

Sommaire

PATHOLOGIE INFECTIEUSE

189 Validation de terrain d'un test ELISA de compétition pour la détection de la péripneumonie contagieuse des bovins au Botswana. Amanfu W., Sediadie S., Masupu K.V., Benkirane A., Geiger R., Thiaucourt F. (*en anglais*)

194 Information

195 Toxines et fimbriae produites par les souches *Escherichia coli* isolées de fèces de veaux diarrhéiques en Algérie. Mohamed Ou Said A., Pohl P., De Rycke J., Contrepois M. (*en français*)

PATHOLOGIE PARASITAIRE

201 *Tunga penetrans* (Insecta : Siphonaptera) chez le porc à São Tomé (Afrique équatoriale) : aspects épidémiologiques, cliniques, morphologiques et histopathologiques. Pampiglione S., Trentini M., Mattei Gentili F., Mendes J.L.X., Pampiglione C., Rivasi F. (*en anglais*)

207 La résistance aux benzimidazoles des nématodes gastro-intestinaux des petits ruminants en Gambie et au Sénégal. Bâ H., Geerts S. (*en français*)

211 Traitements multiples par l'acéturate de diminazène chez les bovins : effets sur l'inféctivité d'une souche chimiorésistante de *Trypanosoma congolense* et sur sa transmissibilité par *Glossina morsitans centralis*. Diack A., Moloo S.K., Peregrine A.S. (*en anglais*)

219 Développement biologique de *Trypanosoma (Nannomonas) congolense* IL 1180 chez *Glossina morsitans morsitans* Westwood 1851 (Diptera : Glossinidae). Kazadi J.M., Losson B., Kageruka P. (*en français*)

225 Infections trypanosomiennes chez des bovins dans la zone Sud-soudanienne du Burkina Faso. Bengaly Z., Ganaba R., Sidibe I., Duvallet G. (*en français*)

230 Note de lecture

RESSOURCES ALIMENTAIRES

231 Productivité et utilisation de *Calliandra calothyrsus* pâturé par le cerf rusa en fonction de sa densité de plantation et de sa hauteur de recépage. Corniaux C., Le Bel S., Sarrailh J.M. (*en français*)

239 Productivité et capacité de charge des pâturages naturels au Bénin. Agonyissa D., Sinsin B. (*en français*)

RESSOURCES ANIMALES

247 Equivalents lait et rendements en produits laitiers : modes de calculs et utilisation. Meyer C., Duteurtre G. (*en français*)

258 Résumé de thèse

259 Evaluation du lait de chèvre produit dans les Hauts Plateaux du Cameroun pour la fabrication de fromages. Kameni A., Imele H., Rubby F., Djoko D. (*en anglais*)

264 Information

265 Transformation des herbivores sauvages africains en viande propre à la consommation pour les communautés locales. Utilisation durable de l'impala (*Aepyceros melampus*) dans le cadre du programme CAMPFIRE, Zimbabwe. Féron E., Tafira J.K., Belemsobgo U., Blomme S., De Garine-Wichatitsky M. (*en anglais*)

Contents

INFECTIOUS DISEASES

189 **Field validation of a competitive enzyme-linked immunosorbent assay (cELISA) for the detection of contagious bovine pleuropneumonia in Botswana.** Amanfu W., Sediadie S., Masupu K.V., Benkirane A., Geiger R., Thiaucourt F. (*in English*)

194 **Notice**

195 **Toxins and fimbriae produced by strains of *Escherichia coli* isolated from feces of diarrheic calves in Algeria.** Mohamed Ou Said A., Pohl P., De Rycke J., Contrepolis M. (*in French*)

PARASITIC DISEASES

201 ***Tunga penetrans* (Insecta: Siphonaptera) in pigs in São Tomé (Equatorial Africa): Epidemiological, clinical, morphological and histopathological aspects.** Pampiglione S., Trentini M., Mattei Gentili F., Mendes J.L.X., Pampiglione C., Rivasi F. (*in English*)

207 **Benzimidazole resistance of gastrointestinal nematodes in small ruminants in The Gambia and Senegal.** Bâ H., Geerts S. (*in French*)

211 **Effect of multiple treatment of cattle with diminazene aceturate on the infectivity and transmissibility of drug-resistant *Trypanosoma congolense* for *Glossina morsitans centralis*.** Diack A., Moloo S.K., Peregrine A.S. (*in English*)

219 **Biological development of *Trypanosoma (Nannomonas) congolense* IL 1180 in *Glossina morsitans morsitans* Westwood 1851 (Diptera: Glossinidae).** Kazadi J.M., Losson B., Kageruka P. (*in French*)

225 **Trypanosome infections in cattle in the South-Sudanese area of Burkina Faso.** Bengaly Z., Ganaba R., Sidibe I., Duvallet G. (*in French*)

230 **Reading note**

FEED RESOURCES

231 **Production and use of *Calliandra calothyrsus* by rusa deer based on plant density and cutting height.** Corniaux C., Le Bel S., Sarrailh J.M. (*in French*)

239 **Productivity and carrying capacity of natural grassland in Benin.** Agonyissa D., Sinsin B. (*in French*)

ANIMAL RESOURCES

247 **Milk equivalent and yield of milk products. Calculation methods and use.** Meyer C., Duteurtre G. (*in French*)

258 **Dissertation summary**

259 **Evaluation of goat milk produced in the Highlands of Cameroon for cheese making.** Kameni A., Imele H., Rubby F., Djoko D. (*in English*)

264 **Notice**

265 **Transforming wild African herbivores into edible meat for local communities. Sustainable use of impala (*Aepyceros melampus*) in the CAMPFIRE Program, Zimbabwe.** Féron E., Tafira J.K., Belemsobgo U., Blomme S., De Garine-Wichatitsky M. (*in English*)

Sumario

PATOLOGIA INFECCIOSA

189 Validación de campo de un test inmunoabsorbente ligado a una enzima competitiva (cELISA) para la pleuroneumonía contagiosa bovina en Bostwana. Amanfu W., Sediadie S., Masupu K.V., Benkirane A., Geiger R., Thiaucourt F. (*en inglés*)

194 Información

195 Toxinas y fimbrias producidas por las cepas de *Escherichia coli* aisladas en heces de terneros diarreicos en Argelia. Mohamed Ou Said A., Pohl P., De Rycke J., Contrepois M. (*en francés*)

PATOLOGIA PARASITARIA

201 *Tunga penetrans* (Insecta: Siphonaptera) en cerdos en Santo Tomé (Africa ecuatorial). Aspectos epidemiológicos, clínicos, morfológicos e histopatológicos. Pampiglione S., Trentini M., Mattei Gentili F., Mendes J.L.X., Pampiglione C., Rivasi F. (*en inglés*)

207 Resistencia a los benzoimidazoles en los nematodos gastrointestinales de los pequeños rumiantes en Gambia y Senegal. Bâ H., Geerts S. (*en francés*)

211 Efecto del tratamiento múltiple de ganado con aceturato de diminasona sobre la infectividad y la transmisibilidad del *Trypanosoma congolense* resistente a las drogas por *Glossina morsitans centralis*. Diack A., Moloo S.K., Peregrine A.S. (*en inglés*)

219 Desarrollo biológico de *Trypanosoma (Nannomonas) congolense* IL 1180 en la *Glossina morsitans morsitans* Westwood 1851 (Diptera: Glossinidae). Kazadi J.M., Losson B., Kageruka P. (*en francés*)

225 Infecciones tripanosómicas en bovinos en la zona sud sudanese de Burkina Faso. Bengaly Z., Ganaba R., Sidibe I., Duvallet G. (*en francés*)

230 Nota de lectura

RECURSOS ALIMENTICIOS

231 Productividad y uso del pasto *Calliandra calothyrsus* para el ciervo rusa, en función de su densidad de plantación y de su altura de poda. Corniaux C., Le Bel S., Sarrailh J.M. (*en francés*)

239 Productividad y capacidad de carga de los pastizales naturales en Benin. Agonyissa D., Sinsin B. (*en francés*)

RECURSOS ANIMALES

247 Equivalentes en leche y rendimientos en productos lácteos: formas de cálculo y utilización. Meyer C., Duteurtre G. (*en francés*)

258 Resumen de tesis

259 Evaluación de la leche de cabra producida en las tierras altas de Camerún, para la fabricación de queso. Kameni A., Imele H., Rubby F., Djoko D. (*en inglés*)

264 Información

265 Transformación de los herbívoros salvajes africanos en carne comestible para comunidades locales. Uso sostenible del impala (*Aepyceros melampus*) dentro del programa CAMPFIRE, Zimbabwe. Féron E., Tafira J.K., Belemsobgo U., Blomme S., De Garine-Wichatitsky M. (*en inglés*)

Field validation of a competitive enzyme-linked immunosorbent assay (cELISA) for the detection of contagious bovine pleuropneumonia in Botswana

W. Amanfu ¹ S. Sediadie ¹ K.V. Masupu ²
A. Benkirane ³ R. Geiger ⁴ F. Thiaucourt ^{5*}

Key words

Contagious bovine pleuropneumonia - *Mycoplasma mycoides* - ELISA - Specificity - Botswana.

Summary

The newly developed cELISA for the detection of contagious bovine pleuropneumonia (CBPP) was applied at the National Veterinary Laboratory, Gaborone, on a significant number of sera harvested during the epizootics in 1995 and 1998 after complete depopulation of cattle in the outbreak zone. Results confirmed the excellent specificity of the test with only one serum, out of 895, from non infected areas having a titer slightly above the cutoff value. Comparisons with other serological tests such as the complement-fixation test and the rapid slide-agglutination test on sera collected during the 1995 outbreaks also showed that all three tests have similar sensitivities. The main advantages of the cELISA reside in its specificity, reproducibility and the possibility to monitor a quality control program through the use of internationally developed software such as the ELISA Data Interchange (EDI).

INTRODUCTION

Contagious bovine pleuropneumonia (CBPP) is an infectious disease caused by *Mycoplasma mycoides mycoides* biotype SC (MmmSC) that is characterized by pleuritis and pneumonia. It is now one of the most important threat to cattle production in Africa. Until 1990, the disease seemed to have been under control in most countries through annual vaccination campaigns. However, it reappeared recently in countries that were considered free of the disease. Botswana had remained free of infection for over fifty years since the disease was eradicated in 1939 from the Chobe district of the country (9). In 1995, cattle were reported to be dying in large numbers at Xaudum village, about 70 km from

Mohembo in Northwestern Botswana. Field and laboratory investigations supported a CBPP diagnosis (1). The government of Botswana adopted a stamping-out policy which involved the slaughter of 320,000 cattle from the outbreak zone in Ngamiland district of Northwestern Botswana. By the end of 1997 about 70,000 cattle had been restocked in the former outbreak zone. Although a double cordon fence was built on the Namibian border it is imperative that serosurveillance be carried out in order to monitor the movement of cattle across the border with Namibia, from where the disease originally entered Botswana.

Serosurveillance is one of the means that permits the monitoring of efficient control measures against CBPP. In many infected countries, CBPP cases are not properly reported because of the unwillingness of owners to declare the presence of the disease or of improper control of cattle movements. Therefore, the assessment of CBPP prevalence can be obtained through seromonitoring based on a sound sampling frame. The measurement of CBPP prevalence is the only way to define cost-effective control strategies or to check that the adopted strategies yield the expected results. In CBPP free countries, serosurveillance is an additional tool that allows to check on the status of cattle herds. Serological testing can also be used for rapid confirmation of new outbreaks in order to adopt efficient control strategies such as the slaughter of all animals during an outbreak.

1. National Veterinary Laboratory, PB 0035, Gaborone, Botswana

2. Department of Animal Health and Production, Ministry of Agriculture, PB 0032, Gaborone, Botswana

3. Animal Health Officer, EMPRES, FAO, Vialle delle terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy

4. FAO-IAEA joint division, Wagramer Strasse 5, PO Box 100, A-1400 Vienna, Austria

5. Cirad-emvt, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

* Corresponding author

The serological test that is currently recommended by the Office international des épizooties (OIE) is the complement-fixation test (CFT) (2, 8). This test proved to be very useful in the past for confirmation of CBPP outbreaks and it was extensively used during the CBPP eradication campaign in Australia or, more recently, in Italy. It has however some drawbacks. It is difficult to standardize (3) because of the use of various biological reagents: antigen batch, sheep red blood cells, thermolabile complement, etc. It sometimes gives false positive reactions whose origin has not been clearly elucidated. In the case of a CBPP free country these false positive reactions are particularly worrisome as they should normally be followed by field investigations. Moreover, they sometimes lead to restrictions in cattle imports.

A test based on a competitive ELISA has recently been described for CBPP (4). It was designed to give a higher specificity through the use of a monoclonal antibody that is specific to MmmSC. It was found sensitive enough to detect an antibody rise in experimentally infected cattle as well as in natural outbreaks. This test was developed jointly with the International Atomic Energy Agency (IAEA) in order to be compatible with a uniform ELISA format used in national reference laboratories throughout Africa. It is now undergoing a wide field validation both in Europe and Africa within the framework of an EU DGVIII research grant devoted to CBPP involving ten countries: Cameroon, Ethiopia, France, Germany, Kenya, Italy, Namibia, Portugal, Uganda. The results presented here were obtained through project number TCP/BOT/6712(A) of the Food and Agriculture Organization (FAO).

■ MATERIALS AND METHODS

Sera

Sera ($n = 320$) were collected during the CBPP outbreaks in Northwestern Botswana (Ngamiland District) in 1996. Fifty-five cattle from infected herds were kept in a government quarantine station and serially bled weekly until they were finally all slaughtered according to the stamping-out policy that was implemented by the Animal Health and Production Department of Botswana. Sera were stored at -20°C .

