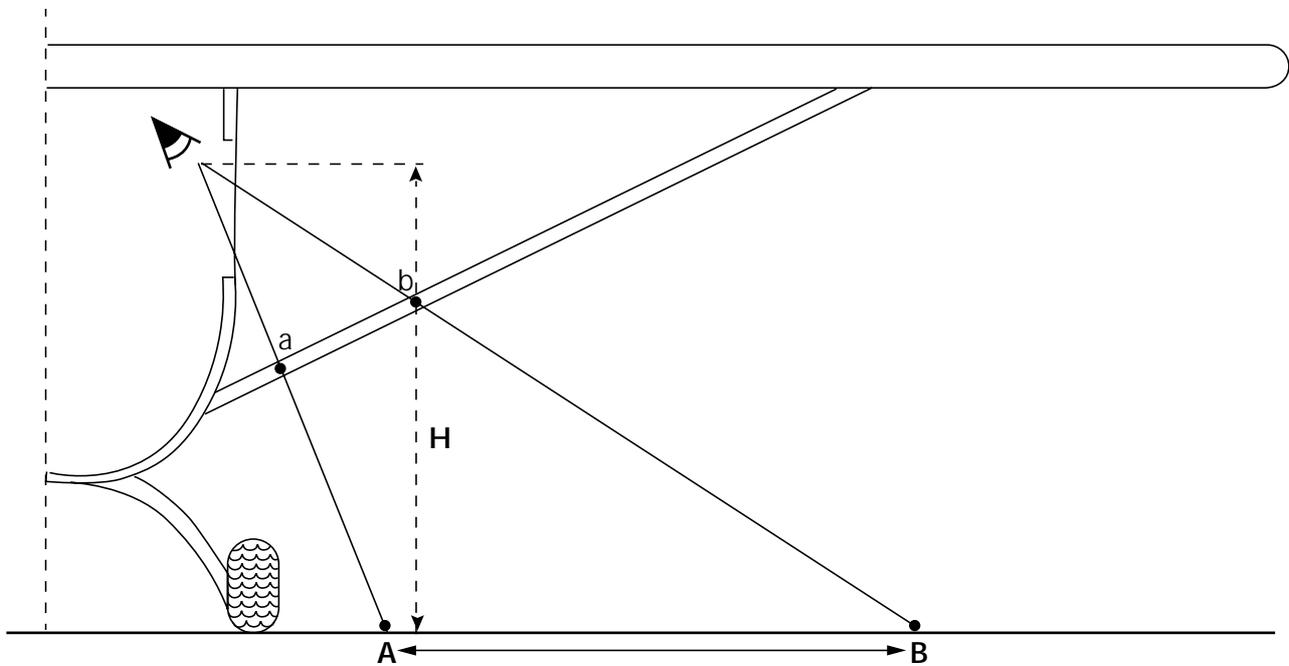


Figure 7 : détermination de la largeur de bande de comptage. (23)

à dénombrer (10) : l'altitude de vol, la largeur de la bande de comptage au sol, l'angle de vision, la vitesse de l'avion, la densité du milieu, la taille des animaux, leur mode d'élevage, la taille des groupes d'animaux, leur réaction au passage de l'avion, l'expérience des observateurs, la fatigue, l'heure de la journée et la luminosité. L'impact de ces sources d'erreur sur l'estimation de l'effectif total peut être important. Watson et coll. (49) ont noté près de 10 p. 100 de différences dans le repérage de leurres entre observateurs expérimentés et inexpérimentés. La sous-estimation due au couvert végétal a été évaluée au Soudan à plus de 17 p. 100 (46). Il semble donc important de limiter ces sources d'erreur, sinon de les mesurer pour en tenir compte, en adoptant des caractéristiques de vol adaptées (tableau I) et en photographiant les groupes d'animaux. Malgré tout, les enquêtes aériennes favorisent la sous-estimation des animaux, sauf pour les espèces très visibles en milieu ouvert. Watson et Tippett (48) rapportent, sur onze années d'expérience en Afrique, des erreurs systématiques de 3 à 59 p. 100 sur les estimations du bétail. Cependant, par leurs caractéristiques, les animaux domestiques sont ceux qui se prêtent le mieux aux comptages aériens, car ils sont souvent groupés, bien visibles et réagissent peu au passage de l'avion. Les conditions sont donc optimales.

■ DISCUSSION

Choix d'un protocole de dénombrement

Chaque méthode de dénombrement présente des avantages et des inconvénients. Le comptage aérien est le plus rapide et permet de couvrir en peu de temps de grandes étendues. Mais il est réputé coûteux et donne la position instantanée des animaux dans le milieu, sans pouvoir les relier à un point d'eau ou à un village. À l'inverse, le comptage terrestre permet de relever de nombreuses informations dans des domaines variés (zootecnie, sociologie, économie, etc.), de relier les animaux à des points d'abreuvement

et aux éleveurs et de fournir une base de donnée d'éleveurs — qui pourra être exploitée pour d'autres opérations, comme des enquêtes épidémiologiques ou des campagnes de vaccination. Toutefois, il est plus long et le protocole doit être rigoureusement mis au point pour procurer une estimation des effectifs avec une précision acceptable et chiffrable.

Si l'emploi de l'avion reste meilleur en termes de rapidité et d'efficacité sur de grandes surfaces, il faut sortir du schéma classique petite surface/comptages terrestres et grande surface/comptages aériens. En effet, le développement des outils d'analyse et de prospective, fondés notamment sur l'utilisation des images satellitaires, permet d'obtenir des résultats à petite échelle d'une précision comparable à ceux d'un comptage aérien avec un échantillonnage de la surface inférieure à 10 p. 100 (36, 50, 51). Dans un avenir proche, les opérations de dénombrement par avion pourraient très bien ne plus se concevoir qu'à une échelle locale. En revanche, les comptages terrestres, souvent appliqués au niveau local, permettent de relever des informations précieuses qui prennent plus en compte les pratiques d'élevage, les contraintes et les mouvements saisonniers des animaux particuliers à chaque zone. Cette richesse d'information peut être une exigence qui nécessite leur emploi à des niveaux supérieurs (régional ou national).

Parmi les méthodes disponibles, peu de techniques différentes ont été utilisées pour dénombrer les animaux domestiques. Pour les comptages aériens, l'échantillonnage systématique de bandes rectilignes s'est imposé. Les comptages au sol sont plus variés, adaptés à chaque situation et finalement moins formalisés et standardisés. La mise en œuvre d'un dénombrement et le choix d'une méthode doivent se raisonner seulement en fonction des objectifs. Il serait simpliste de condamner l'emploi de l'avion pour des raisons de coût. Bien sûr, les enquêtes aériennes paraissent onéreuses car elles concentrent les dépenses dans le temps et sur un poste principal ; mais l'impression de faible coût des enquêtes terrestres provient souvent de la dilution des dépenses dans divers postes et

dans le temps. Enfin, les méthodes de comptage présentées et discutées ne s'excluent pas forcément et leur emploi conjoint a déjà été mis en œuvre à de nombreuses occasions, notamment pour améliorer les estimations déterminées par avion avec des comptages terrestres (28). Les recoupements d'informations sont importants. Ainsi certaines informations peu précises mais sûres peuvent être affinées par des protocoles ponctuels plus précis.

Hétérogénéité spatiale

L'étude des structures spatiales et leur prise en compte dans les protocoles d'échantillonnage est courante en écologie végétale et animale (5, 6). Dans les dénombrements de grands mammifères sauvages et domestiques, l'hétérogénéité spatiale de la répartition des individus, si elle est parfois décrite, n'est jamais prise en compte dans les protocoles expérimentaux, sauf dans les comptages par *line transect* où la taille des groupes peut influencer sur la probabilité de leur détection. Pourtant les conséquences de cette hétérogénéité sont importantes.

Pour les animaux domestiques, elle peut se concevoir à plusieurs niveaux. Au niveau individuel, elle est générée par l'agrégation des animaux en troupeaux de taille variable. Au niveau collectif, elle correspond à l'agrégation des troupeaux, dans les villages, aux points d'eau ou sur les parcours. Statistiquement, ces agrégations influent sur l'estimation de la variance des effectifs dénombrés.

Il est difficile de classer les méthodes d'échantillonnage selon leur sensibilité à l'agrégation des individus ou des groupes. En effet, cette sensibilité varie en fonction de la taille et du nombre d'unités échantillonnées. Marriott et Wint (18) affirment que l'échantillonnage systématique, couvrant bien le milieu, produit de meilleures précisions que l'échantillonnage aléatoire. C'est peut être vrai dans certaines conditions de faible taux d'échantillonnage et de forte hétérogénéité spatiale des individus, mais cela ne constitue pas une règle générale. Quelle que soit la méthode de comptage employée, il paraît évident que l'effort d'échantillonnage doit être plus important lorsqu'existe une forte hétérogénéité spatiale des individus et des groupes. Généralement, les échantillonnages sont optimisés par stratification en fonction de la densité animale. Cependant la densité ne présage en rien de l'hétérogénéité de la répartition des individus ou des groupes.

Actuellement, l'échantillonnage aléatoire stratifié est délaissé au profit de l'échantillonnage systématique surtout pour des raisons pratiques. Il serait possible d'améliorer la précision des dénombrements en optimisant la répartition de l'effort d'enquête, c'est à dire en effectuant un échantillonnage systématique stratifié sur l'hétérogénéité spatiale des animaux. Il faudrait pour cela disposer d'indicateurs de cette hétérogénéité, fiables et faciles à obtenir.

Il est bien établi que les phénomènes d'agrégation des individus ou des groupes sont liés à des facteurs humains (système d'élevage, ethnie) et des facteurs de milieu (points d'eau, culture, parcours, etc.) (17) relativement faciles à observer et enregistrer (images satellitaires, données existantes, dires d'experts, etc.). L'exploration de ces relations, facilitée par les nouveaux outils cartographiques, devrait permettre d'identifier des indicateurs de la répartition spatiale des animaux.

CONCLUSION

Les méthodes de dénombrement des animaux domestiques sont relativement peu nombreuses. Les dénombrements aériens ont surtout été développés pour de grandes superficies. Ils sont maintenant bien au point, appliqués de façon routinière, et procurent des résultats suffisamment précis sur de vastes zones. Les dénombre-

ments terrestres appliqués aux animaux domestiques sont encore mal standardisés et restent « artisanaux ». Les méthodes doivent être améliorées, en optimisant les protocoles d'échantillonnage des comptages aériens et en standardisant les méthodes des comptages terrestres pour augmenter la précision des estimations d'effectifs. La prise en compte de la structure des peuplements animaux dans les protocoles expérimentaux semble être une voie d'amélioration.

A notre connaissance, aucune étude de la structure spatiale de ces données et des relations entre ces structures n'a été faite. Elle pourrait être riche d'enseignement sur les relations entre systèmes d'élevage et milieu, et lourde de conséquences sur les protocoles de comptage. Il serait par exemple possible d'optimiser les échantillonnages en connaissant l'agrégation des individus dans l'espace à partir d'informations annexes faciles à obtenir.

Par ailleurs, la définition des images satellitaires sera de plus en plus fine et leur utilisation pour repérer des troupeaux ou mieux, des animaux, va certainement se développer. Cette troisième voie méthodologique pour dénombrer les animaux domestiques permettra sans doute de remédier à certains inconvénients des méthodes aériennes et terrestres. Néanmoins, l'analyse des images satellitaires n'exclura certainement pas l'emploi des méthodes actuelles de dénombrement. Comme pour le comptage aérien et le comptage terrestre, le choix d'un protocole de dénombrement sera à raisonner selon les objectifs de l'étude et les moyens disponibles.

Dans le contexte actuel de profondes transformations des relations entre agriculture et élevage, entre systèmes d'élevage et milieu, la demande de diagnostics quantifiés sur les systèmes de production agricole est forte. L'amélioration des méthodes de dénombrement et la détermination rapide du meilleur protocole d'évaluation des ressources animales auront des implications opérationnelles importantes.

Remerciements

Ce travail a reçu le soutien financier du Cirad (Action thématique programmée n° 70/96) et du Cnrs (programme interdisciplinaire : Environnement, vie et sociétés n° 96/6/12). Il a également reçu le soutien scientifique des docteurs B. Faye, D. Cuisance, D. Richard, F. Monicat, P. Lhoste, D. Chessel, D. Debouzie et tout spécialement P. Bonnet.

BIBLIOGRAPHIE

1. ANDERSON D.R., LAAKE J.L., CRAIN B.R., BURNHAM K.P., 1979. Guidelines for line transect sampling of biological populations. *J. Wildl. Manage.*, **43**: 70-78.
2. BAHILI J., BAKARY D., 1993. L'enquête nationale sur les effectifs du cheptel au Burkina Faso. *STATECO*, **73**: 49-62.
3. BARNES R.F.W., BEARDSLEY K., MICHELMORE F., BARNES K.L., ALERS M.P.T., BLOM A., 1997. Estimating forest elephant numbers with dung counts and a geographic information system. *J. Wildl. Manage.*, **61**: 1384-1393.
4. BAYLISS P., YEOMANS K.M., 1989. Correcting bias in aerial survey population estimates of feral livestock in Northern Australia using the double-count technique. *J. Appl. Ecol.*, **26**: 925-933.
5. CHESEL D., DEBOUZIE D., ROBERT P., BLAISINGER P., 1984. L'échantillonnage des larves du hanneton commun *Melolontha melolontha* L. *Acta Oecol., Oecol. Appl.*, **5**: 173-189.
6. CHESEL D., GAUTIER C., 1984. Statistical pattern of a plant population measured by geometric sampling on a limited space. In : Knapp R. ed., *Sampling methods and taxon analysis in vegetation science*. The Hague, The Netherlands, Dr W. Junk Publishers, p. 61-76.
7. COCHRAN W.G., 1977. *Sampling techniques*. New York, NY, USA, Wiley, 448 p.

8. FRITZ H. 1995. Etude des systèmes mixtes d'herbivores sauvages et domestiques en savane africaine : structure des peuplements et partage de la ressource. Sciences de la vie, Université Paris VI, Paris, France, 86 p. + annexes.
9. GAILLARD J.M., BOUTIN J.M., VAN LAERE G., 1993. Dénombrer les populations de chevreuils par l'utilisation du *line transect*. Etude de faisabilité. *Rev. Ecol. Terre Vie.*, **48** : 73-85.
10. GRAHAM A., BELL R., 1969. Factors Influencing the Countability of Animals. *East Af. Agr. Forest. J.*, **34**: 38-43.
11. GRIMSDELL J.J.R., BILLE J.C., MILLIGAN K., 1986. Autres méthodes de recensement aérien du bétail. In : Enquêtes à basse altitude, Nairobi, Kenya, 6-11 novembre 1979. Addis-Abeba, Ethiopie, Cipea, p. 72-78.
12. ILCA (International Livestock Center for Africa), 1990. Report of the Low-Level Aerial Sample Survey of part of the Middle Awash Valley, Ethiopia, 5-11 January 1990. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, 92 p.
13. ILCA, 1991. Report of the Low-Level Aerial Sample Survey of the Southern Rangelets Sub-Project Area, SIDAMO, Ethiopia. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, 94 p.
14. JOLLY G.M., 1969. Sampling Methods for Aerial Censuses of Wildlife Populations. *East Af. Agr. Forest. J.*, **34**: 46-49.
15. KING J.M., SAYERS A.R., CHARA P., DE LEEUW P.N., PEACOCK C.P., 1985. Improving aerial counts of Maasai livestock. *Agr. Syst.*, **13**: 21-56.
16. KOSTER S.H., HART J.A., 1988. Methods of estimating ungulate populations in tropical forests. *Afr. J. Ecol.* **26**: 117-126.
17. LHOSTE P., DOLLE V., ROUSSEAU J., SOLTNER D., 1993. Manuel de zootechnie des régions chaudes. Les systèmes d'élevage. Paris, France, Cirad/ministère de la Coopération, 288 p. (Coll. Manuels et précis d'élevage)
18. MARRIOTT F.C., WINT G.R.W., 1985. Sampling and Statistics in Low Level Aerial Survey. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, 37 p.
19. MEALLET C., 1997. Recensement et cartographie du cheptel bovin dans la zone de Sidéradougou, Burkina Faso. Mémoire Dess, Cirad-emvt, Montpellier, France, 53 p.
20. MICHEL J.F. 1997. Recensement du cheptel bovin dans la zone de Sidéradougou, Burkina Faso. Montpellier, France, Cirad-emvt, 12 p.
21. MICHEL J.F., MICHEL V., TOURE I., DE LA ROCQUE S., AUGUSSEAU X., DE WISPELAERE G., CUISANCE D., 1998. Représentation spatiale des données bétail, intérêt en épidémiologie. In : Journées analyse spatiale, Montpellier, France, 15 décembre 1998. Montpellier, France, Cemagref, p. 47-49.
22. MILLIGAN K., BOURN D., CHACHU R., 1979. Aerial surveys of cattle and land-use in four areas of the Nigeria sub-humid zone. Addis Ababa, Ethiopia, CIPEA, 85 p.
23. NORTON-GRIFFITHS M., 1978. Counting animals. J. Grimsdell. ed. Nairobi, Kenya, African Wildlife Leadership Foundation, 139 p.
24. NORTON-GRIFFITHS M., 1986. Echantillonnage systématique non stratifié : justification et méthode. In : Enquêtes à basse altitude, Nairobi, Kenya, 6-11 novembre 1979. Addis-Abeba, Ethiopie, Cipea, p. 115-119.
25. PENNYCUICK C.J., 1969. Methods of Using Light Aircraft in Wildlife Biology. *East Afr. Agr. Forest. J.* **34**: 24-29.
26. PETIT J.P., ROY F., 1977. Mission de recensement du cheptel bovin au plateau central d'Haïti, dépouillement informatique de l'enquête et résultats. Paris, France, Cirad-emvt, 32 p.
27. PLANCHENAULT D., MEYER J.F., 1983. Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo. Montpellier, France, Cirad-emvt, p. 139-142.
28. RIM (Resource Inventory and Management Ltd), 1985. A Review of Aerial Survey Findings in West Africa. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, 45 p.
29. RIM, 1987. Un refuge dans le Sahel. Bamako, Mali, ministère des Ressources naturelles et de l'élevage, 115 p.
30. RIM, 1989. A. Livestock and land use in Niger et Anambra states, Nigeria. Abuja, Nigeria, Federal Livestock Department, 28 p. (Summary report)
31. RIM, 1989. B. Livestock and land use in Niger et Anambra states, Nigeria. Abuja, Nigeria, Federal Livestock Department, 126 p. (Annexes I-VIII)
32. RIM, 1990. Integrated Livestock Surveys of Red Sea Province, Sudan. Oxford, UK, ERGO, 135 p.
33. RIM, 1992. A. Nigerian livestock resources. Borno State. Abuja, Nigeria, Federal Dpt. of Livestock et Pest Control Services, 48 p.
34. RIM, 1992b. B. Survolés aériens à basse altitude du cheptel, des habitations humaines et des ressources pastorales dans la région du Bahr el Ghazal, Tchad, août 1991. N'Djaména, Tchad, ministère de l'Elevage et des ressources animales, Projet national d'élevage, Lrvz de Farcha, 75 p.
35. RIM, 1993. Survolés aériens à basse altitude du cheptel, des habitations humaines et des ressources pastorales dans la « zone d'organisation pastorale », Tchad, février 1993. N'Djaména, Tchad, ministère de l'Elevage et des ressources animales, Projet national d'élevage, Lrvz de Farcha, 114 p.
36. ROGERS D., WINT W., 1996. Towards identifying priority areas for tsetse control in East Africa. Rome, Italy, FAO, 46 p.
37. SARNIGUET J., BABIN J., AGUETTANT N., 1988. Recensement et caractéristiques du cheptel national de Madagascar en 1987. Paris, France, Sedes, 242 p.
38. SEBER G.A.F., 1982. The estimation of animal abundance and related parameters, 2nd ed. London, UK, Griddin, 654 p.
39. SEBER G.A.F., 1992. A Review of Estimating Animal Abundance II. *Int. Statist. Rev.*, **60**: 129-166.
40. SHARMAN M.J., 1982. Résultats du vol systématique de reconnaissance au Ferlo de juin 1982. Dakar, Sénégal, Isra, 26 p.
41. SKALSKI J.R., 1990. Techniques for Wildlife Investigations. Design et Analysis of Capture Data. New York, NY, USA, Academic Press, 237 p.
42. SMITH G.E.J., 1986. Réflexions sur les plans d'enquêtes. In : Enquêtes à basse altitude, Nairobi, Kenya, 6-11 novembre 1979. Addis-Abeba, Ethiopie, Cipea, p. 111-114.
43. STELFOX J.G., PEDEN D.G., 1986. Le programme d'enquêtes aériennes du Kenya Rangeland Monitoring Unit : 1976-1979. In : Enquêtes à basse altitude, Nairobi, Kenya, 6-11 novembre 1979. Addis-Abeba, Ethiopie, Cipea, p. 48-58.
44. TOURRAND J.-F., JAMIN J.-Y., 1985. Inventaire aérien des bovins et des petits ruminants du delta du fleuve Sénégal. Méthodologie et premiers résultats. Dakar, Sénégal, Isra, 23 p.
45. VSF (Vétérinaires sans frontières), 1998. Eléments quantitatifs sur le cheptel. Abeche, Tchad, Projet « Almy Bahaim », 38 p.
46. WATSON R.M., TIPPET C.I., 1975. Sudan Pilot Livestock Census South Kordofan. Khartoum, Sudan, Ministry of Agriculture, Food and Natural Resources, 67 p.
47. WATSON R.M., TIPPET C.I., 1977. The Results of an Aerial Census of Resources in Sudan from August 1975 to January 1977. Khartoum, Sudan, Ministry of Agriculture, Food and Natural Resources, 34 p.
48. WATSON R. M., TIPPETT C.I., 1986. Analyse des enquêtes à basse altitude effectuées en Afrique de 1968 à 1979 à travers le bilan des activités d'une firme spécialisée. In : Enquêtes à basse altitude, Nairobi, Kenya, 6-11 novembre 1979. Addis-Abeba, Ethiopie, Cipea, p. 23-40.
49. WATSON R.M., TIPPETT C.I., JOLLY G.M., 1986. Utilisation de la bande échantillon statique dans la détermination de l'erreur systématique due à l'observateur dans les enquêtes aériennes. In : Enquêtes à basse altitude, Nairobi, Kenya, 6-11 novembre 1979. Addis-Abeba, Ethiopie, Cipea, p. 135-142.
50. WINT W., BOURN D., 1994. Anthropogenic and Environmental Correlates of Livestock Distribution in Sub-Saharan Africa. A Comparative Analysis of Livestock Surveys in Mali, Niger, Nigeria, Sudan and Tchad. London, UK, Overseas Development Administration, 58 p.
51. WINT W., ROGERS D., ROBINSON T., 1997. Ecozones, farming systems and priority areas for tsetse control in East, West and South Africa. Rome, Italy, FAO, 44 p.

Reçu le 24.8.99, accepté le 20.2.2000

Summary

Michel J.F. Counting domestic animals, a review

Reliable information on numbers of domestic animals are essential on a continent-wide as well as on a regional scale. This knowledge facilitates to guide and design the development policy of animal production and, also, to propose financial support from donors. Reliable information about animal numbers are scarce in developing countries, particularly in sub-Saharan Africa. Therefore, it is necessary to proceed to countings using reliable methods, which have been already recently developed for counting game populations. There is an abundant literature with regard to game counting which is not the case for counting domestic animals. This paper presents a bibliographical review of methods employed and operations carried out to count domestic populations. Counting methods are presented and their statistical and operational principle described. The results obtained during various operations carried out mainly in sub-Saharan Africa are presented and discussed. The main techniques applied are direct and indirect counts, ground and aerial counts, exhaustive or by sampling counts. The strip transect method and the indirect methods for estimating animal abundance by ground investigation are largely described. The line transect and capture-mark-recapture methods are briefly presented. The choice of methods and existing means to count domestic animals is discussed at the end of the paper. New methodological approaches are also indicated.

Key words : Livestock census - Animal husbandry - Spatial distribution - Aerial surveying - Sampling - Methods - Africa.

Resumen

Michel J.F. Conteo de animales domésticos, una revisión

El conocimiento de los efectivos de los animales domésticos es primordial, a escala continental como a escala local, con el fin de poder orientar y aplicar las políticas de desarrollo de las explotaciones animales y negociar la ayuda internacional. En los países en desarrollo y en África sub-sahariana particularmente, el conocimiento de estos efectivos es poco preciso, siendo necesario proceder a conteos. Los métodos de estimación de los efectivos de animales se han desarrollado tardíamente, sobre todo para el estudio de las poblaciones silvestres. La literatura al respecto es abundante. Esta es a menudo informal y netamente menos rica en lo que concierne a las poblaciones domésticas. Este artículo presenta una revisión bibliográfica de los métodos empleados y de las operaciones efectuadas para contar las poblaciones de animales domésticos. Se presentan los métodos de conteo y se describe su principio estadístico y operacional. Se presentan y discuten los resultados obtenidos a través de diferentes operaciones efectuadas esencialmente en África sub-sahariana. Las principales técnicas abordadas son los conteos directos e indirectos, en campo y en avión, exhaustivos o por muestreo. Se describen ampliamente los métodos de *strip transect* y los métodos indirectos de estimación de los efectivos por encuesta en campo. Los métodos de *line transect* y de captura-marcaje-recaptura se abordan más superficialmente. Al final del artículo se discute la escogencia de los métodos y de los medios existentes para el conteo de los animales domésticos. Se indican igualmente nuevas vías metodológicas.

Palabras clave: Censo de ganado - Ganadería - Distribución espacial - Muestreo - Reconocimiento aéreo - Métodos - África.

Productivité de la race Borgou à la Ferme d'élevage de l'Okpara au Bénin

A.K.I. Youssao^{1,3*} A. Ahissou² Z. Touré²
P.L. Leroy^{1,3}

Mots-clés

Bovin Borgou - Performance de reproduction - Gain de poids - Mortalité - Mensuration corporelle - Bénin.

Résumé

La productivité de la race Borgou a été étudiée à la Ferme d'élevage de l'Okpara de 1994 à 1997 à partir d'un effectif annuel moyen de 2 577 têtes. Le mode d'élevage était de type semi-amélioré. Les paramètres de reproduction étaient caractérisés par un taux de fécondité de $78 \pm 8,4$ p. 100, un intervalle de vêlage de 441 ± 75 jours, un âge au premier vêlage de $42,1 \pm 5$ mois et une longévité pouvant atteindre 14 ou 15 ans. A la naissance, les veaux pesaient $19,0 \pm 0,6$ kg et les velles $18,3 \pm 0,6$ kg. Le gain moyen quotidien de la naissance à 12 mois a été de $229,0 \pm 0,1$ g/j pour les mâles et de $214,0 \pm 0,1$ g/j pour les femelles. Deux équations de régression ont été proposées pour estimer les poids des veaux et des velles. Le taux de mortalité global a été de $1,2 \pm 0,5$ p. 100, les jeunes ayant été les plus touchés. Le taux d'exploitation a été compris entre 22 et 31 p. 100 ; celui du croît a été très variable. Les performances de la race Borgou ont été plus intéressantes à la Ferme de l'Okpara qu'en élevage traditionnel.

■ INTRODUCTION

La race Borgou est issue d'un croisement lointain stabilisé entre les taurins à courtes cornes (Somba et, accessoirement, Lagunaire) et les zébus, principalement le White Fulani (6). Originaire du département du Borgou au Bénin, son aire de distribution géographique s'étend au Togo, au Burkina Faso (Méré) et au Nigeria (8). Au Bénin, cette race représente 34 p. 100 de l'effectif national bovin (7) et son mode d'élevage est de type extensif et traditionnel (sédentaire ou transhumant) basé sur l'exploitation du pâturage naturel (4). Les caractéristiques de la race Borgou ont été décrites dans les systèmes d'élevage traditionnels (1, 3, 4). Le but de cette étude a été de déterminer quelques caractéristiques zootechniques de la race Borgou dans le ranch de l'Okpara où les animaux étaient mieux suivis.

1. Université de Liège, Faculté de Médecine vétérinaire, Département de Génétique, 20 Boulevard de Colonster, B43, 4000 Liège, Belgique

2. Direction de l'élevage, Projet pour le Développement de l'élevage, Ferme d'élevage de l'Okpara, BP 33, Parakou, Bénin

3. Université de Liège, Institut vétérinaire tropical, 20 Boulevard de Colonster, B43, 4000 Liège, Belgique

* Auteur pour la correspondance

Tél : +32 (0)4 366 41 50 ; Fax : +32 (0)4 366 41 22

E-mail : iyoussao@student.ulg.ac.be

■ MATERIEL ET METHODES

Les paramètres de production et de reproduction ainsi que la structure du cheptel bovin de race Borgou ont été recensés de 1994 à 1997 à la Ferme d'élevage de l'Okpara. Ces données concernent des effectifs de 2 561, 2 343, 2 918 et 2 485 bovins respectivement pour les années 1994, 1995, 1996 et 1997.

Milieu de l'étude

Créée en 1952, la Ferme de l'Okpara couvre 33 000 hectares dont 5 000 à peine sont exploités. Elle est située à 15 km à l'est de la ville de Parakou, chef-lieu du département du Borgou au nord-est du Bénin.

Le climat est de type soudanien avec en alternance une saison pluvieuse (mai à octobre) et une saison sèche (novembre à avril) où l'harmattan peut souffler entre décembre et février. La pluviométrie moyenne est de 1 200 mm et la température annuelle moyenne varie entre 26 et 27 °C.

Le relief est constitué d'une pénéplaine cristalline comportant des collines à roches dures. On y observe de grandes dépressions qui permettent la mobilisation des eaux de pluie vers le fleuve Okpara et son affluent la Dama, principales sources d'approvisionnement en eau de boisson pour le bétail.

Le sol, de texture sableuse, sablo-argileuse ou limoneuse par endroits, supporte une végétation de savane à dominance d'*Andropogon gayanus*. Celle-ci est affectée chaque année par les feux de brousse non contrôlés.