Other sera ($n = 895$) were collected in 1998 from various parts of the country that had never experienced the disease. They represented a statistically significant proportion of the cattle population of Botswana that is free of CBPP.

Complement-fixation test

The complement-fixation test was carried out in a microplate format according to the recommended procedure of the OIE (8). The reagents used were as follows: antigen (Cirad-emvt, France), complement, hemolytic serum, sheep red blood cells (Biomérieux, France).

Slide-agglutination test

The slide-agglutination serum test (6, 7) was carried out following standard procedures, using a methyl violet colored antigen (Cirad-emvt). Antigen and sera were mixed in equal volumes of 25 μl , agitated during one minute precisely, a positive reaction being evidenced by a clear agglutination. A negative control serum was always run in parallel to ensure the absence of autoagglutination of the antigen.

cELISA

The test was carried out according to the protocol of Le Goff and Thiaucourt (4) with slight modifications to ensure compatibility with the ELISA data interchange (EDI) program of the IAEA. Briefly, Nunc polysorb plates were coated with a lysed antigen solution in PBS and incubated overnight at $+4^{\circ}\text{C}$. One in ten diluted sera were incubated with the monoclonal antibody for exactly one hour. The reaction was then revealed by a peroxidase antimouse conjugate (Dako P260) and an ABTS substrate. The plates were read at a wavelength of 405 nm after 20 min incubation when the optical density of the control monoclonal exceeded 0.8 but was lower than 1.6. The plate reading and recording were monitored with EDI version 2.1 software of the IAEA connected to a Multiskan MS reader.

■ RESULTS

cELISA

Reproducibility

This parameter was assessed by comparing the results obtained with three control sera that were included in each plate (figure 1). All control titers remained stable throughout the study that involved two technicians and ten sets of plates. This could be further evaluated with the distribution of the control results. They all followed a gaussian curve with: 1) for the high positive control a mean of 77, acceptable lower control limit (LCL) at 68, upper control limit (UCL) at 78 (figure 2a); 2) for the low positive control a mean of 48, LCL at 38, UCL at 58 (figure 2b); and 3) for the negative control a mean of 10, LCL at 0, UCL at 25 (figure 2c). With these settings for LCL and UCL there was a single plate that fell outside the limits because of a value below LCL for the slight positive control.

Another approach to control the reproducibility of the test was to analyze the distribution of the variation between duplicates. This value was calculated systematically by the EDI software that showed the absolute value of the difference between the two

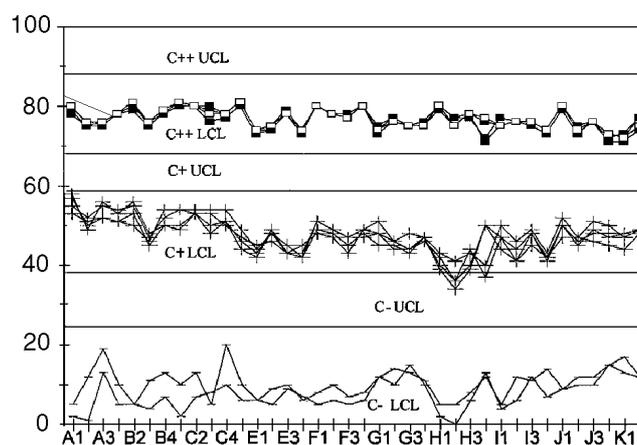


Figure 1: Values of the three serum controls obtained in ten consecutive days by two technicians. The lower (LCL) and upper (UCL) control limits are respectively: C- (0 to 25%), C+ (38 to 48%) and C++ (68 to 78%)
C- = negative control, C+ = intermediate control, C++ = highly positive control.

duplicates for each serum. The distribution was obtained by pooling 400 results from negative and positive sera (figure 3). It showed a unilateral distribution with only one value above 10, which is currently considered as the limit that shows that an individual result is acceptable.

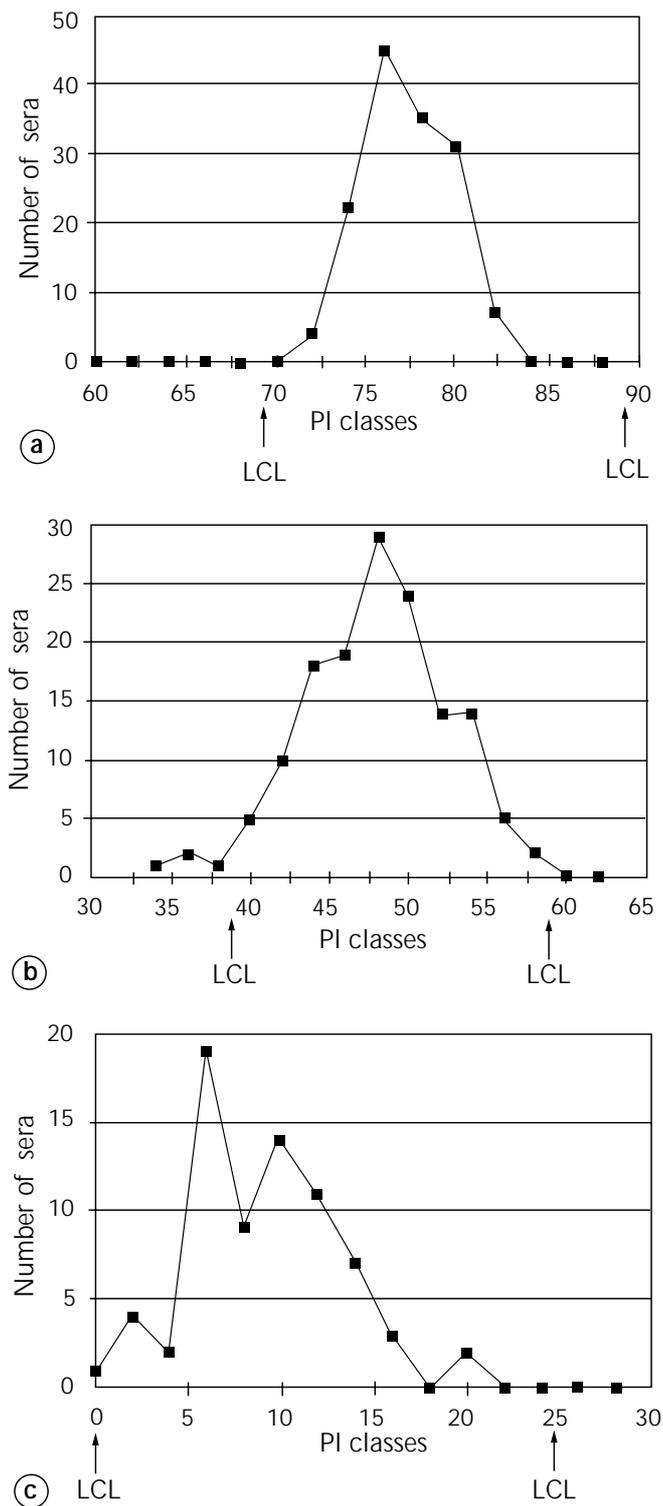


Figure 2: Distribution of the values obtained with the serum controls at the National Veterinary Laboratory, Gaborone. Figure 2a: C++ (N = 140); figure 2b: C+ (N = 140); figure 2c: C- (N = 70) C- = negative control, C+ = intermediate control, C++ = highly positive control.

Specificity

The true specificity of the cELISA was evaluated with a representative sample of Botswana cattle (n = 895) that were known to be free of CBPP. The distribution of the cELISA results followed a gaussian (figure 4) curve with a mean of 20.8 and a standard deviation of 10.3. Only one serum had a cELISA result above 50 which is the cutoff of this test. It showed that the specificity of the test approximates 99.9%. It has to be noted however that the titer of the only serum to exceed the cutoff point was 50.3, which is in no way comparable to the values obtained during the outbreak.

Sensitivity

The sensitivity was assessed by analyzing 320 sera from a known CBPP outbreak. The distribution of the results was strikingly different from that of the negative population with half of the results being above the cutoff point (figure 4).

Further comparisons were made on a subset of 48 sera that were obtained when the animals were slaughtered and necropsied. Serological results could then be compared with the actual gross lesions and true sensitivity and specificity could be determined.

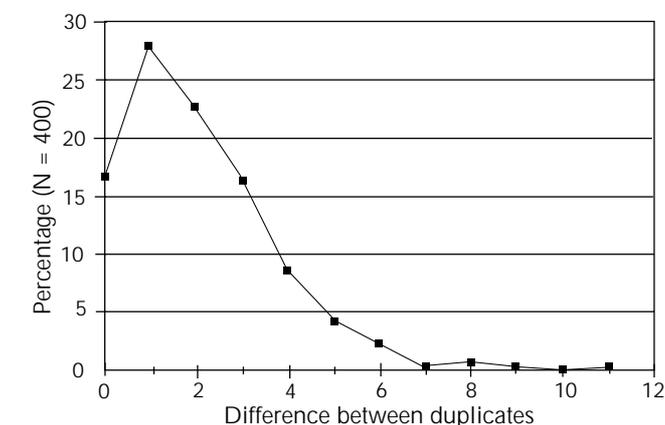


Figure 3: Distribution of the absolute value of the difference between duplicates. An individual result is accepted if this value is less than 10. Here, all but one result were acceptable and more than 95% had differences below 5.

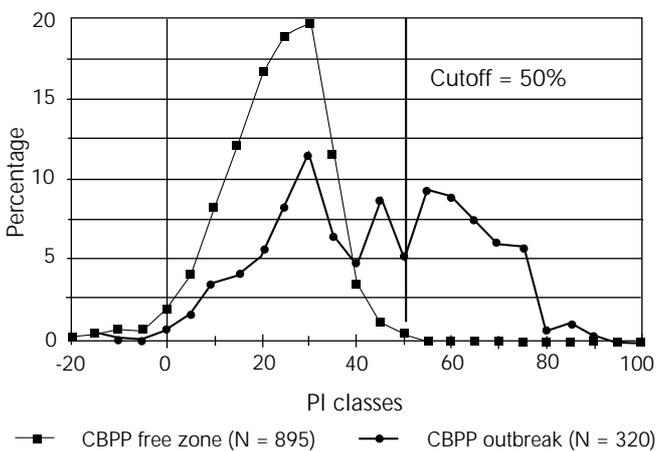


Figure 4: Distribution of the cELISA results from a negative population of Botswana in 1998 (N = 895) and distribution of sera from an epizootic zone in 1995. The cutoff value at 50% is materialized by a vertical line. All but one negative sera were below the cutoff point (specificity = 99.9%). Many sera collected during an outbreak had values above the cutoff.

Of the 16 animals without lesions, there was complete agreement between CFT and cELISA with a single animal being positive (table I). As the same serum was also positive in SAST it can be assumed that this animal was truly infected. This may be due to a complete healing of the lesions. SAST seemed less specific as it detected two other positives, although with slight agglutinations (rated 1 on a scale of 1 to 4).

Of 32 animals with lesions, CFT and SAST gave 30 positives (93%) and cELISA 28 (87%) (table II). The slightly lower number of positives by cELISA could be explained by the fact that these animals were slaughtered during the acute stage of the outbreak and therefore were more likely to have high IgM titers which are complement fixing and agglutinating. It must be noted that the difference between the three tests is not significant. Agglutinations with SAST were sometimes weak, which in fact could be considered as dubious, taking into account that only high positives would have greatly reduced the sensitivity but improved the specificity.

■ DISCUSSION

The results obtained at the National Veterinary Laboratory show that this cELISA is a very effective test for CBPP serosurveillance. The experience gained on Botswana cattle shows that the cutoff at 50%, that was primarily set with bovine sera from different origins, is still valid. It gives a specificity of 99.9%, which should enable CBPP free countries such as Botswana to minimize the number of serologically false positive results. The reduction of this percentage is of great economical importance as the detection of positives should always be followed by conservatory control measures such as quarantine and limitation of animal movements in the suspected area until field investigations rule out the presence of CBPP. The use of cELISA will certainly decrease the occurrence of such events.

Good performance in terms of repeatability and user-friendliness are two of the main advantages of this new serological tool when compared to CFT. The analysis of numerous plates showed that the variations between duplicated wells were minimal, normally less than 10% and less than 6% in 95% of the cases. The analysis of the variations between duplicates is therefore a good indicator

REFERENCES

1. AMANFU W., MASUPU K.V., ADOM E.K., RABOROKGWE, M.V., BASHIRUDDIN J.B., 1998. An outbreak of contagious bovine pleuropneumonia in Ngamiland district of North-Western Botswana. *Vet. Rec.*, **143**: 46-48.
2. CAMPBELL A.D., TURNER A.W., 1953. Studies on contagious bovine pleuropneumonia of cattle. IV. An improved complement fixation test. *Aust. vet. J.*, **29**: 154-163.
3. DANNACHER G., PERRIN M., MARTEL M., PERREAU P., LE GOFF C., 1986. Report of evaluation of the European comparative trial concerning complement fixation test for diagnosis of contagious bovine pleuropneumonia. *Ann. Rech. vét.*, **17**: 107-114.
4. LE GOFF C., THIAUCOURT F., 1998. A competitive ELISA for the specific diagnosis of contagious bovine pleuropneumonia (CBPP). *Vet. Microbiol.*, **60**: 179-191.

Table I

Serological results in 16 animals without lesions

	CFT	cELISA	SAST
Positive	1	1	3
Negative	15	15	12

Table II

Serological results in 32 animals with lesions

	CFT	cELISA	SAST
Positive	30	28	30
Negative	2	4	2

of the technician's abilities and should be taken into account for the acceptance of the results at the individual level (difference less than 10) or at the plate level. This test requires minimal training as long as the laboratory has all the facilities to perform ELISA techniques. The use of uniform protocol and software gives the opportunity to compare easily the results obtained in various laboratories.