Mode d'élevage

Le mode d'élevage était de type semi-amélioré et les troupeaux étaient constitués selon le sexe et l'âge des animaux. En décembre 1997, la Ferme de l'Okpara comptait 13 troupeaux dont 1 pour les taureaux, 2 pour les taurillons, 6 pour les vaches et les veaux, 2 pour les génisses 1 (1 à 2 ans) et 2 pour les génisses 2 (2 à 3 ans). Ces animaux passaient la journée au pâturage et la nuit dans un parc équipé d'abreuvoirs et de mangeoires. L'alimentation était basée sur l'exploitation du pâturage naturel et des prairies artificielles. Les animaux bénéficiaient également des résidus de récoltes issus des cultures. La complémentation en ensilage (*Brachiaria ruziziensis* et *Stylosanthes* sp.), en foin (*Brachiaria ruziziensis*) et en graines de coton avait lieu pendant la période de soudure, de janvier à avril, et était surtout destinée aux veaux avant et pendant le sevrage et aux vaches allaitantes.

Le mode de reproduction étant organisé, le regroupement des naissances a été appliqué d'après le programme en vigueur, à partir d'octobre 1994. En 1995, deux montes ont été organisées, notamment de janvier à février et d'août à octobre, respectivement pendant 56 et 76 jours. Pour les années 1996 et 1997, la monte a eu lieu de janvier à février (57 jours) et d'août à septembre (59 jours). Pendant la période de monte, les mâles étaient introduits dans les troupeaux de reproduction à raison d'un mâle pour 20 femelles.

Le suivi sanitaire était basé sur la prévention : déparasitage interne et externe, vitamines, oligo-éléments, trypanoprévention, vaccinations contre la pasteurellose et la péripneumonie contagieuse bovine. Les vaccinations contre le charbon bactérien et la peste bovine ont été suspendues respectivement en 1995 et 1998. Les traitements spécifiques contre les maladies occasionnelles étaient ajoutés aux traitements prophylactiques.

Un programme de sélection massale basé sur le poids a été mis en place à partir d'octobre 1994. Suite au repeuplement du cheptel bovin de la Ferme de l'Okpara de 1991 à 1992 dans le cadre du Projet pour le développement de la production animale (Pdpa) phase II, certains bovins avaient plus de sang zébu qu'auparavant. Les animaux sélectionnés avaient un fanon et une bosse peu développés, conformément à la description de la race Borgou (6). La robe blanche, le mufle, les cornes et les pis noirs ont été des critères secondaires afin d'uniformiser l'extérieur des animaux.

Méthodologie

Le matériel de travail utilisé était constitué de couloirs de contention, d'un pese bétail, du matériel de clinique et d'une fiche de suivi. A la naissance, tous les veaux étaient pesés, puis un échantillon de taille variable (10 à 20 veaux) était sélectionné et pesé à la fin de chaque mois jusqu'à l'âge de 12 mois.

Le mètre à ruban gradué a été l'instrument utilisé pour la mesure du périmètre thoracique. Le périmètre thoracique a été pris en arrière des épaules et juste derrière la pointe du coude sur l'animal en expiration.

La hauteur au garrot a été mesurée par une canne, toise, tenue verticalement à côté d'un membre antérieur de l'animal et située sur le garrot de l'animal juste en arrière de la bosse.

Une formule barymétrique a été étudiée afin de permettre une estimation simple du poids vif des veaux dans les élevages urbains, périurbains ou ruraux. Chez les adultes, certaines équations ont déjà fait l'objet de plusieurs études (1, 5, 13).

RESULTATS

Structure des troupeaux

Les structures des troupeaux ont été représentées dans les figures 1 et 2, respectivement pour les années 1995 et 1996, en fonction de l'âge et du sexe, exprimés en pourcentage de l'effectif total des bovins.

Les femelles étaient âgées de 0 à 15 ans. Moins de 5 et 3 p. 100 d'entre elles, par rapport à l'effectif total, avaient plus de 9 ans d'âge respectivement en 1995 et 1996. Les vaches et les femelles en âge de reproduction (3 ans et plus) représentaient 44,9 et 36,3 p. 100 des femelles respectivement pour les années 1995 et 1996. Le pourcentage de vaches âgées de 5 à 7 ans et de 6 à 8 ans, respectivement pour les années 1995 et 1996, était très élevé comme l'indiquent les figures 1 et 2. La proportion des femelles de moins de trois ans était de 31,5 p. 100 en 1995 et de 35,7 p. 100 en 1996.

Chez les mâles, aucun taureau n'avait plus de 10 ans et les animaux de plus de 3 ans représentaient moins de 2 p. 100 de l'effectif des mâles. Les taurillons âgés de 1 à 3 ans correspondaient à 7,8 et 12,7 p. 100 de l'effectif des mâles respectivement en 1995 et 1996. Les veaux mâles étaient les plus nombreux dans la catégorie des mâles avec un pourcentage de 14,3 en 1995 et de 13,4 en 1996.

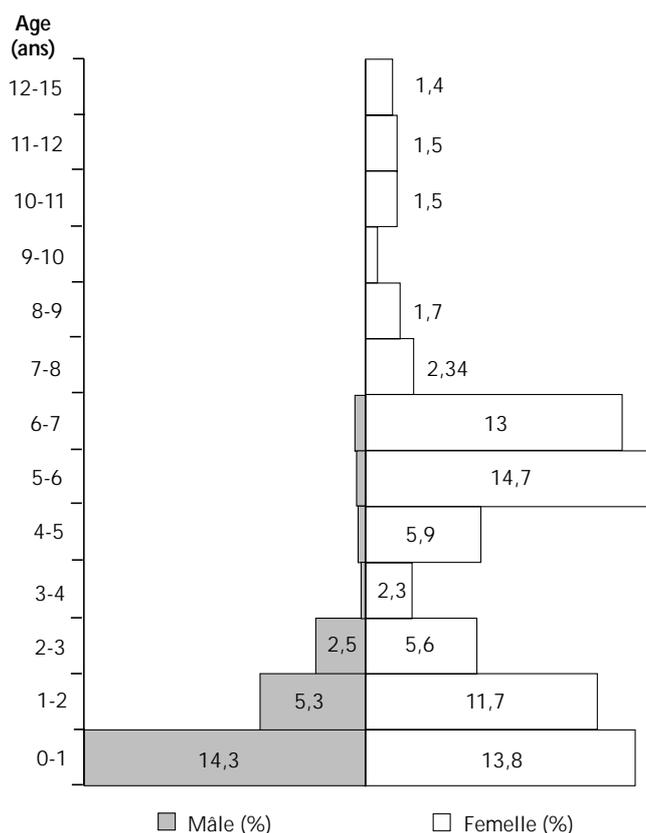


Figure 1 : pyramide des âges des troupeaux bovins à la Ferme de l'Okpara en 1995.

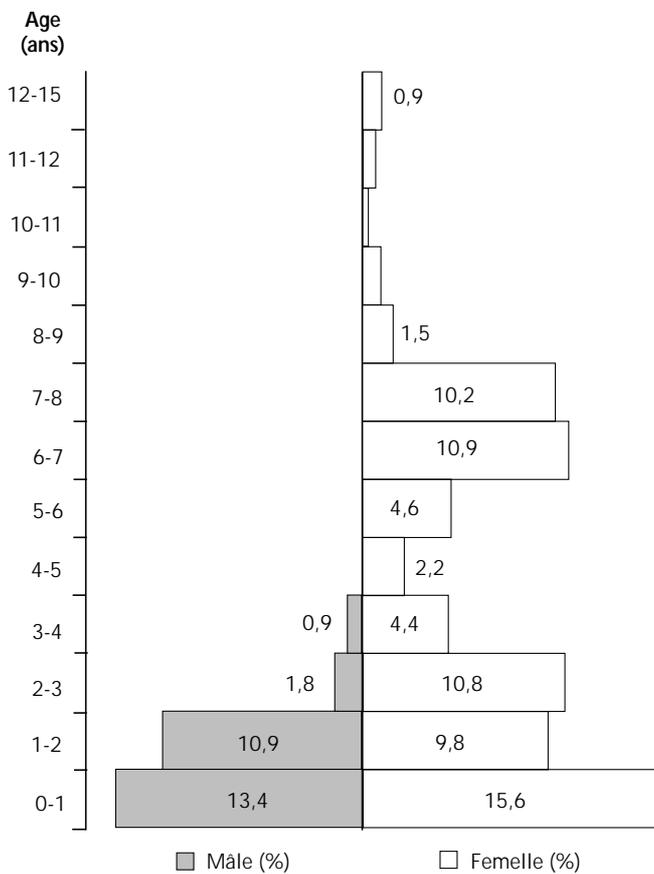


Figure 2 : pyramide des âges des troupeaux bovins à la Ferme de l'Okpara en 1996.

L'effectif des femelles représentait 76,1 p. 100 de l'effectif total du cheptel et celui de mâles 23,9 p. 100 en 1995. De même, en 1996, 72,6 p. 100 de l'effectif total des bovins était constitué de femelles et 27,4 p. 100 de mâles. Les principaux indicateurs démographiques des troupeaux de 1994 à 1997 sont donnés au tableau I.

Paramètres de reproduction

Fécondité et répartition des naissances

Le taux de fécondité a oscillé, selon les années, de 67,3 à 87,7 p. 100. La moyenne sur les quatre années d'études (1994 à 1997) a été de $78 \pm 8,4$ p. 100. Ce taux a décliné de 1994 à 1997 où il a atteint son plus bas niveau (67,3 p. 100). En 1995 et en 1996, les taux de fécondité ont été respectivement de 78,9 et 78,1 p. 100.

La figure 3, réalisée à partir de 1 514 veaux nés entre 1995 et 1997, indique que les pics de naissances ont été observés en mars, en juin/juillet et en octobre/novembre. En 1994, sans programme de monte, les naissances ont été obtenues tout au long de l'année avec des taux maxima enregistrés de janvier à mars (34 p. 100) et d'août à novembre (43 p. 100). Suite à la mise en application du programme des montes à partir d'octobre 1994, les naissances ont été enregistrées en octobre/novembre 1995 et en juin/juillet 1996 pour les montes de 1995. Pour les années 1996 et 1997, les naissances ont été observées d'octobre à novembre et de mai à juin.

Intervalle de vêlage

Calculé à partir de 176 observations, l'intervalle moyen entre deux mises bas a été de 441 ± 75 jours. Les intervalles inférieurs à 450 jours ont représenté 60,2 p. 100 des valeurs observées. Les intervalles de vêlage très longs n'ont pas été pris en compte pour diverses raisons faisant suite à des essais effectués par la Cellule de recherche d'accompagnement du Pdpa. L'histogramme relatif aux intervalles de vêlage est donné à la figure 4.

L'âge au premier vêlage

Dans les conditions d'élevage de la Ferme de l'Okpara, l'âge moyen au premier vêlage a été de $42,1 \pm 5$ mois soit 3,5 ans. Cette moyenne a été obtenue à partir d'un effectif de 34 vaches.

Longévité et carrière de reproduction

Les vaches Borgou de la Ferme de l'Okpara étaient susceptibles de donner et d'élever correctement des veaux jusqu'à un âge avancé pouvant atteindre 14 ou 15 ans. En 1995, 4,6 p. 100 des femelles en pleine carrière de reproduction avaient un âge compris entre 9 et 15 ans (figure 1). Il était possible de rencontrer parfois des vaches ayant élevé plus de 10 veaux dans leur carrière.

Tableau I

Quelques indicateurs démographiques des troupeaux bovins à la Ferme d'élevage de l'Okpara

	1994	1995	1996	1997
Effectif au début de l'année	2 854	2 561	2 343	2 918
Effectif en fin d'année	2 561	2 343	2 918	2 485
Effectif moyen de l'année	2 707,5	2 452	2 630,5	2 701,5
Proportion des mâles (%)	33,7	23,9	27,4	25,3
Proportion des femelles (%)	66,3	76,1	72,6	74,7
Femelles de 3 ans et plus (%)	47	44,9	36,3	-
Veaux et velles de 0-1 an (%)	21,4	28,2	28,9	28,8
Sorties	593	691	626	835
Taux d'exploitation (%)	22,0	28,2	23,8	31,0
Croît numérique (%)	-10,3	-8,5	24,5	-14,8
Rendement numérique (%)	11,6	19,7	48,3	16,1

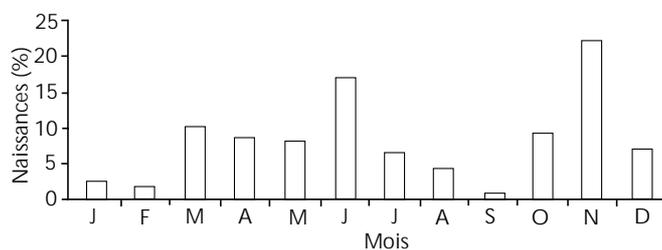


Figure 3 : répartition mensuelle des naissances des veaux Borgou au cours de l'année à la Ferme de l'Okpara de 1995 à 1997 (n = 1 514).

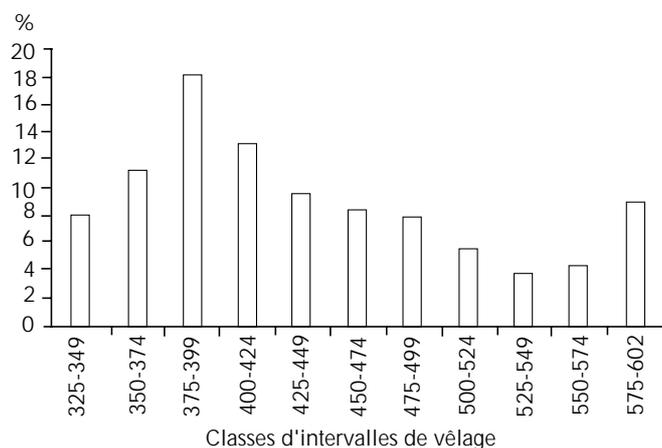


Figure 4 : intervalles de vêlages des vaches Borgou à la Ferme de l'Okpara au Bénin.

Paramètres de production

Croissance des veaux

Les poids à la naissance, à trois et à douze mois, ainsi que les différents gains moyens quotidiens et les erreurs standard sont présentés dans le tableau II. Aucune différence significative entre les sexes n'a été observée à la naissance et à trois mois. Une différence significative ($p < 0,05$) a été observée à 12 mois. La croissance pondérale a été plus importante pendant les trois premiers mois qui ont suivi la naissance et a régressé jusqu'à 12 mois. Le gain moyen quotidien de la naissance à douze mois a été de $229,0 \pm 0,1$ g/j chez les mâles et de $214,0 \pm 0,1$ g/j chez les femelles. La croissance des mâles a été plus rapide que celle des femelles sans différence significative. Cependant, une différence significative a été observée ($p < 0,05$) pour le gain moyen quotidien obtenu de trois à douze mois.

Estimation du poids des veaux par des mesures baryométriques

Les corrélations observées entre le poids et le périmètre thoracique, et entre le poids et la hauteur au garrot ont été respectivement de 0,85, et 0,76 chez les femelles et de 0,94 et 0,83 chez les mâles. Une relation linéaire entre le poids et le périmètre thoracique ainsi que la hauteur au garrot a été observée. Les équations de régression illustrant la relation entre le poids et le périmètre thoracique ou la hauteur au garrot sont données par sexe dans le tableau III avec les coefficients de détermination (R^2) et les seuils de signification. Pour toutes les variables étudiées, les relations linéaires ont été positives et significatives ($p < 0,0001$).

La meilleure estimation du poids a été obtenue par la mesure du périmètre thoracique dans les deux sexes (équations (B) et (D)). De plus, les variables étudiées ont mieux estimé le poids vif des mâles que celui des femelles.

Tableau II

Poids et gains quotidiens moyens du veau Borgou à la Ferme de l'Okpara au Bénin

Variables	Mâle			Femelle		
	Effectif	Moyenne	ES	Effectif	Moyenne	ES
P0 (kg)	124	19,0	0,6	120	18,3	0,6
P3 (kg)	177	42,6	1,4	180	41,1	1,4
P12 (kg)	132	103,2 *	2,2	130	98,9 *	2,2
Gqm03 (g/j)	105	268	1,9	115	237,9	1,8
Gqm312 (g/j)	109	224 *	0,1	98	201,7 *	0,1
Gqm012 (g/j)	79	229,0	0,1	82	214,0	0,1

P0 = poids à la naissance

P3 = poids à trois mois

P12 = poids à 12 mois

Gqm03 = gain quotidien moyen de la naissance à trois mois

Gqm312 = gain quotidien moyen de trois à douze mois

Gqm012 = gain quotidien moyen de la naissance à douze mois

ES = erreur standard

* Différence significative entre mâles et femelles du même âge ($p < 0,05$)

Tableau III

Régressions linéaires du poids (Y) sur la hauteur au garrot (X_1) et le périmètre thoracique (X_2)

Sexe	Effectif	Equation de régression	R ²	Seuil de signification
Mâle	109	(A) $Y = -129,242 + 2,313X_1$	0,70	0,0001
		(B) $Y = -98,109 + 1,763X_2$	0,89	0,0001
Femelle	100	(C) $Y = -134,502 + 2,370X_1$	0,58	0,0001
		(D) $Y = -144,495 + 1,899X_2$	0,73	0,0001

Y est exprimé en kilogrammes ; X_1 et X_2 sont exprimés en centimètres

Mortalité

Le taux moyen des mortalités de 1994 à 1997 a été de $1,2 \pm 0,5$ p. 100. Le taux le plus important a été observé en 1994 avec un pourcentage de 2,2 p. 100. Le taux des mortalités a été plus élevé chez les jeunes de la naissance à 12 mois ($2,5 \pm 0,2$ p. 100) avec $2,9 \pm 0,5$ p. 100 pour les veaux et $2,1 \pm 0,9$ p. 100 pour les velles. Le taux des mortalités des adultes a été moins important ($0,56 \pm 0,04$ p. 100). La répartition des mortalités en fonction des années et par classe d'âge (figure 5) a montré que les mortalités ont été plus importantes en 1994 que pendant les autres années.

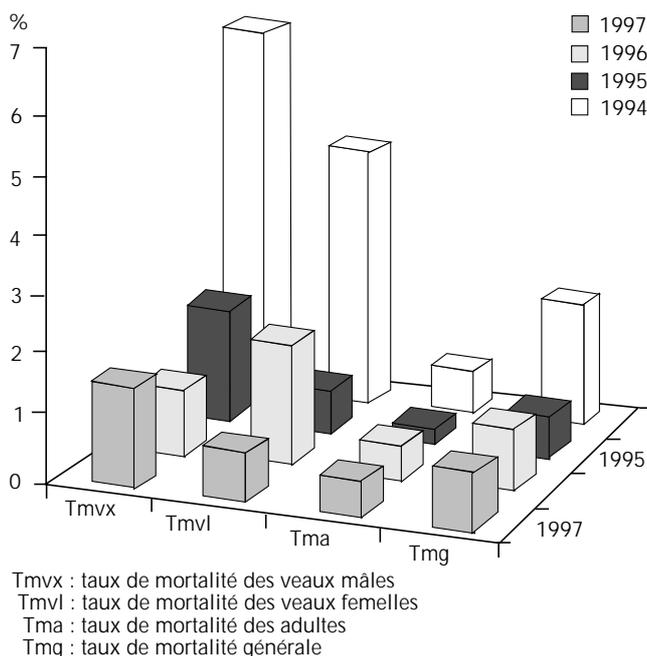


Figure 5 : distribution des taux de mortalité, en fonction de l'âge, du sexe et de l'année, de la race Borgou à la Ferme de l'Okpara au Bénin.

Taux d'exploitation, taux de croît et rendement numérique

Les taux d'exploitation et de croît ainsi que le rendement numérique de 1994 à 1997 sont montrés au tableau I.

Le taux d'exploitation a concerné les animaux vendus, sortis ou ayant fait l'objet d'un don. Il s'agissait des vaches en fin de carrière de reproduction, des taurillons surnuméraires, des animaux de trait et autres cas de nécessité. Il a été de 22,0, 28,2, 23,8 et 31,0 p. 100 respectivement pour les années 1994, 1995, 1996 et 1997. Le taux d'exploitation moyen a été de $26,2 \pm 4,1$ p. 100.

Le taux de croît a indiqué la croissance du troupeau par rapport à l'effectif du début de l'année. La croissance la plus importante a été observée en 1996 avec 24,5 p. 100. Pour les années 1994, 1995 et 1997, les troupeaux de la Ferme de l'Okpara ont été surexploités.

Le rendement numérique a été positif et a varié d'une année à l'autre. Le rendement le plus bas (11,6 p. 100) a été enregistré en 1994 et le plus important (48,3 p. 100) en 1996.

DISCUSSION

Structure des troupeaux

La structure des troupeaux du ranch de l'Okpara était différente de celle des élevages traditionnels étudiés par Dehoux (4). L'élevage traditionnel (transhumant ou sédentaire) est caractérisé par une conservation de vieilles vaches productives (ou non) dans les troupeaux de reproduction. L'éleveur traditionnel est souvent intéressé par l'effectif de son cheptel qui représente sa richesse et suscite son admiration et sa fierté. Ainsi, dans les élevages transhumants, 18,2 p. 100 des vaches ont plus de 9 ans ; ce pourcentage est réduit à 12,7 p. 100 en élevage sédentaire. A la Ferme de l'Okpara où la gestion des élevages était l'un des objectifs primordiaux, moins de 5 p. 100 des femelles avaient plus de 9 ans. La conservation des vaches de plus de 10 ans a un impact sur la croissance des veaux car l'âge de la mère au vêlage a un effet significatif ($p < 0,05$) sur le poids des veaux Borgou à partir de 3 mois (15). Dans les élevages sédentaires ou transhumants, la proportion des veaux est de 16,7 p. 100, et de 16,4 p. 100 pour les velles. Cette proportion est supérieure à celle obtenue à la Ferme de l'Okpara. En revanche, plus de 33 p. 100 des femelles en reproduction ou en âge de reproduction avaient 3 à 9 ans dans le ranch de l'Okpara, alors que ce pourcentage est de 24 p. 100 en élevage traditionnel. La proportion des taurillons et des taureaux était presque identique. Le repeuple-

ment du cheptel bovin de la Ferme de l'Okpara dans le cadre du Projet pour le développement de la production animale de 1991 à 1992 justifie l'effectif élevé des vaches âgées de 5 à 7 ans en 1995 et de 6 à 8 ans en 1996.

Paramètres de reproduction

Le taux moyen de fécondité a été de $78,0 \pm 8,4$ p. 100 de 1994 à 1997. Le taux de 67,3 p. 100 observé en 1997 s'explique par la présence de la fièvre aphteuse et de la brucellose pendant la période de monte. La diminution du taux de fécondité de 1994 à 1997 n'est pas a priori imputable à la mise en application du programme de regroupement des naissances dans la mesure où le taux de fécondité a été inférieur à 70 p. 100 de 1990 à 1993 (9). Les taux de fécondité observés à la Ferme de l'Okpara ont été plus importants que ceux des élevages traditionnels. Dans les élevages sédentaires et transhumants, le taux de fécondité de la race Borgou est respectivement de 64,4 et 66,9 p. 100 (3). La répartition des naissances a été organisée en fonction des disponibilités fourragères et de la survie des veaux au cours de la phase de croissance. Ainsi, les naissances ont eu lieu dans les périodes de mai/juin et d'octobre/novembre. En élevage traditionnel où la monte est libre, 40 p. 100 des naissances de l'année s'observent de mars à mai et 25 p. 100 d'août à novembre (4). Même si l'effet du regroupement des naissances sur le taux de fécondité n'a pas été a priori établi, les veaux nés pendant et juste après la saison pluvieuse (juin à novembre) présentent les poids les plus élevés à 3 et à 12 mois (15), confirmant l'importance du programme de regroupement des naissances sur le poids et la croissance des veaux à la Ferme de l'Okpara.

L'intervalle moyen entre vêlages de la vache Borgou à la Ferme de l'Okpara a été de 441 ± 75 jours. Cet intervalle est presque le même que celui obtenu en élevage traditionnel avec 458 ± 102 jours, soit 15 mois (4). A la ferme de Bétécoucou, il est de 526 ± 145 jours chez la même race (2), et Ogodja et coll. (10) rapportent une moyenne de 455 ± 5 jours dans les troupeaux du Sud Borgou. D'après Chabi Macco (1), cet intervalle est de 454 ± 35 jours en milieu amélioré et de 494 ± 120 jours en milieu villageois.

Les résultats de cette étude indiquent que l'âge au premier vêlage a été de $42,1 \pm 5$ mois chez la vache Borgou. Ces résultats confirment ceux qui ont été obtenus au Centre d'insémination artificielle et du Contrôle sanitaire des reproducteurs (Cia-Csr) (2), où un âge de $41,3 \pm 6$ mois a été observé au premier vêlage à la Ferme de Bétécoucou au centre du Bénin. Au sud du département du Borgou, cet âge est de 38 mois d'après Ogodja et coll., cités par le Cia-Csr (2), et de $47,3 \pm 12$ mois en milieu villageois (1). En élevage traditionnel, l'âge moyen au premier vêlage est de 42,1 mois dans les élevages sédentaires et de 44,9 mois dans les élevages transhumants (3, 4).

Paramètres de production

La figure 6 représente les courbes de croissance des veaux Borgou en élevage traditionnel et à la Ferme de l'Okpara.

Les veaux Borgou à la Ferme de l'Okpara ont été plus lourds à la naissance (19,0 kg pour les mâles et 18,3 kg pour les femelles) que ceux des élevages traditionnels. La moyenne des poids à la naissance du veau Borgou est de 16,5 kg dans le nord du département du Borgou (1), alors que dans le sud, il est de 14,5 kg selon Ogodja, cité par Chabi Macco (1). A la Ferme de Bétécoucou, le poids à la naissance de la race Borgou est de 16,7 kg chez le mâle et de 15,5 kg chez la femelle avec une différence significative (2).

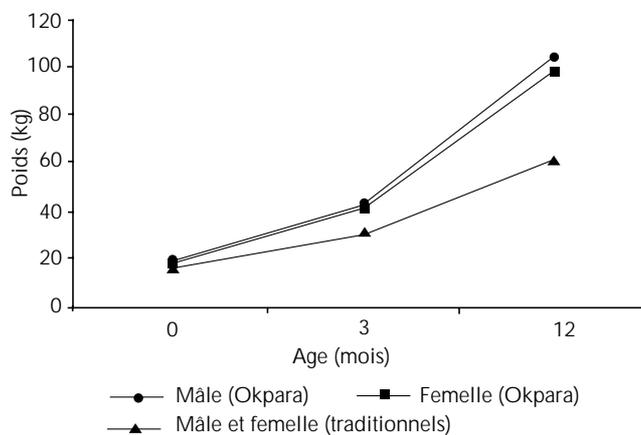


Figure 6 : courbes de croissance des veaux Borgou à la Ferme de l'Okpara et en élevage traditionnel.

A trois mois, les mâles ont pesé 42,6 kg et les femelles 41,1 kg à la Ferme de l'Okpara. Tout comme le poids à la naissance, les veaux étaient plus lourds à trois mois que ceux des élevages traditionnels où ils pèsent 30,6 kg (1). Les résultats de cette étude sont comparables à ceux de la Ferme d'élevage de Bétécoucou où les veaux pèsent 39,4 kg et les velles 40,4 kg (2).

Le poids des veaux de 12 mois en élevage traditionnel est de 60,3 kg (1) contre 103,2 kg pour les mâles et 98,9 kg pour les femelles dans le ranch de l'Okpara avec une différence significative ($p < 0,05$) entre les deux sexes. De même, Ogodja cité par Chabi Macco (1) a trouvé chez la race Borgou du Sud Borgou que les mâles étaient plus lourds que les femelles du même âge.

La vitesse de croissance de la naissance à trois mois de 268 g/j chez les mâles et de 238 g/j chez les femelles à la Ferme de l'Okpara est relativement plus importante à la Ferme de Bétécoucou où elle varie de 267 à 298 g/j (2). Dans l'ensemble, les vitesses de croissance sont en dessous de 200 g/j en élevage traditionnel (1, 11). Le gain moyen quotidien des veaux allaités par des mères qui ne reçoivent pas de complémentation en graines de coton avoisine 192 g/j contre 238 g/j pour les veaux dont les mères ont reçu 1 kg de coton par jour en élevage traditionnel (11).

Les faibles performances pondérales des veaux en élevage traditionnel pourraient être dues aux parasitoses gastro-intestinales. Les taux d'infestation par les strongles digestifs des bovins dans les troupeaux du Nord et du Sud Borgou sont respectivement de 32,3 et 30,2 p. 100 (14). Une sous-alimentation due à la fréquence des traites journalières des vaches allaitantes pour la consommation de l'homme au détriment de celles des veaux pourrait être aussi une des causes de la faible croissance enregistrée dans les élevages traditionnels.

L'estimation du poids à partir des mesures baryométriques conduit à des observations linéaires plus importantes pour le périmètre thoracique chez les mâles (B) et chez les femelles (D) (tableau III). La régression linéaire du poids sur la hauteur au garrot est quelquefois biaisée dans la mesure où celle-ci nécessite une immobilisation de l'animal.

Le tableau IV résume les différentes équations proposées par divers auteurs dans l'estimation du poids des veaux à partir des mesures baryométriques. En comparant les équations (B) et (D) du tableau III à celles du tableau IV, il apparaît que les équations (E)

Tableau IV

Différentes équations de régression utilisées dans l'estimation du poids des veaux

Auteurs	Sexe	Equations de régression	R ²	Probabilité
Symoens et Hounsou-Vê *	Mâle et femelle	(E) $Y = 0,0003X_2^{2,712}$	0,98	0,00001
Crevat	Mâle et femelle	(F) $Y = KX_2^3$ (K = 83)	-	-
Auer	Mâle et femelle	(G) $Y = -301 + 3,63X_2$	0,88	-
Planchenault et coll. **	Mâle	(H) $Y = 2,65X_2 - 196,22$	0,9	-
	Femelle	(I) $Y = 2,21X_2 - 141,64$	0,8	-

* *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1991** *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1984Y = poids prévu (kg) ; X₂ = périmètre thoracique (cm)

Les équations (E) et (G) ont été obtenues à partir des mensurations réalisées sur la race Borgou. Quant à l'équation de Crevat (F), elle a été adaptée à la race Borgou par Chabi Macco (Mémoire d'Ingénieur agronome, Université nationale du Bénin, 1992) et Monsia, cité par Symoens et Hounsou-Vê (*Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1991). Enfin, les équations (H) et (I) ont été obtenues dans la race voisine N'Dama chez des veaux au stade des dents de lait par Planchenault et coll. (*Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1984)

et (F) surestiment le poids vif prévu. Cette surestimation a été aussi observée dans l'équation (G) pour les périmètres thoraciques supérieurs à 110 cm, périmètre en dessous duquel le poids vif prévu est sous-estimé. Chez les mâles, l'équation (H) sous-estime le poids vif des animaux dont le périmètre thoracique est en dessous de 110 cm. Quant à l'équation (I), la sous-estimation a été observée pour les périmètres thoraciques inférieurs à 85 cm. De toutes les mesures effectuées, le périmètre thoracique a été le meilleur estimateur du poids.