With the sera analyzed in this study, cELISA had apparently a slightly lower sensitivity than CFT at the individual level. This might be due to the presence of IgM that exist at the early stages of the immune response, these antibodies being complement fixing but with low affinities. The sensitivity of cELISA is however expected to compare well with that of CFT, when sera are collected long after the outbreak as bovine immunoglobulins of the IgG2 subclass are unable to fix guinea pig complement (5). In any case, these serological tests for CBPP are to be used at the herd level and numerous examples have shown that the sensitivity of both tests was similar with the advantage of the cELISA being very specific. In the near future, it is expected that cELISA will permit to assess the real prevalence of CBPP in various regions of Africa and thus provide accurate information for decision makers to define the best cost-effective control strategies.

5. McGUIRE T.C., MUSOKE A.J., 1981. Biological activities of bovine IgG subclasses. In: Butler J.E. ed., *The ruminant immune system*. New York, USA, Plenum Press, 891 p.

6. NEWING C.R., FIELD A.C., 1953 A preliminary report on rapid field test for contagious bovine pleuropneumonia. *Br. vet. J.*, **109**: 397-404.

7. PROVOST A., QUEVAL R., 1957. Recherches immunologiques sur la péripneumonie, 1^e partie la réaction d'agglutination. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **10**: 357-368.

8. REGALLA J., LEFEVRE P.C., 1996 Contagious bovine pleuropneumonia. In: Manual of standards for diagnostic tests and vaccines, Chapter 2.1.6. Paris, France, OIE, 723 p.

9. SCHNEIDER H.P., VAN DER LUGT J.J., HUBSCHLE O.J.B., 1994. Contagious bovine pleuropneumonia. In: Coetzer J.A.W., Thomson G.R., Tustin R.C. eds., *Infectious diseases of livestock*, Vol. 2. Oxford, UK, Oxford University Press.

Reçu le 9.9.98, accepté le 12.11.98

Résumé

Amanfu W., Sediadie S., Masupu K.V., Benkirane A., Geiger R., Thiaucourt F. Validation de terrain d'un test ELISA de compétition pour la détection de la péripneumonie contagieuse des bovins au Botswana

Le test ELISA de compétition, récemment décrit pour détecter la présence de la péripneumonie, a été utilisé au Laboratoire national vétérinaire du Botswana à Gaborone. L'échantillonnage de sérums a compris un nombre significatif de sérums récoltés durant l'épizootie de 1995 et ensuite en 1998 après que la totalité du cheptel bovin de la zone infectée ait été abattue. Les résultats obtenus ont montré l'excellente spécificité du test avec un seul sérum négatif, sur 895, ayant un titre légèrement supérieur au seuil de positivité. La comparaison avec deux autres tests, la fixation du complément et l'agglutination sur lame, avec des sérums récoltés durant l'épizootie de péripneumonie en 1995 a montré que ces trois tests avaient des sensibilités équivalentes. Les principaux avantages de l'ELISA de compétition sont sa spécificité, sa reproductibilité et la possibilité qu'il offre de pouvoir effectuer un contrôle de qualité fiable en étant utilisé avec des logiciels développés au niveau international comme l'*ELISA Data Interchange* (EDI).

Mots-clés : Péripneumonie contagieuse bovine - *Mycoplasma mycoides* - Test ELISA - Spécificité - Botswana.

Resumen

Amanfu W., Sediadie S., Masupu K.V., Benkirane A., Geiger R., Thiaucourt F. Validación de campo de un test inmunoadsorbente ligado a una enzima competitiva (cELISA) para la pleuroneumonía contagiosa bovina en Botswana

El nuevo cELISA para la pleuroneumonía bovina contagiosa (CBPP) se aplicó en el Laboratorio Veterinario Nacional, Gaborone, en un número significativo de sueros, colectados durante la epizootia de 1995 y 1998, después de la despoblación total de ganado en la zona de la epidemia. Los resultados confirman la excelente especificidad del test, con solamente un suero de las áreas no infectadas en 895, presentando un título ligeramente superior al valor límite. Las comparaciones con otros tests serológicos, como el test de fijación de complemento y el test de aglutinación rápida en placa, en sueros colectados durante las epidemias de 1995, también mostraron que los tres tests presentan sensibilidades comparables. Las principales ventajas del cELISA residen en su especificidad, reproductibilidad y en la posibilidad de seguir un programa de control de calidad a través del uso de programas desarrollados a nivel internacional, como el *ELISA Data Interchange* (EDI).

Palabras clave: Pleuroneumonía contagiosa bovina - *Mycoplasma mycoides* - ELISA - Especificidad - Botswana.

Toxines et fimbriae produites par les souches *Escherichia coli* isolées de fèces de veaux diarrhéiques en Algérie

A. Mohamed Ou Said ^{1,4} P. Pohl ²

J. De Rycke ³ M. Contrefois ^{4*}

Mots-clés

Bovin - Veau - Diarrhée - *Escherichia coli* - Toxicité - Algérie.

Résumé

Cent soixante-cinq souches de *Escherichia coli* isolées dans différents secteurs géographiques (200 km autour d'Alger) de 45 veaux diarrhéiques et de 4 veaux sains ont été étudiées pour la production de cytotoxines (CNF1, CNF2, VT1 et VT2) et de fimbriae (K99, F17a, F17b, F17c, Att111 et CS31A). La plupart des veaux étaient âgés de deux à quatre semaines. Les souches *E. coli* produisant CNF2 et les fimbriae F17b ou F17c prédominaient dans la région de Ain Défla et de Bordj Bou Arréridj où respectivement 100 et 75 p. 100 de veaux étaient positifs. Dans la proche périphérie d'Alger, des souches *E. coli* non cytotoxinogènes produisant les fimbriae CS31A et (ou) F17c ont été isolées. Dans la région de Médéa ces deux types de souches ont été isolées. Peu de souches *E. coli* VT+ ont été identifiées. L'étude spécifique des souches cytotoxiques pour la production des fimbriae F17 a montré que 50 p. 100 des souches CNF2+ produisaient F17b ou F17c.

INTRODUCTION

Escherichia coli est une bactérie commune mais certains pathotypes sont associés à des infections intestinales ou septicémiques chez l'homme et l'animal (25). Parmi les principaux facteurs de virulence, on peut citer la production d'entérotoxines (thermostable ou thermolabile) ou de cytotoxines (vérotoxines VT1 ou VT2 et les facteurs nécrosants CNF1 ou CNF2) (22, 35, 36). L'adhésion aux entérocytes agit en synergie avec les entérotoxines en permettant aux souches entérotoxigènes (ETEC) de coloniser massivement l'intestin grêle (41). On peut aussi avancer l'hypothèse que l'adhésion aux entérocytes des *E. coli* VT+ (VTEC) ou CNF+ (NTEC pour *necrotoxicogenic E. coli*) favorise la colonisation intestinale et donc augmente la quantité des cytotoxines qui agissent localement ou diffusent dans l'organisme.

Les ETEC du veau ont été étudiées de façon approfondie pour leurs entérotoxines et leurs facteurs de colonisation (30, 40). Kownalchuck et coll. (23) ont décrit des souches VTEC parmi les

isolats d'origine humaine ou animale. Certains *Escherichia coli* vérotoxigènes possèdent le gène *eae* (pour entérocyte attachement effacement) codant pour la protéine intimine, associée avec les propriétés d'adhérence et la capacité de produire des lésions d'attachement-effacement des microvillosités intestinales (21). Ultimeurement ont été identifiés les NTEC chez l'homme (8) puis chez le veau (5, 13). Les travaux initiés par De Rycke et coll. (12, 13) et poursuivis par Oswald et coll. (31) ont conduit à distinguer les toxines CNF1 et CNF2. La première correspond à la toxine décrite par Caprioli et coll. (8), la seconde est la toxine Vir identifiée par Smith (39). CNF2 est décrite uniquement parmi les souches d'origine bovine ou ovine (4, 13, 37). Les gènes gouvernant la biogenèse de CNF1 sont chromosomiques et souvent associés à ceux codant pour l'hémolysine α (18) et les fimbriae de type Pap (6), l'ensemble de ces gènes étant regroupés dans un îlot de pathogénicité (43). Au contraire, les gènes codant pour CNF2 sont décrits à ce jour sur un plasmide pVir en association avec ceux gouvernant la biogenèse des fimbriae F17b (15). A ce groupe de gènes seraient aussi associés ceux codant pour une autre toxine dite CD-TIII (pour *cytolethal distending toxin* de type III) récemment décrite, l'ensemble étant regroupé sur un îlot de pathogénicité du plasmide pVir (33). Les fimbriae F17b sont des facteurs de colonisation de l'intestin de veau et ils appartiennent à la famille des fimbriae F17 dans laquelle on distingue au moins les quatre variants F17a, F17b, F17c et Att111 (2).

Dans cette étude, les auteurs montrent que des souches *E. coli* produisant CNF2 représentent un des pathotypes majeurs isolé de veaux atteints de diarrhées en Algérie et les fimbriae de la famille F17 produits par les souches *E. coli* CNF2+ ont été identifiées.

1. Ecole nationale vétérinaire d'Alger, BP 161, El-Harrach 16200, Algérie

2. Institut national de recherches vétérinaires, Groeselenberg 99, B-1180 Bruxelles, Belgique

3. Ecole nationale vétérinaire, Laboratoire associé Inra de Biologie moléculaire, 23 chemin des capelles, 31076 Toulouse, France

4. Inra, Centre de recherches de Clermont Ferrand-Theix, Laboratoire de microbiologie, 63122 Saint-Genès Champanelle, France

* Auteur pour la correspondance :

Tél. : +33 (0)4 73 62 42 44 ; fax : +33 (0)4 73 62 45 81

E-mail : contrefois@clermont.inra.fr

MATERIEL ET METHODES

Les souches bactériennes

Dans une étude antérieure, 492 souches de *E. coli* isolées de 45 veaux diarrhéiques et de 4 veaux sains provenant de sept zones géographiques correspondant à un périmètre de 200 km autour d'Alger (tableau I) ont été étudiées. Les caractères recherchés étaient les facteurs de colonisation et de production de colicines, la présence d'aérobactine, d'hémolysine α , d'entérohémolysine, les sérogroupes O et la résistance aux antibiotiques (28). Dans cette étude, environ 10 souches de *E. coli* ont été isolées des fèces de chaque veau. Les caractéristiques des 10 souches et le profil électrophorétique des extraits bactériens obtenus par chauffage à 60 °C (42), migration en gel de polyacrylamide dans des conditions dénaturantes et coloration à l'argent, ont permis de sélectionner 1 à 4 souches représentatives des 10 souches de la flore colibacillaire dominante de chaque veau. Les 165 souches ainsi sélectionnées ont été conservées sur milieu Dorset-egg à +4 °C. Elles ont fait l'objet dans ce travail d'une étude spécifique pour la production des cytotoxines VT et CNF, des facteurs de colonisation K99, F17a, F17b, F17c, Att111 et CS31A et la présence du gène *eae*. Les souches de référence pour les différents facteurs de virulence sont indiquées dans le tableau II.

Recherche des cytotoxines et du gène *eae*

Hybridation avec des sondes ADN spécifiques pour VT1, VT2, CNF1, CNF2 et EAE

L'hybridation sur colonies a été effectuée selon les méthodes décrites par Mainil et coll. (27) et Oswald et coll. (32). Les sondes ADN provenaient des souches *E. coli* H30, B2F1/3, BM2-1, S5 et E2348/69 respectivement pour les gènes correspondant à VT1, VT2, CNF1, CNF2 et EAE. Après transfert sur papier filtre (Whatman 541, Whatman Inc. Pleuger, Belgique), les cellules ont été lysées, l'ADN dénaturé et l'hybridation des sondes s'est faite pendant une nuit à 65 °C. Après lavage, les filtres ont été autoradiographiés pendant 1 à 2 jours.

Cytotoxicité sur des cellules en culture

Les souches *E. coli* ont été cultivées à 37 °C pendant 18 h sur bouillon trypticase soja (Difco). Après centrifugation (10 000 g, 30 min), les bactéries en PBS (10¹⁰ cellules/ml) ont été lysées par sonification à 4 °C (MSE ultrasonic disintegrator, Crawley, UK). Les lysats ont été centrifugés (10 000 g, 15 min) et le surnageant filtré à 0,22 μ m a été testé sur les cellules HeLa en culture (13). Les toxines VT ont produit la lyse des cellules, alors que les toxines CNF ont induit une multinucléation des cellules.

Toxicité sur souris

Les lysats stériles obtenus selon la procédure décrite précédemment ont été injectés par voie intrapéritonéale à des souris âgées de 7 à 8 semaines (0,5 ml/souris). Après observation des souris pendant une semaine les lysats ont été considérés toxiques lorsqu'au moins 3 souris sur 5 sont mortes. La mortalité était le plus souvent de 5 souris sur 5. La toxicité sur souris a été utilisée pour valider ce test pour les laboratoires qui ne disposent pas de cellules en culture ou ne peuvent pas utiliser les méthodes moléculaires.