Le taux de mortalité global a été de $1,2 \pm 0,5$ p. 100 à la Ferme de l'Okpara. En élevage traditionnel, il est en moyenne de $7,5 \pm 3,2$ p. 100 dont 5,7 p. 100 dans les troupeaux transhumants et 9 p. 100 dans les troupeaux sédentaires. Le taux de mortalité des jeunes (veaux et velles) a été de $2,5 \pm 0,2$ p. 100 à la Ferme de l'Okpara. Si la mortalité des veaux a été réduite par le programme de regroupement des naissances, une bonne alimentation et un bon sevrage, il n'en est pas de même en élevage traditionnel où $23,1 \pm 10,3$ p. 100 des veaux meurent avant l'âge d'un an, particulièrement pendant les premières semaines de vie (55 p. 100 des mortalités) et lors du sevrage (30 p. 100 des mortalités) selon Dehoux (3, 4). Enfin, le taux de mortalité des adultes a été de $0,56 \pm 0,04$ p. 100 dans cette étude, contre $3,1 \pm 1,2$ p. 100 en élevage traditionnel (4).

Les principales causes de mortalité sont presque les mêmes pour tous les systèmes d'élevage dans le département du Borgou et sont d'origine virale, bactérienne, parasitaire, alimentaire ou traumatique. Les taux de morbidité ou de mortalité observés varient selon la nature de l'agent causal, de l'âge et de la saison. Parmi ces causes se trouvent la fièvre aphteuse, la pasteurellose, les diarrhées d'origines diverses, la trypanosomose, la dermatose nodulaire contagieuse bovine, les divers traumatismes, l'envenimation, l'intoxication alimentaire, l'indigestion, la stomatite et la gangrène gazeuse. Les taux de mortalité sont plus élevés en élevage traditionnel à cause de la sous-alimentation et de l'absence ou de l'insuffisance des prophylaxies sanitaires et médicales.

Les taux d'exploitation ont été plus importants à la Ferme de l'Okpara en raison de la méthode de gestion des troupeaux. Le taux le plus important observé en 1997 a été dû à la réforme et à la

sortie de 494 bovins dont les phénotypes étaient non conformes. De même, 76 reproductrices ont été éliminées pour cause de brucellose. Enfin, 214 taurillons ont été transférés à la Ferme d'élevage de Kpinnou. Ce taux d'exploitation a justifié la réduction du troupeau de l'année 1997. De 1994 à 1997, plus de 50 p. 100 des sorties ont correspondu à des transferts d'animaux dans les autres fermes d'Etat, notamment celles de Bétécoucou et de Kpinnou, situées respectivement au centre et au sud du Bénin. Les rendements numériques positifs des troupeaux ont mis en évidence l'importance de l'exploitation des troupeaux malgré la réduction des effectifs en fin d'année 1994, 1995 et 1997. En élevage traditionnel, les sorties concernent les dons et les sacrifices lors des cérémonies (mariage, naissance, décès, fêtes, etc.). Dans ce mode d'élevage, les animaux sont le plus souvent vendus, soit ponctuellement en cas de difficulté financière, soit à la suite d'une calamité naturelle comme la sécheresse ou lors d'une épidémie. Ainsi, dans ce mode d'élevage, le taux d'exploitation est de 11,8 p. 100 alors que celui du croît est de 3,9 p. 100, d'où un rendement numérique de 15,7 p. 100 (4).

■ CONCLUSION

En conséquence, il apparaît dans cette étude que les performances de reproduction et de production de la race Borgou à la Ferme de l'Okpara sont dues, d'une part, à l'amélioration de l'alimentation par la mise en place des prairies artificielles et la distribution des compléments alimentaires et, d'autre part, à un bon suivi sanitaire, au programme de regroupement des naissances et à la sélection. La productivité pourrait être toutefois améliorée à la Ferme de l'Okpara si tous les facteurs de reproduction étaient étudiés de manière approfondie. Les géniteurs devraient être sélectionnés pour la reproduction à partir de leurs propres performances et des résultats de tests de performance ou du *progeny-test* en se référant aux performances pondérales des descendants. Les caractéristiques du sperme des géniteurs devraient être étudiées avant la période de monte. De même, une révision du schéma de sélection pourrait améliorer encore les performances pondérales de cette race.

Remerciements

Les auteurs remercient B. Losson, F. Farnir, A. Veymelen., J.-L. Hornick, G. Hounsou-Vê, J.-C. Kashala, H. Banga M'boko, C. Chrysostome, M. Meuron, S. Berghmans, le Commissariat général aux relations internationales de la Communauté française de Belgique (Cgri), le personnel de la Ferme de l'Okpara, du Projet pour le développement de l'élevage au Bénin (Pde) et du département de Génétique de la Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège (Belgique) pour leur contribution.

BIBLIOGRAPHIE

1. CHABI MACCO Y., 1992. Etude de quelques paramètres de productivité de la race bovine Borgou. Mémoire d'Ingénieur agronome, Université nationale du Bénin, Cotonou, Bénin, 137 p.
2. CIA-CSR., 1996. Contribution à la connaissance des paramètres de reproduction et de production des bovins de races Borgou et Lagunaire. Rapport Final. Cotonou, Bénin, Université nationale du Bénin, Fsa/Cia, 44 p.
3. DEHOUX J.P., 1993. Productivité de la race bovine Borgou en milieu traditionnel au Nord-Est du Bénin. Mémoire M.Sc., IMT, Antwerpen, Belgique, 97 p. (n° 98)
4. DEHOUX J.P., HOUNSSOU-VE G., 1993. Productivité de la race bovine Borgou selon les systèmes d'élevage traditionnels au Nord-Est du Bénin. *Revue mond. Zootech.*, **74/75** : 36-48.
5. DEMBA DIALLOU S.B., 1987. Contribution à la barymétrie pour l'estimation du poids chez les bovins Borgou. Mémoire de fin d'études, Complexe polytechnique agricole de Sékou, Bénin, 50 p.
6. DOMINGO A.M., 1976. Contribution à l'étude de la population bovine des Etats du golfe du Bénin. Thèse Doct. vét., Eismv, Dakar, Sénégal, 148 p.
7. FAO, 1994. Proposition d'une stratégie et d'un plan d'action pour le sous-secteur de l'élevage. Tcb/Ben/2353 (A). Rome, Italie, Fao, 197 p.

8. FAO-PNUD, 1989. Deux ateliers de travail sur la reproduction du bétail trypanotolérant en Afrique occidentale et centrale. Projet Promotion de l'élevage de bétail trypanotolérant en Afrique centrale et occidentale (RAF/88/100), Zimbabwe, Harare. Rome, Italie, Fao-Pnud, 211 p.

9. FEO, 1994. Synthèse des rapports annuels d'activités de 1990 à 1993. Mdr/DE. Projet pour le Développement de la production animale. Okpara, Bénin, Feo, 65 p.

10. OGODJA O.J., ADAMOU-N'DIAYE M., FONTON N., CHRYSOSTOME C., 1990. Intervalles de vélages chez la vache Borgou dans deux types de troupeaux au Bénin. Cotonou, Bénin, Faculté des Sciences agronomiques, Département de Production animale et agronomie, 46 p.

11. OGODJA J.O., HOUNSSOU-VE G., 1992. Effet de complémentation en graine de coton sur la production laitière et la croissance des veaux des vaches allaitantes de race Borgou au Bénin. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **41** : 51-56.

12. PLANCHENAULT D., TALL S.H., TRAORE M.T., 1984. Amélioration génétique des bovins N'Dama. Etudes en milieu extensif au Mali. I. Caractéristique du Bétail N'Dama au ranch de Madina-Diassa au Mali. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **37** : 488-495.

13. SYMOENS C., HOUNSSOU-VE G., 1991. Mesures baryométriques chez le bétail Borgou dans le Nord-Est Bénin. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **44** : 487-490.

14. YOUSSAO A.K.I., 1996. Contribution à l'étude épidémiologique de la fasciolose bovine à *Fasciola gigantica* dans le département du Borgou : période d'octobre 1995 à mars 1996. Mémoire d'Ingénieur des Travaux des productions animales, Université nationale du Bénin/Cpu, Cotonou, Bénin, 70 p.

15. YOUSSAO A.K.I., 1998. Amélioration génétique de la race bovine Borgou. Etude de quelques facteurs non génétiques influençant le poids et la croissance des veaux à la Ferme de l'Okpara au Bénin. Mémoire de D.E.S. en Sciences vétérinaires tropicales, Université de Liège, Belgique, 73 p.

Reçu le 01.02.00, accepté le 02.10.00

Summary

Youssao A.K.I., Ahissou A., Touré Z., Leroy P.L. Productivity of the Borgu breed at the Okpara Breeding Farm in Benin

The productivity of the Borgu breed was studied from 1994 to 1997 at the Okpara Breeding Farm in Benin with 2577 animals on average per year. The breeding mode was of the semi-improved type. Reproduction parameters were characterized by a fertility rate of $78 \pm 8.4\%$, a calving interval of 441 ± 75 days, an age at first calving of 42.1 ± 5 months, and a longevity reaching 14-15 years. The birth weight was 19.0 ± 0.6 kg for males and 18.3 ± 0.6 kg for females. The average daily gain from birth to 12 month was 229.0 ± 0.1 g/d for males and 214.0 ± 0.1 g/d for females. Two regression equations were proposed to estimate male and female calf weights. The overall mortality rate was 1.2 ± 0.5 , young animals being the most affected. The exploitation rate was 22-31% and the growth rate varied greatly. Borgu breed performances were better at the Okpara Breeding Farm than in traditional breeding systems.

Key words: Borgu cattle - Reproductive performance - Weight gain - Mortality - Body measurement - Benin.

Resumen

Youssao A.K.I., Ahissou A., Touré Z., Leroy P.L. Productividad de la raza Borgou en la finca de crianza de Okpara, en Benin

Se estudió la productividad de la raza Borgou en la finca de crianza de Okpara, de 1994 a 1997, a partir de un efectivo anual medio de 2 577 cabezas. La crianza fue de tipo semi mejorada. Los parámetros de reproducción se caracterizaron por una tasa de fecundidad de $78 \pm 8,4\%$, un intervalo entre partos de 441 ± 75 días, una edad al primer parto de $42,1 \pm 5$ meses y una longevidad de hasta 14 o 15 años. Al nacimiento, los terneros pesaron $19,0 \pm 0,6$ kg y las hembras $18,3 \pm 0,6$ kg. La ganancia media diaria del nacimiento a los 12 meses fue de $229,0 \pm 0,1$ g/día para los machos y de $214,0 \pm 0,1$ g/día para las hembras. Se propusieron dos ecuaciones de regresión para estimar el peso de los terneros y de las hembras. La tasa de mortalidad global fue de $1,2 \pm 0,5\%$, siendo los jóvenes lo más afectados. La tasa de explotación se encontró entre 22 y 31%, la del crecimiento fue muy variable. Los rendimientos de la raza Borgou fueron más interesantes en la finca de cría de Okpara que en criadero tradicional.

Palabras clave: Ganado bovino Borgou - Reproductividad - Ganancia de peso - Mortalidad - Medición del cuerpo - Benin.

Environmental and genetic effects on growth in Timahdite and crossbred lambs in Morocco

M. El Fadili^{1*} C. Michaux²
B. Boulanouar¹ P.L. Leroy²

Key words

Sheep - Timahdite - D'man - Cross-breeding - Heritability - Growth - Genetic correlation - Morocco.

Summary

Knowledge of genetic parameters for growth traits of economic importance is required for the development of sheep populations in Morocco. Records on 544 lambs of the Timahdite (T) breed and of 756 D'man x Timahdite (DT) lambs, all born from 1992 to 1998, were used to estimate genetic parameters for lamb weights at birth, at 30, 70 and 90 days and daily gains from 10-30 days, 30-70 days and 30-90 days for each trait. Separate REML (co)variance component estimates were obtained assuming animal models that included the fixed effects of birth year, sex, age of dam, birth type or rearing types and the interaction of birth year by sex, the animal direct genetic effect and the maternal genetic effect. Genetic and phenotypic correlations between traits were estimated with models including the same fixed effects and only additive direct genetic effects. All fixed effects influenced growth traits. The direct heritability estimates for the various body weight and daily gain traits were low to medium and varied between 0.07 and 0.25 in T, and between 0.02 and 0.18 in DT. Maternal heritability ranged from 0.20 to 0.36 in DT, and from 0.01 to 0.10 in T lambs, except for the birth weight (0.53). For all traits the direct and maternal genetic correlations were high and negative in DT (-0.80 and -1.00) and in T (-0.90 and -1.00) lambs. However, the accuracy of such estimates is low due to the small data set used in the present study. The estimates of genetic and phenotypic correlations were positive for all traits, they were particularly high for genetic correlations between weights and weight gains after birth, both in DT and T lambs, and they showed no genetic antagonisms among the growth traits.

INTRODUCTION

The Timahdite breed is the most important native breed of Morocco in number (about 17% of the total ewe population) and geographical distribution. This native breed is well adapted to a wide range of pastoral and mixed farming environments, where it is used mainly in purebreeding, but has poor prolificacy, less than 1.2 lamb per ewe lambing (7). Prolificacy determines the number of lambs available for sale, directly affecting productivity and profitability of the Timahdite flocks. To enhance lambing rate and productivity, a crossbreeding program with D'man prolific rams

was carried out at El Koudia experimental station. Previous results reported by El Fadili *et al.* (8) showed that productivity of D'man x Timahdite ewes and growth of their progeny sired by meat breed were higher than in both parental purebreds, and that D'man x Timahdite first cross lambs showed similar growth rates as Timahdite ones. From a national perspective utilization, D'man x Timahdite crossbred dams might lead to an increase in productivity and profitability in sheep production as a whole. Therefore, interest arises in breeding D'man x Timahdite crossbred as a viable economic alternative to improve both ewe reproductive performances and lamb production, while maintaining their adaptability to grazing. However, development of efficient breeding programs that take into account the different structures of Moroccan breeds requires the knowledge of the genetic variability and genetic correlations between lamb weights and daily gains, which are important components of market lamb production.