Identification des fimbriae

Méthodes biochimiques et immunologiques

Les souches ont été cultivées sur Minca gélosé (20) supplémenté avec 0,2 p. 100 de glucose pendant 18 h à 37 °C. Les bactéries à la

Tableau I

Age et répartition géographique des veaux

Secteur géographique	Age des veaux			Total
	4 à 15	16 à 30	31 à 45	
Ain Défla		8	3	11
Médéa	1	9	1	11
Alger	2	2		4
Bordj Bou Arréridj		3	1	4
Bouira		3		3
Tipaza	2	6		8
(1)		3	1	4
Béjaïa	1	3		4
Total	6	37	6	49

(1) Veaux sains

Tableau II

Souches de *Escherichia coli* de référence utilisées pour cette étude

Nom de la souche	Facteurs de virulence et fimbriae	Références
K12 (HB101)	Contrôle négatif	Davis et coll., 1982
H30	VT1	Konowalchuck et coll., 1977
B2F1/3	VT1 + VT2	Scotland et coll., 1985
BM2-1	CNF1	De Rycke et coll., 1990
H209 Vir+	CNF2, F17b	Smith, 1974 El-Mazouari et coll., 1994
S5	CNF2, F17b	Smith, 1974
B41	K99, STa	Ørskov et coll., 1975
25KH9	F17a	Pohl et coll., 1982 Lintermans et coll., 1988
111KH86	Att111	Bertels et coll., 1989
31A	CS31A	Girardeau et coll., 1988
31A	F17c	Bertin et coll., 1996a
E2348/69	EAE	Jerse et coll., 1990

surface de la gélose dans une boîte de Pétri ont été collectées dans 1 ml d'une solution de NaCl à 8,5 g/l et chauffées 20 min à 60 °C (42). Après centrifugation (7 000 g, 10 min), le surnageant a été soumis à une électrophorèse en conditions dénaturantes (24). Après migration, le gel de polyacrylamide a été coloré à l'argent (29). Les sous-unités des fimbriae avaient des masses moléculaires

apparentes de 18, 18,5 et 29 kDa respectivement pour Att111, K99 et CS31A. Les sous-unités pour F17a, F17b et F17c avaient des poids moléculaires apparents de 20 kDa. L'identification des fimbriae a été complétée par des méthodes immunologiques en utilisant des antisérums spécifiques des différents fimbriae. L'agglutination des bactéries sur lame a été utilisée pour K99, Att111 et F17a. Une méthode immunodot utilisant les extraits bactériens obtenus par chauffage à 60 °C a été mise en œuvre pour identifier F17b, F17c et CS31A (10, 19).

Identification des gènes correspondant aux pilines et aux adhésines des fimbriae F17

La méthode PCR utilisée était celle proposée par Bertin et coll. (3). L'électrophorèse en gel d'agarose des produits de la réaction PCR ont fourni des bandes correspondant à 322, 326, 419 et 242 paires de bases respectivement pour les gènes *f17a*, *f17b*, *f17c* et *f111-1*. Les amorces pour les gènes des adhésines des sous-familles I (*f17a-G*, *f111-G*) ou II (*f17b-G*, *f17c-G*) ont conduit à l'amplification de segments de 618 paires de bases.

■ RESULTATS

Souches de *Escherichia coli* cytotoxigènes et présence du gène *eae*

Cinquante et une souche (31 p. 100) étaient positives pour la toxicité sur souris, la cytotoxicité sur cellules HeLa et l'hybridation avec les sondes, la corrélation étant de 100 p. 100 pour les trois méthodes (tableau III). L'hybridation avec les sondes indique qu'aucune souche *E. coli* n'a produit CNF1 mais que les souches CNF2⁺ ont prédominé (84 p. 100 des souches cytotoxiques). Treize souches ont produit VT1 ou VT2 en association ou non avec CNF2. Les souches *E. coli* cytotoxiques ont été isolées chez 53 p. 100 des veaux mais avec une fréquence différente selon les secteurs géographiques. Les souches de *E. coli* CNF2⁺ ont été isolées en grand nombre pour les onze veaux étudiés près de Ain Défla (100 p. 100 des veaux positifs) et pour trois des quatre veaux de la région de Bordj Bou Arréridj. Des souches *E. coli* CNF2⁺ ont aussi été isolées chez plusieurs veaux (5/11) du secteur de Médéa. Une souche CNF2⁺ a été isolée chez un veau sain de la région de Tipaza. Cinq souches provenant de trois veaux étaient VT⁺ et CNF2⁺ alors que huit autres souches provenant de six veaux étaient VT⁺ seulement. A l'exception de quatre souches isolées chez un veau de 15 jours, toutes les souches CNF2⁺ provenaient de veaux âgés de 20 à 45 jours. Les souches VT⁺ ont été isolées chez les veaux de 15 à 21 jours. Parmi les cinq souches possédant le gène *eae*, une seulement produisait une cytotoxine (VT1).

Identification des fimbriae

Des fimbriae ont été identifiées pour 60 des souches (36 p. 100). Aucune souche ne produisait F17a. Deux souches de *E. coli* K99⁺ ont été identifiées chez un veau de quatre jours dans la région de Tipaza. Att111 a été trouvé chez deux souches non cytotoxigènes d'un veau de la région de Bouira. CS31A a été identifié seul ou en association avec F17c chez six souches de *E. coli* non toxigènes provenant de deux veaux de la région d'Alger et neuf souches chez six veaux de la région de Médéa. F17b a été identifié exclusivement chez des souches *E. coli* CNF2⁺ des veaux de Ain Défla et de Médéa. F17c était produit par 20 des 165 souches étudiées dont 5 positives pour CNF2⁺.

Tableau III
Fréquence des souches de *Escherichia coli* produisant les toxines et (ou) les fimbriae

Secteur géographique	Nombre de :		Nombre de souches positives pour :										% veaux positifs pour <i>E. coli</i> cytotoxiques		
	Veaux	Souches	Les cytotoxines					EAE			Les fimbriae				
			CNF2	VT1	VT2	CNF2+VT	F17b	F17c	Att111	CS31A	K99				
Ain Défla	11	44	23	1		3	1		16						100
Médéa	11	40	11	1		2	3		7	6		9			45
Alger	4	15		1						7		6			25
Bordj Bou Arréridj	4	11	3							4				2	75
Bouira	3	6									2				0
Tipaza	8	30			3										37,5
	4*	6	1												25
Béjaïa	4	13		1	1			1		1					50

* Veaux sains

L'identification génotypique pour les pilines et les adhésines de la famille F17 a été conduite exclusivement chez les 51 souches cytotoxiques afin de confirmer les résultats de l'étude phénotypique (tableau IV). Trente pour cent des 53 souches CNF2⁺ étaient positives pour les pilines ou les adhésines de la famille F17, alors que la majorité des souches VT⁺ (77 p. 100) étaient négatives pour les gènes de la famille F17. Pour 23 souches il s'agissait des gènes codant pour les fimbriae F17b et pour 6 souches, pour les fimbriae F17c et dans tous les cas associés aux gènes des adhésines de la sous-famille II définie par Bertin et coll. (3). Une trentième souche CNF2⁺ était positive seulement pour les gènes des adhésines de la sous-famille II. L'étude électrophorétique des souches *E. coli* F17b⁺ a mis en évidence une hétérogénéité pour le poids moléculaire apparent (environ 20 kDa) des sous-unités F17b-A (figure 1).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Ces travaux sont un élément d'une étude plus globale visant à préciser l'étiologie infectieuse des diarrhées rencontrées chez les veaux en Algérie, incluant la recherche des virus et parasites. L'étude spécifique des colibacilles entéropathogènes n'a mis en évidence des colibacilles entérotoxigènes K99⁺ que chez un veau âgé de quatre jours. Il s'agit d'un cas très particulier puisque le veau était issu d'une vache importée d'Europe en fin de gestation. La majorité des autres veaux diarrhéiques étaient plus âgés, la plupart ayant deux à quatre semaines. L'étude a permis d'identifier plusieurs secteurs géographiques où dominaient certains pathotypes. Dans la région de Ain Défla ont été identifiées majoritairement des souches *E. coli* CNF2⁺, F17b⁺ et dans celle de Bordj Bou Arréridj des souches CNF2⁺, F17c. Dans la périphérie d'Alger, les souches *E. coli* produisaient CS31A et F17c. Dans la région de Médéa ont été isolées des souches CNF2⁺, F17b ou CS31A et F17c. En revanche, si 13 souches *E. coli* VT⁺ ont été identifiées (7,8 p. 100) dont 5 associant la production des cytotoxines CNF2 et VT, ces isolats provenaient de veaux répartis dans les différentes zones géographiques.

Les *E. coli* CNF2⁺ ont été associés aux diarrhées et septicémies chez l'agneau (12) et le veau (37). Par ailleurs, l'infection expérimentale du porcelet par des souches *E. coli* produisant les toxines CNF (17, 44) indique que les cytotoxines CNF contribuent à la pathogénicité des *E. coli* dans la colibacillose du porc. Toutefois, différentes études montrent qu'on isole *E. coli* CNF2⁺ avec une fréquence comparable chez les animaux malades ou sains (5, 7, 35) et, dans cette étude, l'échantillonnage des quatre veaux sains ne permet pas une comparaison significative avec les animaux malades.

La production de VT est fréquente pour les souches *E. coli* isolées de bovins malades ou sains, mais ce sont seulement les souches VT⁺ produisant l'intimine (souches EAE⁺) et donc les lésions d'attachement-effacement qui seraient pathogènes (34). Ce n'était pas le cas pour la majorité des souches VT⁺ identifiées au cours de cette étude puisqu'une seule souche possédait le gène *eae*. Pour l'autre pathotype correspondant aux souches *E. coli* CS31A⁺, ce caractère est corrélé à des propriétés septicémiques (10) ou à un syndrome de gastro-entérite avec des signes d'ataxie (16). *E. coli* CS31A⁺ se classe dans la famille des bactéries septicémiques pathogènes opportunistes.

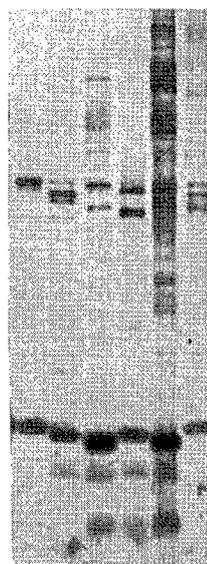
L'étude des fimbriae des souches *E. coli* CNF2⁺ confirme que la majorité d'entre elles produisent les fimbriae F17b (15) connues également sous l'appellation de Vir (39), mais certaines expriment le variant F17c comme cela avait été mentionné par Bertin et coll. (3). Les légères différences dans les poids moléculaires apparents

Tableau IV

Gènes gouvernant la biogenèse des pilines ou des adhésines de la famille F17 parmi les souches de *E. coli* cytotoxiques

Souches positives pour :	Nombre
CNF2, F17b-A, adhésine groupe II	21
CNF2, F17c-A, adhésine groupe II	5
CNF2	11
CNF2, adhésine groupe II	1
CNF2, VT	2
CNF2, VT, F17b-A, adhésine groupe II	2
CNF2, VT, F17c-A, adhésine groupe II	1
VT1	4
VT2	4

1 2 3 4 5 6



← 20 kDa

Figure 1 : Profil électrophorétique des souches bactériennes

1. Souche de *Escherichia coli* H209 F17b⁺, référence pour F17b
2. Souche de *Escherichia coli* HC22, variant F17b, type 1
3. Souche de *Escherichia coli* AD52, variant F17b, type 2
4. Souche de *Escherichia coli* AD16, variant F17b, type 1
5. Souche de *Escherichia coli* AD1a, variant F17b, type 2
6. Souche de *Escherichia coli* S5, référence pour F17b.

des sous-unités de F17b (figure 1) suggèrent une certaine hétérogénéité des fimbriae F17b. On peut penser qu'une petite différence des séquences en acides aminés des sous-unités explique la diversité des profils électrophorétiques comme cela a déjà été noté pour d'autres fimbriae (9, 14). Enfin, une étude complémentaire montre que les sérotypes O3:K?:H19 et O55:K?:H32 sont largement représentés pour la famille des souches CNF2, F17b⁺, alors que les souches CNF2, F17c⁺ ont pour sérotype O115:K?:H10.

En conclusion, si cette étude apporte des précisions intéressantes sur les caractéristiques des colibacilles cytotoxiques, elle se proposait en premier lieu de préciser l'étiologie colibacillaire des pathologies diarrhéiques chez les veaux en Algérie. Les résultats obtenus ne sont pas complètement démonstratifs. Ils mettent en exergue des cytotoxines et des facteurs de colonisation dont les effets *in vitro* sont bien documentés. Toutefois, différents résultats épidémiologiques publiés à ce jour montrent que l'isolement de colibacilles CNF2⁺ ne différencie pas clairement les animaux malades des animaux sains (5, 35). De même, les bovins sont porteurs asymptomatiques pour les souches *E. coli* VT⁺, le pouvoir pathogène s'exprimant seulement en association avec le caractère EAE⁺ (34). Par ailleurs, les colibacilles CS31A⁺ sont des pathogènes opportunistes (10). Si on ne peut pas écarter le rôle de ces colibacilles dans les pathologies diarrhéiques, d'autres caractères complémentaires plus discriminants restent à identifier.

Remerciements

Ce travail est dédié au Pr Jacques Sevestre de l'Env de Nantes. A. Mohamed Ou Said remercie le Conseil régional des Pays-de-Loire pour son aide financière. Nous remercions M. Marin de l'Inrv de Bruxelles ainsi que C. Tasca de l'Env de Toulouse pour leur assistance technique.