Only Tijani and Boujenane (21) reported estimates of paternal half-sib heritabilities for growth traits in Timahdite lambs, but no information on genetic parameters are available for the D'man

1. Département de zootechnie, Institut national de la recherche agronomique, BP 415, Rabat, Maroc

2. Département de génétique, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Liège, Sart Tilman, Bat. 43, 4000, Liège, Belgique

* Current address of the corresponding author: same as in 2

Tel: 32 4 366 41 28; Fax: 32 4 366 41 22

E-mail: elfadili@stat.fmv.ulg.ac.be

x Timahdite lambs. Furthermore, there is no report on genetic parameters in Moroccan breeds estimated using animal model methodology and accounting for maternal additive genetic effect. However, studies showed that both direct and maternal genetic influences are of importance for lamb growth and that ignoring the maternal genetic effect in the models leads to larger estimates of direct genetic heritabilities (5, 19, 22). Therefore, the genetic correlation between the additive direct and additive maternal components are important, particularly in situations where selection programs include traits affected by both direct and maternal effects.

The purpose of this paper was to quantify the effects of some environmental factors on body weights and daily gains of Timahdite and D'man x Timahdite lambs from birth to 90 days, and to estimate additive direct and maternal genetic heritabilities and genetic correlations for the traits of interest.

■ MATERIALS AND METHODS

Animals

Data came from Timahdite (T) and D'man (D) x Timahdite (DT) lambs born to ewes 1.5 to 6 years old between 1992 and 1998 at the National Institute and Agricultural Research experimental station of El Koudia located 30 km south of Rabat, on the Atlantic Coast, at an altitude of 150 m. The T flock was established in El Koudia station at the beginning of 1980. All D sires and some T sires were purchased outside from the national association of sheep and goat flocks. Data on the T breed included 544 records on the progeny of 322 ewes and 15 sires. Data on the DT (D male x T female) crossbreed included 756 records on the progeny of 467 ewes and 24 sires. In DT genetic groups, 201 crossed lambs were F2 (DT x DT) progeny of 116 ewes and 5 sires. Seven sires in T and 12 sires in DT genetic groups had progeny in various years. A total of 102 T and 161 DT dams lambed in various years. All lambs had complete records for all traits from birth to weaning. The available pedigree was used to form the numerator relationship matrix.

Management

Both T and DT ewes were raised under similar management conditions and an annual breeding cycle. Ewes were allocated to individual rams at random with an average mating ratio of 25 to 27 ewes per ram. Starting in July, young ewes were exposed to rams at an average age of 1.5 year. No culling was performed for the dams except for infertility, old age, and health problems. During lambing and suckling periods (December-May), ewes grazed on green pasture. Otherwise, they grazed on dry pasture and cereal crop residues. During the mating period of about 45 days, and for 5 to 10 days after lambing, ewes were kept indoors, with a ration composed of cereals (barley, triticale), molasses, sunflower meal, straw, hay, minerals and vitamins. Ewes were supplemented, depending upon available resources, pasture conditions and ewes requirements (maintenance, pregnancy, lactation). Lambs were kept indoors during the day and had free access to hay and commercial creep feed that contained about 16% of crude proteins, 0.8 forage units, minerals and vitamins. An annual program of vaccinations, deworming and dipping was carried out for all animals.

Lambs were born from December to January. The identities of newborn lambs and their dam, the date of birth, sex, birth type, birth weight within 24 hours and rearing type were all recorded.

Lambs were weighed individually every 20 days, until weaning at around 90-100 days of age. The first weighing occurred 21 days after the birth of the first lambs in the flock. Lambs' birth weight (BW), age-standardized weights at 30 days (W30), 70 days (W70) and 90 days (W90) and average daily gains from 10 to 30 days (ADG10-30), 30 to 70 days (ADG30-70) and 30 to 90 days (ADG30-90) were analyzed.

Statistical analysis

Environmental effect analysis

Fixed linear models were applied to the data using GLM procedure in SAS (20). Preliminary analyses were used to assess all first order interactions among all fixed effects (genotype of lamb, birth year, sex of lamb, birth type, rearing types and dam age). The interaction between year of birth and sex of lamb was the only significant interaction and was fitted in final models, both in T and DT genetic groups.

In T lambs, final models for BW, W30 and ADG10-30 included the main fixed effects of birth year (1992-1998), sex of lamb (male, female), birth type of lamb (single, twin), and dam age (≤ 1.5 , 1.5-2.5, 2.5-3.5, 3.5-4.5, > 5.5 years). For W70, W90, ADG30-70 and ADG30-90 traits, final models included the same fixed effects as for BW, but the birth type was replaced by the effect of rearing type (single, twin).

In DT lambs, final models for BW, W30 and ADG10-30 included the same fixed effects as in the T models for the same traits, but the birth type contained one more subclass (lambs born triplet and greater), and the genotype of the lamb (F1, F2) was added to the models. Final models for W70, W90, ADG30-70 and ADG30-90 included the same fixed effects as for BW, W30 and ADG10-30, but the birth type was replaced by the rearing type of lambs (single, twin, triplet). In T and DT lambs, the rearing type was equal to the birth type if the lamb was alive at 40 days of age. But, if the lamb died before 40 days, the rearing type was different from the birth type and equal to the number of lambs still alive.

Genetic parameters

To estimate genetic parameters, data for each trait and for T and DT groups were analyzed separately. The same fixed effects as the ones used in fixed analyses were included in mixed models, except in DT lambs where the genotype effect was replaced by the heterozygosity in individual DT lambs (1.0 in F1 and 0.5 in F2 lambs), which was fitted as a covariate. The maternal heterosis and recombination loss effects in the second generation (F2) were omitted, because the available genetic group did not allow their estimation. Furthermore, Boujenane *et al.* (2) reported negligible and nonsignificant effects of these genetic components in D'man x Sardi crossbred.

The random effects were the animal effects for the additive direct genetic effect and the maternal genetic effect, and the residual effect. The linear mixed models used to analyze growth traits were in matrix notation:

$$\text{in DT: } y = X\beta + bH + Zd + Mm + e$$

$$\text{in T: } y = X\beta + Zd + Mm + e$$

where: y is a vector of observations, β is a vector of fixed effects, b is a vector of the partial regression coefficients of observation y on level of heterozygosity in the lambs, H is the vector of heterozygosity coefficients in DT lambs, $d \sim N(0, A\sigma_d^2)$ is a vector

of direct additive genetic values, $m \sim N(0, A\sigma_m^2)$ is a vector of maternal additive genetic values, $e \sim N(0, I\sigma_e^2)$ is a vector of residual effects including both random environmental and non additive genetic effects. The X, Z and M are incidence matrices that assign the appropriate effects to the vector of observations, A is the matrix of additive numerator genetic relationship matrix among animals and I is the identity matrix of order equal to the number of records. The σ_d^2 and σ_m^2 are the additive direct and additive maternal genetic variances, and σ_e^2 is the residual variance.

The REML estimates of (co)variance components were obtained using the program MTDFREML (1). Direct and maternal heritabilities, and correlation between direct and maternal genetic effects were first estimated using single-trait analyses. Next, genetic correlations between all traits were estimated using two-trait analyses with only the direct genetic effect in the model. The starting values for additive genetic and residual variances in the two-trait analyses were those estimated under single-trait analyses. A minimum of two cold restarts were performed to check for global maxima. A variance of 10^{-8} of simplex function values was chosen as the convergence criterion. Standard errors of genetic correlations were calculated using the approximate formula given by Falconer and Mackay (9).

RESULTS AND DISCUSSION

Environmental effects

Overall means (and standard deviations), test of significance (F) and the proportion of variation explained by the fixed model (R^2) are given in table I. The fixed models explained 42 to 64% of the phenotypic variances in all traits in DT lambs, and 47 to 51% in T lambs. Birth year, sex of lambs, birth type, rearing types were all important environmental sources of variation on all growth traits ($p < 0.01$), both in T and DT lambs. Ewe age was an important effect ($p < 0.01$) for BW, W30, ADG10-30, but its influence decreased for W70 and ADG30-70 and became non significant for W90 and ADG30-90, both in T and DT lambs. The year by sex of lamb interaction was significant only for W70, W90, ADG30-70 and ADG30-90 in T lambs ($p < 0.05$) and in DT lambs ($p < 0.01$). The genotype influence in DT lambs was not significant for BW, W30 and ADG10-30, but highly significant for the other traits ($p < 0.01$). In general, these results are in agreement with those reported for growth traits, particularly for sex of lamb, year of birth and for the type of birth in previous studies on Moroccan breeds such as the Timahdite (21), the D'man (3), and the Beni Guil breeds (4).

Tableau I

Overall means (standard deviation) and test of significance (F) for growth traits of Timahdite and D'man x Timahdite lambs - Fixed effects only

Fixed effects	df	BW (kg)	W30 (kg)	W70 (kg)	W90 (kg)	ADG10-30 (g)	ADG30-70 (g)	ADG30-90 (g)
Timahdite								
Overall means		3.69	9.27	16.67	20.03	175	184	179
Standard deviation		(0.54)	(1.55)	(2.55)	(2.97)	(48)	(40)	(35)
Year of birth	6	**	**	**	**	**	**	**
Sex	1	**	**	**	**	ns	**	**
Birth type	1	**	**			**		
Rearing type	1			**	**		**	**
Ewe age	5	**	**	**	*	**	ns	ns
Year x sex	6	ns	ns	*	*	ns	*	*
R^2 (%)		47	52	57	56	42	51	51
D'man x Timahdite								
Overall means		3.50	9.07	16.56	20.20	187	187	185
Standard deviation		(0.55)	(1.49)	(2.52)	(2.98)	(48)	(37)	(34)
Genotype	1	ns	ns	**	**	ns	**	**
Year of birth	6	**	**	**	**	**	**	**
Sex	1	**	**	**	**	**	**	**
Birth type	2	**	**			**		
Rearing type	2			**	**		**	**
Ewe age	5	**	**	**	*	ns	**	ns
Year x sex	6	ns	ns	**	**	ns	**	**
R^2 (%)		42	55	63	64	47	62	62

df = degree of freedom

BW = weight at birth; W30 = weight at 30 days of age; W70 = weight at 70 days of age; W90 = weight at 90 days of age

ADG10-30 = average daily gains from 10-30 days of age; ADG30-70 = average daily gains from 30-70 days of age; ADG30-90 = average daily gains from 30-90 days of age

ns = $p > 0.05$; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

The number of observations and least-square means (\pm standard errors) are shown for T lambs (table II) and DT lambs (table III). The effect of the year of birth on lamb weights and daily gains both in T and DT are drawn in figures 1 and 2.

Differences between male and female lambs were 0.23 and 0.12 kg at birth and 2.09 and 3.30 kg at 90 days of age in T and DT lambs, respectively. For ADGs, the differences between male and female lambs were 12 and 13 g/d for ADG10-30 and 24 and 38 g/d for ADG30-90 in T and DT lambs, respectively. Observed weight differences between male and female were consistent with other results (3, 4, 6, 11).

In T breed, single-born lambs were 0.82 kg heavier than twins were at birth. Similarly, single-born lambs were 2.95 kg heavier at 30 days, 3.86 kg at 70 days, and 4.18 kg at 90 days than twins. In DT, single-born lambs were heaviest by 1.12, 3.67, 4.30, and 6.01 kg, respectively at birth, 30, 70, and 90 days (table III). However, the ADGs between each subclass decreased with the age of lambs, both in T and DT. The least-square means showed that the effects of rearing types on the lamb body development tend to decrease as the lamb became older. This declining age trend can be attributed to a decreasing maternal effect including nursing and milk feeding of the lambs by their mothers. The differences between single and multiple lambs in weights and daily gains at birth and at 90 days have been reported in Barbarine (11), D'man (3) and Beni Guil (4) breeds.

The weights and ADGs of lambs born from dams in first parity were lower ($p < 0.05$) than those born in subsequent parities, but the differences in ADGs were significant only for ADG10-30 in T

lambs and for ADG30-70 in DT lambs. In general, lambs were heavier and grew faster with increased age of dam until an optimum age of 4.5-5.5 years, then decreased both in T and DT lambs (tables II and III). Similar results were reported in the literature (6, 11).

In DT lambs, the differences between F1 and F2 lambs were not significant for BW, W30, and ADG10-30 ($p > 0.05$), but for advanced ages the differences were significant ($p < 0.01$). The F2 were lighter and showed lower daily gains than F1 lambs: -2.51 kg for W90 and -38 g/d for ADG30-90. The superiority of F1 crossbred lambs can be explained by the heterosis effect for growth traits. Nitter (15), reviewing heterosis for growth in sheep, reported average estimates of individual heterosis to be about 3.2 and 5% for birth and weaning weights, respectively. In F2 lambs, the expected individual heterosis is halved, but the difference in the number of lambs born from F1 dams (prolificacy of 185%) compared to that of F1 lambs born from T dams (prolificacy of 120%) may explain the superiority of F1 lambs. Indeed, single-born lambs represented 53.17 vs. 40%, twins 20.24 vs. 15.34% and triplets and greater 0 vs. 45%, respectively in F1 and F2 lambs.

Lamb weights were heavier during the favorable years (1992, 1993, 1995) than during the unfavorable birth years of dryness (1994, 1996, 1997, 1998). Weight differences reached 0.13, 0.16 kg at birth, 1.18, 1.12 kg at 30 days, 3.37, 3.13 kg at 70 days, 3.58, 3.42 kg at 90 days, 44, 39 g/d for ADG10-30 and 46, 36 g/d for ADG30-90 in T and DT, respectively. The great influence of the year of birth on sheep performances in North Africa regions was observed in other studies (3, 4, 11).