BIBLIOGRAPHIE

1. BERTELS A., POHL P., SCHLICKER F., VAN DRIESSCHE E., CHARLIER G., DE GREVE H., LINTERMANS P., 1989. Isolatie van het Att111 fimbriële antigen op *Escherichia coli* geïsoleerd uit kalverdiarree: karakterisatie en evaluatie van de noodzaak tot aanpassing van de vaccins ter bestrijding van neonatale colidiarree. *Vlaams Diergeneesk. Tijdschr.*, **58**: 18-122.
2. BERTIN Y., GIRARDEAU J.P., DARFEUILLE-MICHAUD A., CONTREPOIS M., 1996a. Characterisation of 20K-fimbriae, a new adhesin of septicemic and diarrhea-associated *Escherichia coli* strains, that belongs to a family of adhesins with N-acetyl-D-glucosamine recognition. *Infect. Immun.*, **64**: 332-342.
3. BERTIN Y., MARTIN C., OSWALD E., GIRARDEAU J.P., 1996b. Rapid and specific detection of F17-related pilin and adhesin genes in diarrheic and septicemic *Escherichia coli* strains by multiplex polymerase chain reaction. *J. clin. Microbiol.*, **34**: 2921-2928.
4. BLANCO M., BLANCO J., BLANCO J.E., RAMOS J., 1993. Enterotoxigenic, verotoxigenic and necrotoxicogenic *Escherichia coli* isolated from cattle in Spain. *Am. J. vet. Res.*, **54**: 1446-1451.
5. BLANCO J., GONZALEZ E.A., BLANCO M., REGEIRO B., BERNADEZ I., 1988. Production of toxins by *Escherichia coli* strains isolated from calves with diarrhoea in Galicia (north-western Spain). *Vet. Microbiol.*, **18**: 297-311.
6. BLUM G., FALBO V., CAPRIOLI A., HACKER J., 1995. Gene clusters encoding the cytotoxic necrotizing factor type 1 Prs-fimbriae and α hemolysin from the pathogenicity island II of the uropathogenic *Escherichia coli* strain J96. *FEMS Microbiol. Lett.*, **126**: 189-196.
7. BURNS A.L., BALL H.J., FINLAY D.A., 1996. CNF producing *Escherichia coli* isolated from cattle in Northern Ireland. *Vet. Microbiol.*, **49**: 235-241.
8. CAPRIOLI A., FALBO F., RODA G.L., RUGGERI F.M., ZONA C., 1983. Partial purification and characterization of an *Escherichia coli* toxic factor that induces morphological cell alterations. *Infect. Immun.*, **39**: 1300-1306.
9. CONTREPOIS M., BERTIN Y., GIRARDEAU J.P., PICARD B., GOULET P., 1993. Clonal relationships among bovine pathogenic *Escherichia coli* producing surface antigen CS31A. *FEMS Microbiol. Lett.*, **106**: 217-222.
10. CONTREPOIS M., DUBOURGUIER H.C., PARODI A.L., GIRARDEAU J.P., OLLIER J.L., 1986. Septicaemic *Escherichia coli* and experimental infection of calves. *Vet. Microbiol.*, **12**: 109-118.
11. DAVIS R.W., BOSTEIN D., ROTH J.R., 1982. Advanced bacterial genetics. Cold Spring Harbor, NY, USA, Cold Spring Harbor Laboratory.
12. DE RYCKE J., GONZALES E.A., BLANCO J., OSWALD E., BOIVIN R., 1990. Evidence of two types of cytotoxic necrotizing factor (CNF1 and CNF2) in human and animal clinical isolates of *Escherichia coli*. *Op. Clin. Microbiol.*, **28**: 694-699.
13. DE RYCKE J., GUILLOT J.F., BOIVIN R., 1987. Cytotoxins in non enterotoxigenic strains of *Escherichia coli* isolated from feces of diarrheic calves. *Vet. Microbiol.*, **15**: 137-157.
14. DI MARTINO P., BERTIN Y., GIRARDEAU J.P., LIVRELLI V., JOLY B., DARFEUILLE-MICHAUD A., 1995. Molecular characterization and adhesive properties of CF29K an adhesin of *Klebsiella pneumoniae* strains involved in nosocomial infections. *Infect. Immun.*, **63**: 4226-4344.
15. EL-MAZOUARI K., OSWALD E., HERNALSTEENS J.P., LINTERMANS P., DE GREVE H., 1994. F17-like fimbriae from an invasive *Escherichia coli* strain producing cytotoxic necrotizing factor type 2 toxin. *Infect. Immun.*, **62**: 2633-2638.
16. ESPINASSE J., NAVETAT H., CONTREPOIS M., BAROUX D., SCHELCHER F., 1991. A new diarrheic syndrome with ataxia in young charolais calves: clinical and microbiological studies. *Vet. Rec.*, **128**: 422-425.
17. FAIRBROTHER J.M., NGELKA M., 1994. Extraintestinal *Escherichia coli* infections in pigs. In: Gyles C.L. Ed., *Escherichia coli* in domestic animals and man. Oxford, UK, CAB international, p. 221-267.
18. FALBO V., PACE T., PICCI L., PIZZI E., CAPRIOLI A., 1993. Isolation and nucleotide sequence of the gene encoding cytotoxic necrotizing factor 1 of *Escherichia coli*. *Infect. Immun.*, **61**: 4909-4914.
19. GIRARDEAU J.P., DER VARTANIAN M., OLLIER J.L., CONTREPOIS M., 1988. CS31A, a new K88-related fimbrial antigen on bovine enterotoxigenic and septicemic *Escherichia coli* strains. *Infect. Immun.*, **56**: 2180-2188.
20. GUINEE P.A.M., JANSEN W.H., AGTERBERG C.M., 1976. Detection of the K99 antigen by means of agglutination and immuno electrophoresis in *Escherichia coli* isolated from calves and its correlation with enterotoxigenicity. *Infect. Immun.*, **13**: 1369-1377.
21. JERSE A.E., YU J., TALL B.D., KAPER J.B., 1990. A genetic locus of enteropathogenic *Escherichia coli* necessary for the production of attaching and effacing lesions on tissue culture cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **87**: 7839-7843.
22. KARMAI M.A., 1989. Infection by verocytotoxin-producing *Escherichia coli*. *Clin. Microbiol. Rev.*, **2**: 15-38.
23. KONOWALCHUK J., SPEIRS J.L., STAVRIS S., 1977. Vero response to a cytotoxin of *Escherichia coli*. *Infect. Immun.*, **18**: 775-779.
24. LAEMMLI U.K., 1970. Cleavage of structural protein during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature (London)*, **227**: 680-685.
25. LEVINE M.M., 1987. *Escherichia coli* that cause diarrhea: enterotoxigenic, enteropathogenic, enteroinvasive, enterohemorrhagic and enteroadherent. *J. infect. Dis.*, **55**: 377-389.
26. LINTERMANS P., POHL P., DEBOECK F., BERTELS A., SCHLICKER C., VANDEKERCKHOVE J., VAN DAMME J., VAN MONTAGU M., DE GREVE H., 1988. Isolation and nucleotide sequence of F17-A gene encoding the structural protein of the F17 fimbriae in bovine enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Infect. Immun.*, **56**: 1475-1484.
27. MAINIL J., BEX F., JAQUEMIN E., POHL P., COUTURIER M., KAECKENBEECK A., 1990. Prevalence of four enterotoxin (STaP, STaH, STb and LT) and four adhesin subunit (K99, K88, 987P and F41) genes among *Escherichia coli* isolates from cattle. *Am. J. vet. Res.*, **51**: 187-190.

Enteropathogenic *E. coli* in calves in Algeria

28. MOHAMED OU SAID A., CONTREPOIS M., DER VARTANIAN M., GIRARDEAU J.P., 1994. Facteurs et marqueurs de virulence de souches *Escherichia coli* isolées de diarrhées chez des veaux âgés de 4 à 45 jours en Algérie. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **47** : 169-175.
29. OAKLEY B.R., KIRSCH D.R., MORRIS N.E., 1980. A simplified ultrasensitive silver stain for detecting protein in polyacrylamide gels. *Anal. Biochem.*, **105**: 361-365.
30. ORSKOV F., ORSKOV I., SMITH H.W., WILLIAMS H., SOJKA W.J., 1975. The establishment of K99, a thermolabile transmissible *Escherichia coli* K antigen, previously called "Kco" possessed by calf and lamb enteropathogenic strains. *Acta Pathol. Microbiol. Scand.*, **83**: 31-36.
31. OSWALD E., DE RYCKE J., LINTERMANS P., VAN MUYLEM K., MAINIL J., DAUBE G., POHL P., 1991. Virulence factors associated with the cytotoxic necrotizing factor type two (CNF2) in bovine diarrheic and septicemic strains of *Escherichia coli*. *J. clin. Microbiol.*, **29**: 2522-2527.
32. OSWALD E., POHL P., JACQUEMIN E., LINTERMANS P., VAN MUYLEM K., O'BRIEN A. D., 1994. Specific DNA probes to detect *Escherichia coli* strains producing cytotoxic necrotizing factor type 1 or type 2. *J. Med. Microbiol.*, **40**: 428-434.
33. PERES S.Y., MARCHES O., DAIGLE F., NOUGAYREDE J.P., HERAULT F., TASCIA C., DE RYCKE J., OSWALD E., 1997. A new cytotolethal distending toxin (CDT) from *Escherichia coli* producing CNF2 blocks HeLa cell division in G2/M phase. *Mol. Microbiol.*, **24**: 1095-1107.
34. POHL P., 1991. Les *Escherichia coli* verotoxinogènes isolés des bovins. *Ann. Méd. vét.*, **135** : 569-576.
35. POHL P., IMBERECHTS M., MARIN M., SCHLINCKER C., STOCKMANS F., 1997. Prévalence des gènes codant pour les cytotoxines nécrosantes (CNF1 et CNF2) chez les *Escherichia coli* isolés de bovins malades ou asymptomatiques. *Ann. Med. vét.*, **141**: 161-164.
36. POHL P., LINTERMANS P., VAN MUYLEM K., SCHOTTE M., 1982. Colibacilles entérotoxinogènes de veau possédant un antigène d'attachement différent de l'antigène K99. *Ann. Méd. vét.*, **126** : 569-571.
37. POHL P., OSWALD E., VAN MUYLEM K., JACQUEMIN E., LINTERMANS P., MAINIL J., 1993. *Escherichia coli* producing CNF1 et CNF2 cytotoxins in animals with different disorders. *Vet. Res.*, **24**: 311-315.
38. SCOTLAND S.M., SMITH H.R., ROWE B., 1985. Two distinct toxins active on vero cells from *Escherichia coli* O157. *Lancet*, **19**: 885-886.
39. SMITH H.W., 1974. A search for transmissible characters in invasive strains of *Escherichia coli*: the discovery of a plasmid-controlled toxin and a plasmid-controlled lethal character closely associated, or identical, with colicine V. *J. gen. Microbiol.*, **83**: 95-111.
40. SMITH H.W., HALLS S., 1967. Studies on *Escherichia coli* enterotoxin. *J. Pathol. Bacteriol.*, **93**: 531-543.
41. SMITH H.W., HUGGINS M.B., 1979. Experimental infections of calves piglets and lambs with mixture of invasive and enteropathogenic strains of *Escherichia coli*. *J. Med. Microbiol.*, **12**: 507-510.
42. STIRM S., ORSKOV F., 1967. Episome carried surface antigen K88 of *E. coli* II. Isolation and chemical analysis. *J. Bacteriol.*, **143**: 731-739.
43. SWENSON D.L., BUKANOV N.O., BERG D.E., WELCH R.A., 1996. Two pathogenicity islands in uropathogenic *Escherichia coli* J96: Cosmid cloning and sample sequencing. *Infect. Immun.*, **64**: 3736-3743.
44. WRAY C., PIERCY D.W.T., COOLEY W.A., 1993. Experimental infection of neonatal pigs with CNF toxin-producing strains of *Escherichia coli*. *Res. vet. Sci.*, **54**: 290-298.

Reçu le 26.3.98, accepté le 18.11.98

Summary

Mohamed Ou Said A., Pohl P., De Rycke J., Contrepolis M.
Toxins and fimbriae produced by strains of *Escherichia coli* isolated from feces of diarrheic calves in Algeria

One hundred and sixty-five *Escherichia coli* strains isolated from several geographic areas (200 km around Algiers) from 45 diarrheic and 4 healthy calves were studied for cytotoxins (CNF1, CNF2, VT1, VT2) and fimbrial antigens (K99, F17a, F17b, F17c, Att111 and CS31A). Most of the calves were 2 to 4 weeks old. *E. coli* strains producing CNF2 and F17b or F17c fimbrial antigens were highly prevalent in the Ain Defla and Bordj Bou Arreridj areas with 100 and 75% of positive calves, respectively. In suburban Algiers, non-cytotoxic *E. coli* strains producing CS31A and/or F17c surface antigen(s) were isolated. In the Medea area both strain types were isolated. Only few VT-producing *E. coli* strains were identified. A specific study focusing on F17-related fimbriae produced by cytotoxin-producing *E. coli* strains showed that 50% of CNF2 producing isolates were F17b or F17c positive.

Key words: Cattle - Calf - Diarrhea - *Escherichia coli* - Toxicity - Algeria.

Resumen

Mohamed Ou Said A., Pohl P., De Rycke J., Contrepolis M.
Toxinas y fimbrias producidas por las cepas de *Escherichia coli* aisladas en heces de terneros diarréicos en Argelia

Se estudiaron 165 cepas de *Escherichia coli*, aisladas en diferentes sectores geográficos (200 km alrededor de Argel), a partir de 45 terneros diarréicos y de 4 terneros sanos, con el fin de detectar la producción de citotoxinas (CNF1, CNF2, VT1 y VT2) y de fimbrias (K99, F17a y F17b, F17c, Att111 y CS31A). La mayoría de los terneros tenían entre dos y cuatro semanas de edad. Las cepas de *E. coli* que produjeron CNF2 y las fimbrias F17b o F17c predominaron en la región de Ain Defla y de Bordj Bou Arreridj, donde, respectivamente, 100 y 75% de los terneros fueron positivos. En la periferia cercana de Argel, se aislaron las cepas de *E. coli* no citotóxicas que produjeron las fimbrias CS31A y/o F17c. En la región de Medea, se aislaron estos dos tipos de cepas. Se identificaron pocas cepas de *E. coli* VT⁺. El estudio específico de las cepas citotóxicas para la producción de fimbrias F17 mostró que 50% de las cepas CNF2⁺ produjeron F17b o F17c.

Palabras clave: Ganado bovino - Ternero - Diarrea - *Escherichia coli* - Toxicidad - Argelia.

Tunga penetrans (Insecta: Siphonaptera) in pigs in São Tomé (Equatorial Africa): Epidemiological, clinical, morphological and histopathological aspects

S. Pampiglione ^{1*} M. Trentini ² F. Mattei Gentili ³
J.L.X. Mendes ⁴ C. Pampiglione ² F. Rivasi ⁵

Key words

Mankind - Swine - *Tunga penetrans* - Symptoms - Histopathology - Body conformation - Epidemiology - São Tomé and Príncipe.

Summary

The island of São Tomé, a former Portuguese colony, located in the Gulf of Guinea, is nowadays part of an independent republic, the Republic of São Tomé and Príncipe. A survey carried out by the authors on swine slaughtered at the public slaughterhouse of the capital has ascertained that 28 subjects out of 100 examined were affected by lesions associated with *Tunga penetrans* (Insecta: Siphonaptera) localized particularly in the legs, snout and udders. In the latter the presence of fleas inside the tissues of the teats caused heavy economic damage due to inability to nurse the sucking-pigs, resulting in the death of whole litters. Human cases were frequently reported on the island posing a real public health problem. One of the authors, too, was affected by the parasite. It can be assumed that swine act as a reservoir of chigoes in São Tomé, as was observed in many villages of Latin America. Photographic records of the clinical and histological aspects of the lesions and of the morphology of the parasite are presented.

■ INTRODUCTION

Tunga penetrans (Insecta: Siphonaptera), commonly called sand-flea, chigoe or chigger flea, is an insect parasitizing man and various domestic and wild warm-blooded vertebrates. It is present in many regions of Latin America where it originated from, and from which it spread to almost all of Africa, Madagascar and some regions of Asia (11).

Whereas males and non-fertilized females behave as hematophagous ectoparasites, pregnant females, by a mechanism peculiar to this genus, which has been studied in detail since the

last century (2, 13, 14, 20), penetrate the depth of the skin where, following the dilation of the intestine and Malpighian tubules (9) and the development of eggs (12), enlarge up to the size of a pea in about two weeks and provoke more or less invalidating inflammatory and ulcerative processes. As a rule, the parasite lesions, although of benign nature if properly treated, may represent a portal of entry for other infections including tetanus (3). Once mature, the eggs, more than 200 per female (9, 12), are released and fall to the ground, where larval stages will develop by feeding on decaying organic matter and transform into pupae after 10 to 18 days (10) or more (9) and eventually into adults, thus completing the cycle.

The international literature frequently reports human cases contracted in endemic areas in autochthonous populations or in non-endemic regions in persons coming back from such areas. Publications in the veterinary sector and reports on zootechnical damage associated with the parasite are however scanty (1, 4, 6, 19) although it has been ascertained that this disease is a true zoonosis with its reservoir in swine (2, 7, 16, 17) (in some countries, e.g. Brazil, the parasite is commonly called *bicho de porco*) or, more rarely, in the dog (18).

1. Department of Veterinary Public Health, University of Bologna, Italy

2. Department of Biology, University of Bologna, Italy

3. Veterinary Practitioner, Padua, Italy

4. Direction of Veterinary Services, Ministry of Agriculture, Democratic Republic of São Tomé and Príncipe

5. Department of Morphological Sciences, University of Modena, Italy

* Corresponding author: Dipartimento di Sanità Pubblica Veterinaria e Patologia Animale, Università di Bologna, Via Tolara di Sopra, 40064 Ozzano Emilia, Italia

Tel.: 0039-51-792002 or 792063; Fax: 0039-51-792039

Tunga penetrans in pigs in São Tomé

Having had the opportunity to see several cases of the condition in swine on the island of São Tomé and to collect substantial parasitological material, the authors thought it was useful to report the presence of the parasite in a geographic area not yet indicated as endemic and to illustrate its clinical, morphological and histopathological aspects.

The Island of São Tomé, along with the Island of Príncipe and a few other small islands, is part of a little volcanic archipelago in the Gulf of Guinea, west of the African coast (between 1°44' Lat. N and 0°22' Lat. S and between 7°28' and 6°28' Long. E). It has been an independent state, the Democratic Republic of São Tomé, since 1975.

It has a surface of 844 km². The landscape is exceedingly varied depending on the diversity of its profile, with a mountain in its occidental half, 2024 m high and covered with luxuriant vegetation of equatorial type, which leans abruptly to the sea while in the eastern part the land slopes down and becomes a plain with aspects ranging from savannah to semi-arid areas. The climate of the northern coastal strip is characterized by two seasons, wet from September to May and dry from June to August. The rest of the territory has an equatorial climate with rainfall throughout the year sometimes averaging 7000 mm/year. Relative humidity varies according to the different zones from a minimum of 65.3% to saturation. Average yearly temperature is 25.7°C with differences of 3°C between the hottest and coldest months (data collected at the Ministry of Agriculture of São Tomé).

The population numbers 96,611 inhabitants (census of 1981) with a mean density of 97 inhabitants/km², mainly farmers. The most widespread culture is cacao (practically a monoculture), although coffee, coconut palms, pineapples, etc. are grown in small plots of land. The population lives in urban settlements or in farms and sparse small rural centers. Sanitary conditions are very poor, due to the shortage of toilets and the strong fecal pollution of the environment (15), which consequently affect the population's health.

The livestock population (1992) consists of 500 cattle, 400 swine, 28,000 goats, 100 sheep and 12 horses. As to swine, a serious outbreak of African swine fever occurred in 1986 on the occasion of a project for the introduction of Large White pigs into the island. A stamping-out program was implemented which actually affected only freshly-introduced pigs in state farms, whereas small, family-run farms were not involved at all as the owners let their animals run to the forest in order not to have them killed. This seems not to have had a negative impact since no new cases of the disease were reported in subsequent years and, after recovering the pigs from the forest, the swine population was restored fairly rapidly. Pigs in family farms are reared free range and allowed to move around the houses (figure 1) and sometimes in the brushwood so that they can feed on waste and cooking refuse or on edible vegetables found in the island's forest environment.

■ MATERIALS AND METHODS

The pigs examined (100 head consisting of 66 males and 34 females aged 6 to 18 months) all came from small herds of the family type sited in the districts of Agua Grande, Lobata, Mesoxi and Lemba. They were all crossbred and had been taken to the public abattoir for slaughter from January to March 1992. These were all the pigs slaughtered during this period under veterinary control.



Figure 1: Pigs kept free to circulate among the houses in São Tomé.

The animals were first examined clinically, as a naked-eye diagnosis is easy, due to the obvious lesions which, if present, are typical of the disease. Biopsy samples were taken both to confirm clinical diagnosis and to study the histopathology of the lesions and the parasite's morphology in more detail. This material was fixed in buffered 10% formalin and histological sections were stained with hematoxylin-eosin, PAS and Trichromic Masson Goldner.

■ RESULTS

Clinical and epidemiological findings

Out of 100 pigs examined, 28 (10 males and 18 females) showed typical lesions of *Tunga penetrans*, always several in number, sometimes arranged in a carpet-like fashion, consisting of tens or hundreds of small protuberances and crater-shaped ulcerations giving the skin surface a pitted, warty or honeycomb-like aspect. The most affected age class (60% of positive cases) was under one year old. No significant differences were seen between sexes except for localization, which was more frequent in the udders of females. The lesions were sometimes present in the snout (85.7%) (figure 2) and teats (46.4%) (figure 3), the latter sometimes showing necrotic processes with partial mutilation and contemporary mammary obstruction and mastitis, but in all cases they were present in the legs (figure 4). The occasional presence of *T. penetrans* was also observed in the legs of a goat and in the foot-pad of a cat as well as in the soles and toes of some farmers and of one of the authors of this paper.

Morphological and histopathological aspects

Cross-sections of the parasites (figure 5) showed the external cuticle with the hypoderma delimiting the enlarged abdomen, the anterior end, much smaller than the rest of the body, consisting of the head and thorax, and sometimes the posterior end with the last abdominal segments. Some sections of the head showed the pigmented eyes and a portion of the biting-suckling buccal apparatus immersed in the derma (figure 6). In the thoracic area sections of the legs were seen. Within the abdominal cuticle, in a more or less enlarged body according to the stage of development, one could observe some bundles of striated, hypertrophic muscular

fibers (figure 7), which started from the thorax and penetrated the abdomen joining the cuticle peripherally. Sections of the digestive tract were also seen containing amorphous material and granulocytes, as well as numerous small tracheae and sexual tubules containing eggs at different stages of maturation.

Microscopic examination of the sections showed skin lesions around the chiggers according to different phases of penetration and development of the parasite. These were always ulcerated or microulcerated, with the presence of parts of well-preserved insects or their residues more or less altered by regressive processes.

At the cutaneous level, there was usually a conspicuous inflammatory infiltration of the acute type, consisting prevalently of eosinophilic granulocytes. Chronic inflammatory changes were also present with lymphocytes, plasmacells and fibroblasts. Newly formed capillary vessels were also seen with thin walls suggesting a pronounced congestion of the area. The presence of some hemorrhagic foci, edematous zones and microabscesses due to possible superimposed bacterial infections were also observed.

The epithelial layer, frequently showing acanthosis and hyperkeratosis with a markedly irregular surface, was often ulcerated showing different evolutive stages. In some areas, the horny layer, considerably thinned, covered the parasite's body almost completely, so that it was deeply inserted into the basal superficial layers of the host and communicated with the outside through a small foramen that had obviously allowed the parasite to breath.

Some fields showed larger cutaneous ulcers with walls containing a granulation tissue incorporating chitinous fragments of the insect's exoskeleton and microsupsurative foci consisting of exudative-necrotic, fibrinous-leukocytary material.

■ DISCUSSION

Tungiasis in man has been reported in São Tomé since the beginning of this century: Enderlein (8) reported a case in a foot of a Black person without indicating his information source. To our knowledge, the literature consulted does not report investigations or descriptions of other cases in subsequent periods. We may, however, hypothesize on the basis of the first case and the frequent movements of the population between São Tomé and Angola, the latter being one of the first zones infested by the



Figure 2: Lesions by *Tunga penetrans* on the snout of a pig.

parasite in Africa (11), that the condition has been present and probably spread in the island since the beginning of this century.

At present, tungiasis is a serious public health problem in São Tomé involving both swine and man. The parasite seems to be frequent especially in children, as the fact was mentioned by some school teachers. The pig farming methods which allow the animals to move freely among the houses in search of waste, as well as the very limited use of shoes by the inhabitants, especially children, result in a large diffusion of the disease due to a wide dissemination of eggs over the ground. It may be assumed that,



Figure 3: Lesions by *Tunga penetrans* in the teats of a sow.



Figure 4: A foot of swine seriously affected by *Tunga penetrans*.

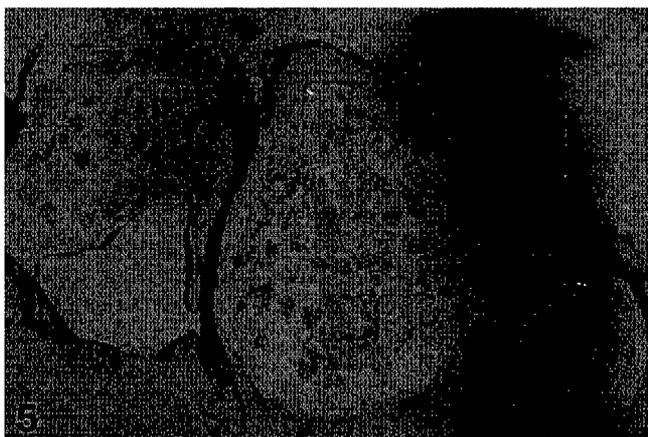


Figure 5: Histological section showing 3 *Tunga penetrans* embedded into the skin of a swine (Trichromic Masson Goldner, x 25).



Figure 6: Histological section of *Tunga penetrans* (Trichromic Masson Goldner, x 62). E = eye, H = head, M = muscle fibers, O = ovary, Th = thorax, Tr = tracheae.

in the past, the condition was probably imported into the island by infected persons, but pigs are certainly now a reservoir of the disease. In fact, while the natives can rely on self-treatment by immediately removing the parasite using a thorn or a needle, thus interrupting the parasite's life cycle, swine passively undergo the establishment of hundreds of insects in their skin without defense, and spread thousands of eggs over the ground with their movements among the houses.



Figure 7: A detail of the head and thorax of *Tunga penetrans* (PAS, x 125). E = eye, H = head, L = legs, Th = thorax.

In São Tomé, the disease in swine is strongly debilitating, with lameness and painful infestation of the snout in both sexes and, in females, painful lesions of the teats with frequent inflammatory or necrotic complications. Parasitism of the latter location often results in the mother's inability to nurse the litter, leading to the death of all piglets. This situation was shown to be one of the reasons why farmers have their sows slaughtered, as indicated by their own accounts.