Table II

Number of observations and least square means (\pm standard errors) for growth traits in Timahdite lambs

Fixed effect	Number	BW (kg)	W30 (kg)	W70 (kg)	W90 (kg)	ADG10-30 (g)	ADG30-70 (g)	ADG30-90 (g)
Sex								
Male	292	3.54 \pm 0.04 ^a	8.80 \pm 0.12 ^a	15.98 \pm 0.19 ^a	19.65 \pm 0.22 ^a	166 \pm 4	182 \pm 3 ^a	183 \pm 3 ^a
Female	252	3.31 \pm 0.04 ^b	8.33 \pm 0.12 ^b	14.56 \pm 0.20 ^b	17.66 \pm 0.24 ^b	157 \pm 4	160 \pm 3 ^b	159 \pm 3 ^b
Birth type								
Single	352	3.83 \pm 0.03 ^a	10.04 \pm 0.10 ^a			195 \pm 3 ^a		
Twin	192	3.01 \pm 0.04 ^b	8.09 \pm 0.12 ^b			159 \pm 4 ^b		
Rearing type								
Single	377			17.20 \pm 0.16 ^a	20.77 \pm 0.19 ^a		183 \pm 3 ^a	181 \pm 2 ^a
Twin	167			13.34 \pm 0.22 ^b	16.54 \pm 0.26 ^b		160 \pm 3 ^b	159 \pm 3 ^b
Ewe age (years)								
Age \leq 1.5	107	3.07 \pm 0.06 ^a	7.50 \pm 0.18 ^a	13.73 \pm 0.30 ^a	16.89 \pm 0.36 ^a	140 \pm 6 ^a	161 \pm 5	160 \pm 4
1.5 < age \leq 2.5	71	3.28 \pm 0.07 ^b	8.43 \pm 0.20 ^b	15.16 \pm 0.33 ^b	18.67 \pm 0.38 ^b	156 \pm 6 ^{ba}	171 \pm 5	172 \pm 5
2.5 < age \leq 3.5	76	3.56 \pm 0.07 ^c	8.68 \pm 0.19 ^b	15.86 \pm 0.32 ^b	19.25 \pm 0.37 ^b	159 \pm 6 ^b	179 \pm 5	176 \pm 4
3.5 < age \leq 4.5	94	3.65 \pm 0.06 ^c	9.23 \pm 0.18 ^c	15.76 \pm 0.30 ^b	19.02 \pm 0.35 ^b	178 \pm 6 ^b	172 \pm 5	169 \pm 4
4.5 < age \leq 5.5	109	3.46 \pm 0.06 ^c	8.96 \pm 0.18 ^c	15.80 \pm 0.32 ^b	19.40 \pm 0.33 ^b	172 \pm 6 ^b	175 \pm 5	176 \pm 4
Age > 5.5 years	87	3.51 \pm 0.07 ^c	8.60 \pm 0.19 ^{b,c}	15.33 \pm 0.32 ^b	18.71 \pm 0.37 ^b	164 \pm 6 ^b	173 \pm 5	172 \pm 4

BW = weight at birth; W30 = weight at 30 days of age; W70 = weight at 70 days of age; W90 = weight at 90 days of age

ADG10-30 = average daily gains from 10-30 days of age; ADG30-70 = average daily gains from 30-70 days of age; ADG30-90 = average daily gains from 30-90 days of age

Means within a column that do not have a common subscript differ ($p < 0.05$)

Table III

Fixed effect	Number	BW (kg)	W30 (kg)	W70 (kg)	W90 (kg)	ADG10-30 (g)	ADG30-70 (g)	ADG30-90 (g)
Genotype								
F1	555	3.13 ± 0.05	7.81 ± 0.15	14.70 ± 0.27 ^a	18.46 ± 0.32 ^a	158 ± 5	173 ± 4 ^a	178 ± 4 ^a
F2	201	3.01 ± 0.07	7.79 ± 0.21	13.16 ± 0.36 ^b	15.95 ± 0.43 ^b	154 ± 7	140 ± 5 ^b	140 ± 5 ^b
Sex								
Male	334	3.16 ± 0.04 ^a	8.09 ± 0.12 ^a	14.66 ± 0.22 ^a	18.32 ± 0.26 ^a	162 ± 4 ^a	167 ± 3 ^a	172 ± 3 ^a
Female	422	2.98 ± 0.04 ^b	7.50 ± 0.12 ^b	13.21 ± 0.22 ^b	16.10 ± 0.26 ^b	149 ± 4 ^b	146 ± 3 ^b	145 ± 3 ^b
Birth type								
Single	442	3.63 ± 0.04 ^a	9.78 ± 0.11 ^a			201 ± 4 ^a		
Twin	269	3.07 ± 0.04 ^b	7.51 ± 0.10 ^b			166 ± 3 ^b		
Triplet	45	2.51 ± 0.09 ^c	6.11 ± 0.25 ^c			121 ± 8 ^c		
Rearing type								
Single	478			16.73 ± 0.18 ^a	20.28 ± 0.21 ^a		179 ± 3 ^a	178 ± 2 ^a
Twin	244			13.63 ± 0.18 ^b	17.07 ± 0.22 ^b		155 ± 3 ^b	161 ± 3 ^b
Triplet	34			11.43 ± 0.47 ^c	14.27 ± 0.56 ^c		134 ± 7 ^c	137 ± 6 ^c
Ewe age (years)								
Age ≤ 1.5	72	2.78 ± 0.07 ^a	7.15 ± 0.20 ^a	13.04 ± 0.36 ^a	16.44 ± 0.42 ^a	145 ± 7	151 ± 5 ^a	157 ± 5
1.5 < age ≤ 2.5	119	3.04 ± 0.06 ^b	7.80 ± 0.16 ^b	13.70 ± 0.28 ^{a,b}	17.11 ± 0.33 ^{b,a}	162 ± 5	151 ± 4 ^a	157 ± 4
2.5 < age ≤ 3.5	169	3.13 ± 0.05 ^b	7.87 ± 0.14 ^b	13.91 ± 0.24 ^b	17.15 ± 0.29 ^{b,a}	156 ± 4	155 ± 4 ^{a,b}	157 ± 4
3.5 < age ≤ 4.5	181	3.13 ± 0.05 ^b	7.97 ± 0.13 ^b	14.52 ± 0.23 ^c	17.72 ± 0.28 ^b	157 ± 4	165 ± 3 ^b	163 ± 3
4.5 < age ≤ 5.5	112	3.22 ± 0.06 ^b	8.12 ± 0.17 ^b	14.49 ± 0.30 ^{c,b}	17.82 ± 0.36 ^b	161 ± 5	164 ± 4 ^b	165 ± 4
Age > 5.5	101	3.14 ± 0.06 ^b	7.87 ± 0.19 ^b	13.93 ± 0.32 ^{c,b}	17.00 ± 0.38 ^{b,a}	153 ± 6	154 ± 5 ^{a,b}	154 ± 4

BW = weight at birth; W30 = weight at 30 days of age; W70 = weight at 70 days of age; W90 = weight at 90 days of age

ADG10-30 = average daily gains from 10-30 days of age; ADG30-70 = average daily gains from 30-70 days of age; ADG30-90 = average daily gains from 30-90 days of age

Means within a column that do not have a common subscript differ ($p < 0.05$)

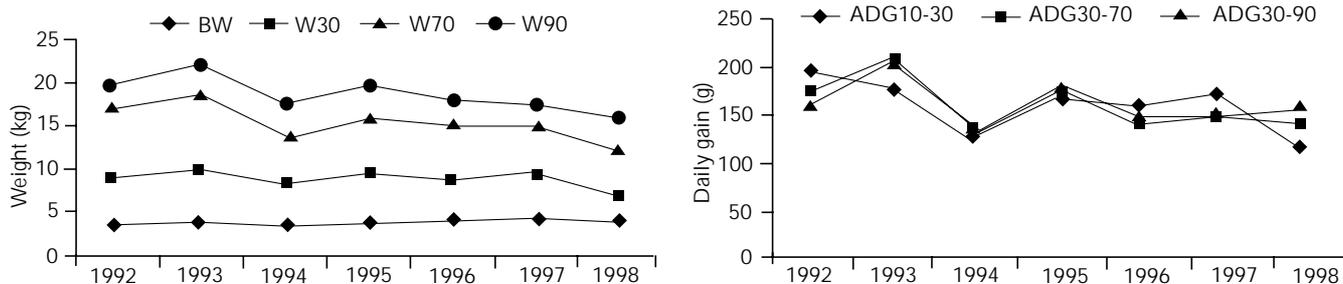


Figure 1: Effect of the birth year on weights and daily gains in Timahdite lambs. BW = weight at birth; W30 = weight at 30 days of age; W70 = weight at 70 days of age; W90 = weight at 90 days of age; ADG10-30 = average daily gains from 10-30 days of age; ADG30-70 = average daily gains from 30-70 days of age; ADG30-90 = average daily gains from 30-90 days of age.

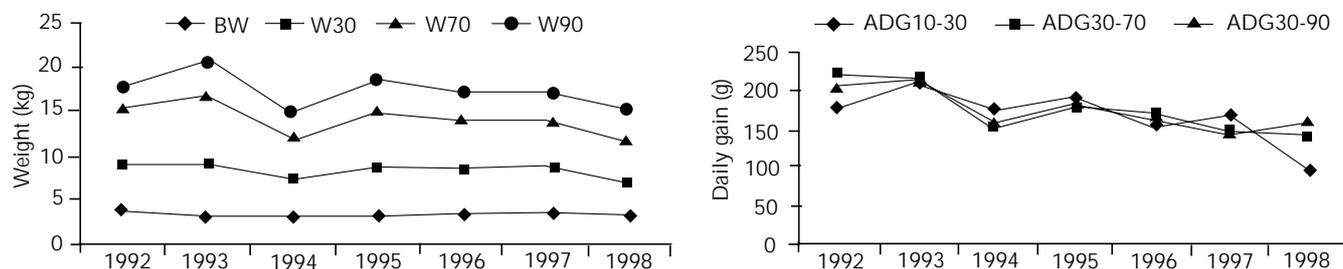


Figure 2: Effect of the birth year on weights and daily gains in D'man x Timahdite lambs. BW = weight at birth; W30 = weight at 30 days of age; W70 = weight at 70 days of age; W90 = weight at 90 days of age; ADG10-30 = average daily gains from 10-30 days of age; ADG30-70 = average daily gains from 30-70 days of age; ADG30-90 = average daily gains from 30-90 days of age.

Genetic parameters estimation

Single-trait analyses

Direct (h^2_d), maternal (h^2_m) heritabilities and direct-maternal additive correlation (r_{dm}) for lamb weights and ADGs obtained from the single-trait analyses are given in table IV. These estimates should be taken with caution due to the small data set used both in T and DT lambs.

Heritability estimates fluctuated across traits and within the T and DT lambs, taking a wide range of values. For daily gains, h^2_d estimates were slightly larger in T than in DT lambs, except for ADG10-30. On the other hand, h^2_m estimates were larger in DT than in T lambs, except for BW.

For both T and DT, h^2_d estimates for lamb weights fall within the range of values reported in the literature. In the Barbarine breed, Khaldi and Boichard (11) found an h^2_d of 0.02 to 0.04 for weight at birth to 90 days. Using an animal model, Maria *et al.* (13) reported in the Romanov breed an h^2_d of 0.04 to 0.34 for weights at birth to 90 days, and Tosh and Kemp (22) found values of 0.05 to 0.39 for weight at birth to 100 days in three breeds of sheep. Estimates of heritability in models, which did not consider maternal effects, as reported by Boujenane and Kerfal (3) in D'man breed, were larger and ranged from 0.23 to 0.56. In the T breed, our estimates of h^2_d were higher than those observed by Tijani and Boujenane (21) for the same breed. Their estimates were of 0.02 for BW and 0.06 for W90. These discrepancies could be due to differences in animals, models and computational methods. These authors used data from a T flock raised in the medium Atlas area of Morocco, a paternal half-sib model, and a computational method III of Henderson (10).

Estimates of h^2_m were low in T to moderate in DT lambs, but high for BW in both genotypes (table IV). Burfening and Kress (5) also found a large maternal effect on BW that ranged from 0.30 to 0.65. In DT, the estimates of h^2_m (0.20 to 0.36) were larger than those for h^2_d (0.02 to 0.18). Poivey *et al.* (17) reported h^2_m estimates of 0.30 for W30 and W90 in Ile de France lambs. In DT lambs, the estimates of h^2_m of the present study were higher than those observed by Khaldi and Boichard (11) for Barbarine lambs, with h^2_m of 0.04 (W30) and 0.03 (W90). They were also higher than those reported by Maria *et al.* (13) in Romanov lambs for BW ($h^2_m = 0.22$) and W90 ($h^2_m = 0.01$), by Tosh and Kemp (22)

in Hampshire for BW ($h^2_m = 0.22$) and W90 ($h^2_m = 0.19$), in Polled Dorset for BW ($h^2_m = 0.31$) and W90 ($h^2_m = 0.09$), and in Romanov lambs for BW ($h^2_m = 0.13$) and W90 ($h^2_m = 0.02$). On the other hand, the estimates in T lambs are similar to those observed by Maria *et al.* (13) and by Khaldi and Boichard (11). The results for body weights show that within breed groups, estimates tend to increase for h^2_d and to decline for h^2_m from birth to 90 days of age. This was expected because maternal influence, expressed during gestation and lactation, decreases in importance as lambs become independent of their dams (increasing expression of genes with direct additive effects on body development). This tendency was also observed in other studies (5, 13, 14, 16, 22).

For average daily gains, the h^2_d estimates in DT and T lambs were lower than those observed by Djemali *et al.* (6) in Barbarine lambs with $h^2_d = 0.24$ (ADG30-70) and $h^2_d = 0.31$ (ADG30-90), and by Boujenane and Kerfal (3) in D'man lambs with $h^2_d = 0.56$ (ADG30-90), and they were higher than those reported for the Barbarine breed (11) and T lambs (21).

High h^2_m estimates of 0.29 (ADG10-30) and 0.27 (ADG30-90) were reported by Poivey *et al.* (17) in Ile de France lambs. The h^2_m estimates for ADG30-90 in this study were higher than those observed by Khaldi and Boichard (11) and by Maria *et al.* (13), who reported low estimates of h^2_m ranging from 0.01 to 0.06 for growth traits in Barbarine and Romanov sheep. Maternal heritability decreases with age, which confirms the finding of Notter and Hough (16), Tosh and Kemp (22), and Yazidi *et al.* (23), who observed that maternal effects are substantial in young animals but diminish with age. Small estimates of h^2_m in T breed indicate a much lower proportion of genetic variation in T than in DT crossbred lambs. The greater maternal genetic effect on weights and daily gains in DT lambs is expressed through the variation in the uterine environment, litter size and milk production of prolific DT dams.

Estimated genetic correlations (r_{dm}) between direct additive and additive maternal effects were negative, but unreasonably high, both in T and DT lambs, ranging from -0.80 to -1.0 for body weights and from -0.90 to -1.0 for daily gains. It is difficult to find a biological explanation for this high correlation. It may be due to the small data size and to the structure of this data set (i.e., the number of generations for which animals were measured both directly and as dams was limited). In general, to avoid this type of

Table IV

Estimates of direct (h^2_d) and maternal (h^2_m) heritability and additive-maternal genetic correlation (r_{dm}) for growth traits in D'man x Timahdite and Timahdite lambs - Single character model

Traits	D'man x Timahdite			Timahdite		
	h^2_d	h^2_m	r_{dm}	h^2_d	h^2_m	r_{dm}
BW	0.02	0.36	-1.00	0.07	0.53	-1.00
W30	0.12	0.33	-0.85	0.15	0.02	-0.96
W70	0.08	0.34	-0.80	0.21	0.01	-1.00
W90	0.16	0.23	-0.80	0.21	0.01	-0.93
ADG10-30	0.13	0.20	-1.00	0.13	0.05	-0.95
ADG30-70	0.04	0.29	-1.00	0.13	0.07	-1.00
ADG30-90	0.18	0.22	-0.90	0.25	0.10	-0.98

BW = weight at birth; W30 = weight at 30 days of age; W70 = weight at 70 days of age; W90 = weight at 90 days of age

ADG10-30 = average daily gains from 10-30 days of age; ADG30-70 = average daily gains from 30-70 days of age; ADG30-90 = average daily gains from 30-90 days of age

problem, three generations and large grandparent offspring relationships in the data are needed (12). However, our estimates were obtained after rerunning the program with different starting values and with two or three cold restarts, and they still converged to the same estimates. Negative estimates for direct-maternal covariance for early growth traits are numerous in the literature for sheep. Maria *et al.* (13) reported strong negative correlations (r_{dm}) between direct and maternal additive effects for lamb body weights of -0.99 (BW), -0.98 (W30), -0.97 (W90), and -0.99 (ADG). Poivey *et al.* (17) also reported high negative estimates of r_{dm} ranging from -0.61 to -0.70 for growth traits to weaning in Ile de France lambs. Other authors (5, 11, 22) found important correlations between additive direct and additive maternal effects for body weight traits, ranging from -0.74 to -0.18.

In a simulation study Robinson (18) found that a large proportion of the negative correlation between direct and maternal for weaning weight could be caused by a sire by year interaction, which is especially important when a large proportion of sires are introduced into the population each year. This was the case in the present study as some T and D sires were bought out of the flock.