Four foci of tungiasis reported in swine in Africa in the literature were identical to those of São Tomé due to similar conditions of both the environment and farming methods with mass infestation and loss of litters. In another outbreak in a model farm in Tanzania (4, 5), no animal exhibited extensive inflammatory processes or serious consequences thanks to a timely diagnosis and an immediate, successful treatment. It is obvious that the situation in São Tomé is due to the primitive type of farming, depressed socioeconomic conditions of the population and farmers' ignorance of the parasite's life cycle and the ways to interrupt it. No empirical treatment appeared to be utilized on the island. The control or even eradication of the condition on São Tomé might be noticeably improved by health authorities educating farmers to enable them to promptly diagnose and treat the disease in affected swine, as well as distributing antiparasitic ointments or lotions at low prices through veterinary services.

A finding of this investigation contrasting with the reports of other authors is that the pigs studied here were generally kept on muddy, damp soil, whereas since Blanchard's studies in 1890 (2) it has always been stated that *T. penetrans* needs dry, sandy soils to develop into larval stages.

Acknowledgments

Thanks are due to the Minister of Agriculture and the Minister of Health of the Republic of São Tomé and Príncipe for supporting our research and arranging the stay of some of the authors on the Island. Thanks are also due to the personnel of the Public Abattoir for their technical assistance.

REFERENCES

1. AVILA-CONZALEZ J., 1977. Reporte sobre un brote de niguasis en el ganado porcino de la población de Yaxcaba, Yucatán. Aspectos zoonóticos del mismo. *Mem. I Simp. Intern. Lab. Diagn. Mexico*, 3: 776-779.
2. BLANCHARD R., 1890. *Traité de zoologie médicale*, tome II. Paris, France, Baillière et Fils, p. 484-493.

3. BRUMPT E., 1949. Précis de parasitologie, 6^e ed, tome II. Paris, France, Masson, p. 1323-1325.
4. COOPER J.E., 1967. An outbreak of *Tunga penetrans* in a pig herd. *Vet. Rec.*, **80**: 365-366.
5. COOPER J.E., 1976. *Tunga penetrans* infestation in pigs. *Vet. Rec.*, **98**: 472.
6. DIPEOLU O.O., 1975. Ectoparasites of local pigs in Western Nigeria. *Niger. J. Anim. Prod.*, **2**: 222-226.
7. DURAN C., SOTO ALFARO J.M., PICADO C., 1916. Biología de la Nigua. *An. Hosp. S. José Costa Rica*: 1-17.
8. ENDERLEIN G., 1901. Zur Kenntniss der Flohe und Sanflohe. *Zool. Jahrb. Syst.*, **14**: 549-557.
9. GEIGY R., HERBIG A., 1949. Die Hypertrophie der Organe beim Weibchen von *Tunga penetrans*. *Acta trop.*, **6**: 246-262.
10. HICKS E.P., 1931. The early stages of the Jigger, *Tunga penetrans*. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, **24**: 575-586.
11. HOEPPLI R., 1963. Early references to the occurrence of *Tunga penetrans* in tropical Africa. *Acta trop. (suppl.1)*, **20**: 143-153.
12. JORDAN K., 1956. Suctoria. I. Tungidae. In: Smart J. Ed., 3rd ed., A handbook for the identification of insects of medical importance. London, UK, British Museum, p. 229-231.
13. MANSON P., 1893. The chigger or sand-flea (*Pulex penetrans*). In: Davidson's Hygiene and diseases of warm climates. Edinburg, London, UK, Young J. Pentland Publ., p. 963-966.
14. MONIEZ R., 1889. Les parasites de l'homme (animaux et végétaux). Paris, France, Baillière et Fils, p. 251-256.
15. PAMPIGLIONE S., VISCONTI S., PEZZINO G., 1987. Ricerche sui parassiti intestinali dell'uomo in Africa Subsahariana. II: São Tomé e Príncipe. *Parassitologia*, **29**: 15-25.
16. PATTON W.S., 1931. Insects, ticks, mites and venomous animals of medical and veterinary importance. Part II, Public Health. Croydon, UK, Grubb Ltd, p. 653-657.
17. PESSOA S.B., 1958. Parasitologia médica, 5a ed., Rio de Janeiro, Brasil, Guanabara Koogan, p. 902-903.
18. RIETSCHER W., 1989. Beobachtungen zum Sandfloh (*Tunga penetrans*) bei Mensch und Hund in Französisch Guayana. *Tierarztl.*, **17**: 189-193.
19. VERHULST A., 1976. *Tunga penetrans* (*Sarcopsylla penetrans*) as a cause of agalactia in sows in the Republic of Zaire. *Vet. Rec.*, **98**: 384.
20. WESTWOOD J.O., 1840. On the characters of the chigoe or jigger. *Trans. Entomol. Soc. London*, **2**: 199-203.

Reçu le 15.6.98, accepté le 21.10.98

Résumé

Pampiglione S., Trentini M., Mattei Gentili F., Mendes J.L.X., Pampiglione C., Rivasi F. *Tunga penetrans* (Insecta : Siphonaptera) chez le porc à São Tomé (Afrique équatoriale) : aspects épidémiologiques, cliniques, morphologiques et histopathologiques

L'île de São Tomé, une ancienne colonie portugaise située dans le Golfe de Guinée, fait partie aujourd'hui d'une république indépendante, la République de São Tomé et Príncipe. Une enquête réalisée sur des porcs abattus à l'abattoir public de la capitale a établi que, sur 100 sujets examinés, 28 étaient affectés par des lésions provoquées par *Tunga penetrans* (Insecta: Siphonaptera), localisées particulièrement dans les pattes, le museau et les mamelles. La présence également de puces dans l'épaisseur des mamelons a provoqué des pertes économiques importantes car ces conditions ont empêché l'allaitement des porcelets, entraînant ainsi la mort de nichées entières. Des cas humains ont été reportés fréquemment dans l'île, cette parasitose constituant un vrai problème de santé publique. Un des auteurs a été infecté lui même par le parasite. Il semble que le porc représente un réservoir de *T. penetrans* à São Tomé, comme cela a pu être observé dans de nombreux villages d'Amérique latine. Les auteurs présentent les images photographiques des manifestations cliniques, du tableau histologique des lésions et de la morphologie du parasite.

Mots-clés : Genre humain - Porcin - *Tunga penetrans* - Symptômes - Histopathologie - Conformation animale - Epidémiologie - São Tomé et Príncipe.

Resumen

Pampiglione S., Trentini M., Mattei Gentili F., Mendes J.L.X., Pampiglione C., Rivasi F. *Tunga penetrans* (Insecta: Siphonaptera) en cerdos en Santo Tomé (Africa ecuatorial). Aspectos epidemiológicos, clínicos, morfológicos e histopatológicos

La isla de Santo Tomé, antigua colonia portuguesa, localizada en el Golfo de Guinea, es actualmente parte de una república independiente, la República de Santo Tomé y Príncipe. Los autores realizaron un estudio sobre los suidos sacrificados en el matadero público de la capital, el cual demostró que 28 de los 100 individuos examinados se encontraron afectados por lesiones asociadas con *Tunga penetrans* (Insecta: Siphonaptera), localizadas principalmente en las patas, hocico y ubres. En esta última, la presencia de pulgas adentro de los tejidos de los pezones causó unas fuertes pérdidas económicas, debido a la incapacidad de alimentar a los lechones lactantes, conduciendo a la muerte de toda la camada. Se reportaron frecuentemente casos en humanos en la isla, representando un verdadero problema para salud pública. Uno de los autores se encontró también afectado por los parásitos. Se puede asumir que los suidos actúan como reservorio en Santo Tomé, tal y como se observó en varios pueblos de América latina. Se presentan estudios fotográficos de los aspectos clínicos e histológicos de las lesiones y de la morfología del parásito.

Palabras clave: Genero humano - Cerdo - *Tunga penetrans* - Síntomas - Histopatología - Conformación animal - Epidemiología - Santo Tomé y Príncipe.

**Pour annonces,
communications, publicités diverses**

For advertising, notices, various information

concernant

related to

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

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

dans

in

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

s'adresser au :

please contact:

Cirad-emvt

Campus international de Baillarguet
BP 5035
34032 Montpellier Cedex 1, France

téléphone +33 (0)4 67 59 38 17
télécopie +33 (0)4 67 59 37 95 (fax)

La résistance aux benzimidazoles des nématodes gastro-intestinaux des petits ruminants en Gambie et au Sénégal

H. Bâ^{1,2} S. Geerts^{1*}

Mots-clés

Ovin - Caprin - Nematoda - Benzimidazole - Résistance aux produits chimiques - Anthelminthique - Gambie - Sénégal.

Résumé

Cinquante-cinq troupeaux de petits ruminants en Gambie et au Sénégal ont été examinés en utilisant le test d'inhibition de l'éclosion des œufs et/ou le test de réduction des œufs de nématodes dans les fèces afin de détecter une résistance éventuelle aux benzimidazoles. Sur 34 troupeaux villageois examinés, quatre cas de suspicion de résistance aux benzimidazoles ont été identifiés. En revanche, chez 21 troupeaux améliorés deux cas de résistance et quatre cas de suspicion de résistance ont été constatés. Cette étude a permis de mettre en évidence pour la première fois des cas de résistance aux benzimidazoles chez les nématodes gastro-intestinaux des petits ruminants au Sénégal et en Gambie. Des recherches devraient être faites sur une plus grande échelle afin de mesurer la prévalence de la résistance des nématodes aux anthelminthiques dans la région et de déterminer les espèces de parasites mises en cause.

■ INTRODUCTION

Le développement de la résistance aux benzimidazoles chez les nématodes gastro-intestinaux est devenu un problème crucial dans les élevages de petits ruminants à travers le monde (6, 9, 15). De plus en plus de cas de chimiorésistances multiples aux benzimidazoles, au lévamisole, aux salicylanilides et aux ivermectines sont signalés chez les espèces *Haemonchus contortus* et *Trichostrongylus colubriformis* dans les pays tropicaux (2, 9, 14). Jusqu'à présent aucun cas de résistance aux anthelminthiques n'a été décrit en Afrique occidentale.

Au Sénégal et en Gambie, où le parasitisme intestinal est l'obstacle majeur au développement de l'élevage et où *H. contortus* et *T. colubriformis* sont les vers les plus répandus dans ces régions (8, 12), le problème mérite d'être étudié. L'objectif de la présente étude était de vérifier s'il y avait de la résistance aux benzimidazoles chez les nématodes gastro-intestinaux des petits ruminants d'élevages villageois et d'élevages (semi-)améliorés dans certaines régions de la Gambie et du Sénégal.

■ MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

Le travail a été réalisé pendant la saison des pluies d'août 1995 à janvier 1996 et de juillet 1996 à octobre 1996. En Gambie les élevages se situaient dans trois régions différentes qui s'étendent sur une longueur de 315 km le long du fleuve Gambie (Banjul, Kenaba et Bansang). Au Sénégal, la région de Kolda et la zone des Niayes (comprises entre Dakar et Thies) ont été concernées par cette étude. Le climat est de type soudano-sahélien à Kolda tandis que les Niayes sont situées sur une importante nappe phréatique favorable à l'élevage intensif du bétail et des volailles.

Choix des troupeaux et des anthelminthiques

Le choix des troupeaux n'a pas été fait complètement au hasard, mais selon la disponibilité des éleveurs et l'accessibilité des élevages. Cependant, dans la sélection des troupeaux il n'a pas été tenu compte d'indications de problèmes éventuels de résistance aux anthelminthiques. L'enquête a porté sur un total de 55 troupeaux de petits ruminants, dont 34 troupeaux villageois où le traitement aux anthelminthiques se faisait de façon sporadique et où les animaux ne recevaient aucun soin particulier, et 21 troupeaux améliorés où deux traitements aux anthelminthiques au moins étaient administrés par an et où les animaux étaient complémentés. L'albendazole (suspension orale 2,5 p. 100, Phénix, Belgique) ou le fenbendazole (Panacur, Hoechst, suspension orale 2,5 p. 100) à la dose de 5 mg/kg recommandée par le fabricant ont été testés dans ces troupeaux.

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

2. Adresse actuelle : E 78 Patte d'Oie Builders, Dakar, Sénégal

* Auteur pour la correspondance

Tel : +32 3 247 62 62 ; Fax : +32 3 247 62 68

E-mail : sgeerts@itg.be

Prélèvements des échantillons de matières fécales

Dans chaque troupeau 10 à 20 échantillons de matières fécales ont été prélevés par voie rectale. Approximativement 3 à 5 g de matières fécales de différents échantillons ont été mélangés et broyés afin de préparer un mélange (15 g) qui a été conservé en anaérobiose selon la méthode de Hunt et Taylor (10) pour le test d'inhibition de l'éclosion des œufs. Dans les troupeaux, où le test de réduction des œufs dans les matières fécales a été fait, les échantillons de matières fécales étaient pris séparément et conservés dans des sachets en plastique identifiés et acheminés au laboratoire dans les 2 à 24 h après les prélèvements et conservés aux frais jusqu'à l'examen.

Test d'inhibition de l'éclosion des œufs (egg hatch test)

Ce test a été utilisé dans 38 élevages (31 améliorés et 7 villageois), dont 13 en Gambie et 25 au Sénégal. Dans quelques élevages, le test d'inhibition de l'éclosion des œufs a été fait en parallèle avec le test de réduction du nombre d'œufs par gramme de fèces (OPG). La méthode de Le Jambre (11) modifiée par Coles et coll. (5) a été utilisée pour détecter la résistance. Les matières fécales prises avant le traitement ont été conservées en anaérobiose et analysées dans un délai de 1 à 5 jours après la collecte.