Other studies found that correlation between direct and maternal genetic effects could not be important or favorable. Indeed, Saatci

et al. (19) observed no correlation between direct and maternal additive effects for 12-week weights of Welsh Mountain lambs. Nasholm and Danell (14) and Yazidi *et al.* (23) observed positive direct-maternal additive correlations for BW (0.11 and 0.18) and the weaning weight (0.47 and 0.50).

Two-trait analyses

The estimates of the genetic (r_G) and phenotypic (r_P) correlations between traits in DT and T lambs are presented in tables V and VI, respectively. These estimates were obtained using only an additive direct animal model because, in the complete model, the genetic correlation between direct and maternal additive effects was high. Medium to high genetic correlations in DT ($r_G = 0.61$ to 0.81) and T ($r_G = 0.52$ to 0.81) were found between BW and other growth traits. The corresponding phenotypic correlations ranged from 0.12 to 0.55 in T, and from 0.27 to 0.58 in DT. All genetic correlation estimates were positive and high among W70, W90, ADG10-30, ADG30-70 and ADG30-90 traits, and exceeded 0.62 and 0.75 in T and DT lambs, respectively. The phenotypic correlation estimates among these traits were low to high ranging from 0.26 to 0.92 in DT, and from 0.13 to 0.94 in T lambs. In general, the largest genetic and phenotypic correlations were between chronologically

Table V

Genetic \pm error standard (above diagonal) and phenotypic (below diagonal) correlations between growth traits in D'man x Timahdite lambs

Traits	BW	W30	W70	W90	ADG10-30	ADG30-70	ADG30-90
BW		0.81 \pm 0.05	0.79 \pm 0.05	0.78 \pm 0.07	0.63 \pm 0.20	0.70 \pm 0.10	0.61 \pm 0.14
W30	0.58		0.98 \pm 0.04	0.95 \pm 0.06	0.97 \pm 0.11	0.91 \pm 0.08	0.81 \pm 0.13
W70	0.54	0.84		0.98 \pm 0.05	0.98 \pm 0.10	0.98 \pm 0.06	0.96 \pm 0.08
W90	0.50	0.75	0.92		0.94 \pm 0.16	0.98 \pm 0.07	0.97 \pm 0.10
ADG10-30	0.27	0.80	0.68	0.26		0.90 \pm 0.22	0.75 \pm 0.39
ADG30-70	0.30	0.40	0.83	0.59	0.33		0.95 \pm 0.11
ADG30-90	0.28	0.35	0.71	0.88	0.30	0.78	

BW = weight at birth; W30 = weight at 30 days of age; W70 = weight at 70 days of age; W90 = weight at 90 days of age

ADG10-30 = average daily gains from 10-30 days of age; ADG30-70 = average daily gains from 30-70 days of age; ADG30-90 = average daily gains from 30-90 days of age

Table VI

Genetic \pm standard error (above diagonal) and phenotypic (below diagonal) correlations among growth traits in Timahdite lambs

Traits	BW	W30	W70	W90	ADG10-30	ADG30-70	ADG30-90
BW		0.81 \pm 0.20	0.85 \pm 0.18	0.85 \pm 0.22	0.58 \pm 0.31	0.52 \pm 0.19	0.60 \pm 0.27
W30	0.55		0.95 \pm 0.14	0.94 \pm 0.09	0.96 \pm 0.18	0.75 \pm 0.28	0.87 \pm 0.24
W70	0.45	0.79		0.98 \pm 0.10	0.92 \pm 0.12	0.96 \pm 0.16	0.78 \pm 0.29
W90	0.40	0.69	0.94		0.97 \pm 0.10	0.86 \pm 0.27	0.94 \pm 0.23
ADG10-30	0.12	0.81	0.61	0.56		0.87 \pm 0.27	0.62 \pm 0.27
ADG30-70	0.19	0.26	0.81	0.77	0.18		0.85 \pm 0.25
ADG30-90	0.16	0.28	0.72	0.85	0.13	0.87	

BW = weight at birth; W30 = weight at 30 days of age; W70 = weight at 70 days of age; W90 = weight at 90 days of age

ADG10-30 = average daily gains from 10-30 days of age; ADG30-70 = average daily gains from 30-70 days of age; ADG30-90 = average daily gains from 30-90 days of age

adjacent weights rather than non-adjacent ones. As was reported in other sheep populations (Beni Guil, D'man, and Barbarine), there was a close association between postnatal weights and ADGs, as reflected by the high genetic and phenotypic correlations of W30 and ADG10-30, W70 and ADG30-70, and W90 and ADG30-90. In the literature, the values of genetic correlations ranged from 0.59 to 0.92 between W30 and ADG10-30, from 0.67 to 0.88 between W70 and ADG30-70 or ADG30-90, and from 0.79 to 0.98 between W90 and ADG30-90 (3, 4, 6). Our estimates for genetic and phenotypic correlations were comparable to those found by Djemali *et al.* (6) and higher than those reported by Boujenane and Mharchi (4) and Khaldi and Boichard (11).

■ CONCLUSION

The environmental factors investigated in this study had a high influence on T and DT lamb weights and on growth rates from birth to 90 days of age. Therefore, it is necessary to consider these environmental factors to obtain accurate estimates of breeding values. The direct heritability estimates obtained in this study were medium, except for the low values of BW both in T and DT lambs. The genetic and phenotypic correlations among growth traits of T and DT lambs were positive and high indicating that selection for one of those traits could result in genetic improvement in all other traits. Estimates of additive direct-maternal correlations were high and negative but the accuracy of such estimates is low due to the small size of the data set. In general, negative direct-maternal genetic correlation may complicate selection programs in sheep when farmers want to improve both an animal's own performances for growth and its dam's maternal genetic contribution to that growth. This is the case in the local Moroccan sheep where lamb growth depends closely on the milk production of their dams in the first 3-4 months.

Acknowledgments

Acknowledgments are given to the staff of the experimental station of El Koudia for the management and recording of animals. The support of the Administration générale de la Coopération au développement, Brussels, Belgium, and financial support of the Institut national de la recherche agronomique, Rabat, Morocco, are acknowledged.

REFERENCES

- BOLDMAN K.G., KRIESE A., VAN VLECK L.D., KACHMAN S.D., 1993. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances. Washington, DC, USDA, ARS.
- BOUJENANE I., CHAFIK A., BENBIHI M., 1999. Heterosis retained in different generation of inter se mating between D'man and Sardi sheep. *J. Anim. Breed. Genet.*, **116**: 151-159.
- BOUJENANE I., KERFAL M., 1990. Estimates of genetic and phenotypic parameters for growth traits of D'man lambs. *Anim. Prod.*, **51**: 173-178.
- BOUJENANE I., MHARCHI A., 1992. Estimation des paramètres génétiques et phénotypiques des performances de croissance et de viabilité des agneaux de race Beni Guil. *Actes Inst. agron. vét.*, **12**: 15-22.
- BURFENING P.J., KRESS D.D., 1993. Direct and maternal effects on birth and weaning weight in sheep. *Small Rumin. Res.*, **10**: 153-163.
- DJEMALI M., ALOULOU R., BEN SASSI M., 1994. Adjustment factors and genetic and phenotypic parameters for growth traits of Barbarine lambs in Tunisia. *Small Rumin. Res.*, **13**: 41-47.
- EL FADILI M., 1996. Amélioration de la productivité des ovins par croisement. In : Convention de recherche n°33/DE/91 (Rapport final). Rabat, Maroc, Institut national de la recherche agronomique, 62 p.
- EL FADILI M., MICHAUX C., DETILLEUX J., LEROY P.L., 1999. Comparison of matings using Moroccan Timahdite and D'man purebreds, first and terminal crosses. 1. Ewe productivity, lambs survival and growth performances. In: Proc. 50th Annual meeting of EAAP, Zurich, Switzerland, 22-26 August, p. 176-177 (Abstr.).
- FALCONER D.S., MACKAY T.F.C., 1996. Introduction to quantitative genetics, 4th Ed. London, UK, Longman, 464 p.
- HENDERSON C.R., 1953. Estimation of variance and covariance components. *Biometrics*, **9**: 192-218.
- KHALDI G., BOICHARD D., 1989. Direct and maternal effects on growth characteristics of Barbarine breed. *Ann. INRAT-ARIANA (Tunisia)*, **62**: 1-20.
- MARIA G.A., 1995. Estimates of variances due to direct and maternal effects for reproductive traits of Romanov sheep. *Small Rumin. Res.*, **18**: 69-73.
- MARIA G.A., BOLDMAN K.G., VAN VLECK L.D., 1993. Estimates of variances due to direct and maternal effects for growth traits of Romanov sheep. *J. Anim. Sci.*, **71**: 845-849.
- NASHOLM A., DANELL O., 1996. Genetic relationship of lambs weight, maternal ability and mature ewe weight in Swedish Finewool sheep. *J. Anim. Sci.*, **74**: 329-339.
- NITTER G., 1978. Breed utilization for meat production in sheep. *Anim. Breed. Abstr.*, **46**: 131-143.
- NOTTER D.R., HOUGH J.D., 1997. Genetic parameter estimates for growth and fleece characteristics in Targhee sheep. *J. Anim. Sci.*, **75**: 1729-1727.
- POIVEY J.P., JULLIEN E., BIBE B., 1994. Utilisation du modèle animal chez les ovins allaitants. In : Foulley J.L., Molénat M. eds, Séminaire Modèle animal, La Colle sur Loup, France, 26-29 septembre 1994, p. 99-114.
- ROBINSON D.L. 1996. Models which might explain negative correlations between direct and maternal genetic effects. *Livest. Prod. Sci.*, **45**: 111-122.
- SAATCI I., DEWIS A.P., ULUTAS Z., 1999. Variance components due to direct and maternal effects and estimation of breeding values for 12-week weight of Welsh Mountain lambs. *Anim. Sci.*, **69**: 345-352.
- SAS, 1989. SAS/STAT user's guide (version 6, 4th ed.). Gary, NC, USA, SAS Institute Inc.
- TIJANI A., BOUJENANE I., 1993. Estimates of genetic and phenotypic parameters for growth traits of Timahdite lambs in Morocco. In: Proc. 44th Annual meeting of the EAAP, **1**: 176-177 (Abstr.).
- TOSH J.J., KEMP R.A., 1994. Estimation of variance components for lamb weights in three sheep populations. *J. Anim. Sci.*, **72**: 1184-1190.
- YAZIDI M.H., ENGSTROM G., NASHOLM A., JOHANSON K., JORJANI H., LIDJEDAHL L.E., 1997. Genetic parameters for lamb weight at different ages and wool production in Baluchi sheep. *Anim. Sci.*, **65**: 247-255.

Reçu le 30.09.99, accepté le 27.07.00

Résumé

El Fadili M., Michaux C., Boulanouar B., Leroy P.L. Effets du milieu et génétiques sur la croissance des agneaux Timahdite et croisés au Maroc

La connaissance des paramètres génétiques pour les caractères de croissance d'intérêt économique est nécessaire à l'évolution des populations ovines au Maroc. Les données sur 544 agneaux de race Timahdite (T) et 756 agneaux D'man x Timahdite (DT), tous nés de 1992 à 1998, ont été utilisées pour estimer les paramètres génétiques des poids des agneaux à la naissance, à 30, 70 et 90 jours, ainsi que des gains de poids journaliers de 10 à 30, 30 à 70 et 30 à 90 jours, pour chaque caractère. Les variances-covariances ont été estimées séparément par la méthode du REML, utilisant un modèle animal qui incluait les effets fixes de l'année de naissance, du sexe, de l'âge de la brebis, du type de naissance ou du mode d'allaitement et de l'interaction année de naissance x sexe, effet génétique direct et effet génétique maternel. Les corrélations génétiques et phénotypiques entre les caractères ont été estimées avec des modèles comportant tous les mêmes effets fixes et seulement les effets génétiques directs additifs. Tous les effets fixes ont eu une influence sur les caractères de croissance. Les estimations des héritabilités directes pour les différents caractères poids et gains de poids journaliers ont été faibles à modérées et ont varié de 0,07 à 0,25 chez les T, et de 0,02 à 0,18 chez les DT. Les héritabilités maternelles ont été de 0,20 à 0,36 chez les DT et de 0,01 à 0,10 chez les T, à l'exception du poids à la naissance (0,53). Pour tous les caractères, les corrélations génétiques directes et maternelles ont été élevées et négatives chez les DT (-0,80 et -1,00) et chez les T (-0,90 et -1,00). Cependant, la précision de telles estimations est faible étant donné la petite taille du fichier des données utilisé dans cette étude. Les estimations des corrélations génétiques et phénotypiques ont été positives pour tous les caractères et particulièrement élevées pour les corrélations génétiques entre les poids et les gains de poids après la naissance à la fois chez les agneaux DT et T montrant l'absence d'antagonismes génétiques entre les différents caractères étudiés.

Mots-clés : Ovin - Timahdite - D'man - Croisement - Héritabilité - Croissance - Corrélation génétique - Maroc.

Resumen

El Fadili M., Michaux C., Boulanouar B., Leroy P.L. Efectos ambientales y genéticos sobre el crecimiento en corderos Timahdite y cruces en Marruecos

Para el desarrollo de las poblaciones de ovinos en Marruecos, son necesarios conocimientos sobre los parámetros genéticos de los caracteres de crecimiento que presentan importancia económica. Se utilizaron registros de 544 corderos de la raza Timahdite (DT), nacidos entre 1992 y 1998, con el fin de estimar los parámetros genéticos de los corderos para el peso al nacimiento, a 30 días, 70 días y 90 días y ganancias diarias de 10-30 días, 30-70 días y 30-90 días para cada carácter. Se obtuvieron estimaciones de los componentes de (co)varianza REML, asumiendo modelos animales que incluyeron efectos fijos del año de nacimiento, sexo, edad de la madre, tipo de parto o tipo de crianza y la interacción entre año de nacimiento y sexo, el efecto genético directo del animal y el efecto genético materno. Se estimaron correlaciones fenotípicas y genotípicas entre caracteres con modelos que incluyeron los mismos efectos fijos y únicamente efectos genéticos aditivos directos. Todos los efectos fijos tuvieron influencia en los caracteres de crecimiento. Las estimaciones de herencia directa para los diversos caracteres de pesos y ganancias diarias fueron de bajas a medias y variaron entre 0,07 y 0,25 en la raza T y entre 0,02 y 0,18 en los corderos DT. La herencia materna vario entre 0,20 y 0,36 en DT y entre 0,01 y 0,10 en los corderos T, con excepción de los pesos al nacimiento (0,53). Para todos los caracteres, las correlaciones genéticas materna y directa fueron elevadas y negativas en DT (-0,80 y -1,0) y en T (-0,90 y -1,0) corderos. Sin embargo, la exactitud de estas estimaciones es baja, debido a la pequeña cantidad de datos utilizados en el presente estudio. Las estimaciones de las correlaciones fenotípicas y genotípicas fueron positivas y altas en ambos corderos, DT y T, y no mostraron antagonismos genéticos entre los caracteres de crecimiento.

Palabras clave: Ovino - Timahdite - D'man - Cruzamiento - Heredabilidad - Crecimiento - Correlación genética - Marruecos.