Au total, cinq concentrations de thiabendazole ont été testées, soit respectivement 2, 0,5, 0,1, 0,05 et 0,025 µg/ml. Chaque concentration a été répétée au moins deux fois et, pour la plupart, trois fois. La DL50 (dose létale qui prévient 50 p. 100 des œufs d'éclore) a été calculée selon la méthode du probit. Une DL50 entre 0,10 et 0,11 µg/ml est considérée comme une suspicion de résistance, tandis qu'une DL50 de 0,12 µg/ml est indicative de vraie résistance (4).

Test de réduction des œufs dans les matières fécales

Ce test a été fait dans 23 troupeaux (11 en Gambie et 12 au Sénégal), dont 16 troupeaux améliorés et 7 villageois. Dans chaque troupeau les animaux ont été identifiés avec les boucles auriculaires puis répartis en deux groupes : 11 animaux en moyenne pour le groupe traité et 8 animaux en moyenne pour le groupe témoin. Tous les animaux d'un troupeau ont reçu une dose d'anthelminthique égale à celle de l'animal le plus lourd du troupeau qui a été préalablement pesé.

L'OPG avant traitement et les OPG entre 10 et 14 jours après traitement ont été évalués avec la méthode McMaster modifiée, décrite par Coles et coll. (5).

Le pourcentage de réduction des OPG a été calculé en utilisant la méthode de la World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) (5). On considère qu'il y a de la résistance, d'une part, si le pourcentage de réduction de l'OPG est inférieur à 95 p. 100 et, d'autre part, si la limite inférieure de l'intervalle de confiance (95 p. 100) est en dessous de 90 p. 100. La résistance est suspectée si seulement un des deux critères est rempli.

Le test de réduction des œufs dans les matières fécales n'a pas pu être fait dans tous les élevages visités du fait que de nombreux troupeaux étaient suivis par l'un ou par l'autre projet de recherche (sous la supervision du Centre international de trypanotolérance, Banjul, ou du Centre de recherche zootechnique de Kolda). Lorsque c'était le cas, le test d'inhibition de l'éclosion des œufs a été effectué.

Questionnaire

Un questionnaire a été distribué à chaque propriétaire de troupeau pour recueillir les informations relatives aux techniques de production adoptées, aux différentes espèces animales élevées, à l'utilisation d'anthelminthiques et aux contraintes liées à l'utilisation des anthelminthiques dans l'élevage.

■ RESULTATS

Troupeaux villageois

Sur 15 troupeaux examinés (neuf ovins et six caprins), deux cas de suspicion de résistance à l'albendazole ou au fenbendazole (un troupeau ovin et un caprin) ont été trouvés en Gambie en utilisant le test de réduction de l'OPG. Le test d'inhibition de l'éclosion des œufs a révélé deux cas de suspicion de résistance aux benzimidazoles dans 11 troupeaux caprins villageois examinés à Kolda (tableau I). Chez les huit troupeaux ovins (Sénégal), aucun cas de résistance n'a été détecté en utilisant le test d'inhibition de l'éclosion des œufs.

Tableau I

Troupeaux villageois : résultats du test de réduction des œufs dans les matières fécales et du test d'inhibition de l'éclosion des œufs

Zone d'étude	Nb. testés	Nb. R ou SUSP	Localité	R (%)	LIC (%)	DL50 TBZ (µg/ml)
Gambie						
- Ovins	9	1 SUSP	Bansang	95,4	75,8	< 0,05
- Caprins	6	1 SUSP	Kenaba	98	82,2	-
Sénégal						
- Ovins	8	0	Kolda	NT	-	0,02 à 0,08
- Caprins	11	1 SUSP	Kolda	NT	-	0,1
		1 SUSP	Kolda	NT	-	0,11

R (%) = pourcentage de réduction (WAAVP) ; LIC = limite inférieure (95 %) de confiance ; NT = non testé ; DL50 = dose létale qui inhibe l'éclosion de 50 % des œufs incubés ; TBZ = thiabendazole ; Nb. testés = nombre de troupeaux testés ; R = résistance ; SUSP = suspicion de résistance

Troupeaux améliorés

Dans les quatre élevages de petits ruminants (trois ovins et un caprin) en Gambie, deux cas de résistance à l'albendazole chez les ovins et un cas de suspicion de résistance au fenbendazole chez les caprins ont été trouvés avec la méthode de Coles et coll. (5). Dans un des troupeaux ovins, où le test d'inhibition de l'éclosion des œufs a été fait en parallèle, la résistance n'a pas pu être confirmée par le dernier test. Au Sénégal, trois cas de suspicion de résistance ont été détectés dans 15 élevages ovins améliorés. Parmi les deux élevages caprins, aucun cas de résistance n'a été observé (tableau II).

Il n'y avait pas de différence significative entre le nombre de cas de résistance ($p = 0,16$) et de suspicion de résistance ($p = 0,17$) dans les élevages améliorés (respectivement 2/21 et 4/21) et dans les élevages villageois (respectivement 0/34 et 4/34).

Résultats du questionnaire

Les résultats de l'enquête indiquent que 70,5 p. 100 des propriétaires de troupeaux villageois ont eu recours à des traitements traditionnels de déparasitage avec l'écorce de certains arbres, tels que le *Caecedra*, contre 14,3 p. 100 dans les troupeaux améliorés. Les informations recueillies auprès des agents du Centre international de trypanotolérance responsables du suivi de certains troupeaux villageois en Gambie et des agents du Centre de recherche zootecnique de Kolda indiquent que les traitements au fenbendazole ont été appliqués sporadiquement dans le cadre de certains projets de recherche dans les villages concernés par cette étude. Dans les troupeaux améliorés au moins deux traitements par an étaient administrés. L'ivermectine, le fenbendazole et le pyrantel étaient utilisés en ordre décroissant.

■ DISCUSSION

Troupeaux villageois

Il était assez surprenant que des cas de suspicion de résistance (4/34 ou 11,8 p. 100) aient été détectés dans les troupeaux villageois, car il n'existait aucun programme de traitement contre les

vers gastro-intestinaux dans ces élevages. Des enquêtes menées auprès des éleveurs ont montré que la plupart des troupeaux étaient sous le suivi de certains projets de recherche. Dans le cadre de ces projets, des anthelminthiques ont été administrés sporadiquement, ce qui pourrait expliquer le taux de suspicion de résistance observé.

Troupeaux améliorés

Les deux cas de résistance aux benzimidazoles qui ont été observés étaient des élevages sous le suivi intensif d'un centre de recherche. Bien qu'au cours des dernières années le nombre de traitements par an n'y ait pas été exceptionnellement élevé (environ deux par an), cela a suffi pour causer des problèmes de résistance (1, 7).

Dans ce travail il y a une corrélation très faible entre le test de réduction des œufs et le test d'inhibition de l'éclosion. Ce phénomène a aussi été observé par Dorny et coll.(7) en Malaisie où de nombreux cas de résistance détectés en utilisant le test de réduction des œufs n'étaient pas confirmés par le test *in vitro* d'inhibition de l'éclosion.

Pour ce qui concerne les résultats des tests de réduction des œufs chez les caprins, il faut les interpréter avec réserve, parce que la dose utilisée (5 mg/kg), qui est toujours recommandée par le fabricant, est en fait insuffisante et devrait être doublée en raison de la biodisponibilité plus faible des benzimidazoles chez les chèvres (3, 13).

■ CONCLUSION

Cette étude a mis en évidence pour la première fois des cas de résistance aux benzimidazoles chez les nématodes gastro-intestinaux de moutons en Afrique occidentale. Les espèces d'helminthes résistants n'ont pas été identifiées et elles pourraient constituer le projet d'un travail ultérieur. Des recherches sur une échelle plus grande devraient être faites afin de mesurer la prévalence de la résistance anthelminthique dans la région.

Tableau II

Troupeaux améliorés : résultats du test de réduction des œufs dans les matières fécales et du test d'inhibition de l'éclosion des œufs

Zone d'étude	Nb. testés	Nb. R ou SUSP	Localité	R (%)	LIC (%)	DL50 TBZ (µg/ml)
Gambie						
- Ovins	3	1 R	Bansang	84,3*	33,1	< 0,05
		1 R	Bansang	88,6**	50,6	NT
- Caprins	1	1 SUSP	Banjul	95,2	56,1	NT
Sénégal						
- Ovins	15	1 SUSP	Kolda	94,8	73,7	0,09
		1 SUSP	Kolda	NT	NT	0,1
		1 SUSP	Niayes	97,2	72,3	NT
- Caprins	2	0	Niayes	> 95	> 90	NT

* OPG moyens des groupes traités (73) et témoin (463) 10 jours après traitement

** OPG moyens des groupes traités (20) et témoin (175) 10 jours après traitement

R% = pourcentage de réduction (WAAVP) ; LIC = limite inférieure de confiance ; NT = non testé ; DL50 = dose létale qui inhibe l'éclosion de 50 % des œufs incubés ; TBZ = thiabendazole ; Nb. testés = nombre de troupeaux testés ; R = résistant ; SUSP = suspicion de résistance

Remerciements

Nous remercions les docteurs B. Goossens et P. Ankers, à S. Kora, le personnel technique de l'International Trypanotolerance Centre (ITC, Banjul), ainsi que l'UBP/Project, le personnel du Centre de recherche zootechnique de Kolda et le Professeur Pangui de l'Eismv de Dakar.

BIBLIOGRAPHIE

1. BAUER V.C., FAILING K., 1992. Einsatz von Anthelmintika zur nematodenbekämpfung bei Schafen in Westdeutschland : Ergebniss und Umfrag. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.*, **99**: 365-370.
2. BOERSEMA J.H., PANDEY V.S., 1997. Anthelmintic resistance of trichostrongylids in sheep in the highveld of Zimbabwe. *Vet. Parasitol.*, **68**: 383-388.
3. BOGAN J., BENOIT E., DELATOUR P., 1987. Pharmacokinetics of oxfendazole in goats: a comparison with sheep. *J. vet. Pharmacol. Ther.*, **10**: 305-309.
4. BORGSTEEDE F.H.M., PEKELDER J.J., DERCKSEN D.P., SOL L., VELLEMA P., GAASENBEEK C.P.H., VANDERLINDEN J.N., 1997. A survey of anthelmintic resistance in nematodes of sheep in The Netherlands. *Vet. Quart.*, **19**: 167-172.
5. COLES G.C., BAUER C., BORGSTEEDE F.H.M., GEERTS S., KLEI T.R., TAYLOR M.A., WALLER P.J., 1992. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Vet. Parasitol.*, **44**: 35-44.
6. COLES G.C., BORGSTEEDE F.H.M., GEERTS S., 1994. Anthelmintic-resistance nematodes in the E.U. *Parasitol. Today*, **10**: 288-289.

7. DORNY P., CLAEREBOUET E., VERCRUYSE J., SANIR R., JALILA A., 1994. Anthelmintic resistance in goats in peninsular Malaysia. *Vet. Parasitol.*, **55**: 327-342.

8. FRITSCHÉ T., KAUFMANN J., PFISTER K., 1993. Parasite spectrum and seasonal epidemiology of gastro-intestinal nematodes of small ruminants in The Gambia. *Vet. Parasitol.*, **49**: 271-283.

9. GEERTS S., DORNY P., 1995. Anthelmintic resistance in helminths of animal and man in the tropics. *Bull. Séances Acad. R. Sci. Outre-Mer*, **41**: 401-424.

10. HUNT K.R., TAYLOR A.A., 1989. Use of the egg hatch assay on sheep faecal samples for the detection of benzimidazole resistant nematodes. *Vet. Rec.*, **125**: 153-154.

11. LE JAMBRE L.F., 1976. Egg hatch as *in vitro* assay of thiabendazole resistance in nematodes. *Vet. Parasitol.*, **2**: 385-391.

12. NDAO M., BELOT J., ZINSSTAG J., PFISTER K., 1995. Epidémiologie des helminthoses gastro-intestinales des petits ruminants dans la zone sylvo-pastorale au Sénégal. *Vet. Res.*, **26**: 132-139.

13. SANGSTER N.C., RIOCKARD J.M., HENNESSY D.R., STEEL J.W., COLLINS G.H., 1991. Disposition of oxfendazole in goats and efficacy compared with sheep. *Res. vet. Sci.*, **51**: 258-263.

14. VAN WYK J.A., MALAN F.S., RANDELS J.L., 1997. How long before resistance makes it impossible to control some field strains of *Haemonchus contortus* in South Africa with any of the modern anthelmintics. *Vet. Parasitol.*, **70**: 111-122.

15. WALLER P.J., ECHEVARRIAZ E.C., MACIEL S., NARI A., HANSEN J.W., 1996. The prevalence of anthelmintic resistance in nematode parasites of sheep in southern Latin America: General overview. *Vet. Parasitol.*, **62**: 181-187.

Reçu le 4.8.97, accepté le 5.11.98

Summary

Bà H., Geerts S. Benzimidazole resistance of gastrointestinal nematodes in small ruminants in The Gambia and Senegal

A survey on benzimidazole (BZ) resistance in gastrointestinal nematodes has been carried out in 55 flocks of sheep and goats in The Gambia and Senegal using the fecal egg count reduction test and egg hatch assay. BZ resistance was suspected in four cases out of 34 examined village flocks. In the 21 improved flocks, however, BZ resistance was present in two cases and suspected in four. This is the first report of BZ resistance in gastrointestinal nematodes of small ruminants in The Gambia and Senegal. Further research should be carried out on a larger scale in order to measure the prevalence of nematodes' anthelmintic resistance in the region and to identify the helminth species involved.

Key words: Sheep - Goat - Nematoda - Benzimidazole - Resistance to chemicals - Anthelmintics - The Gambia - Senegal.

Resumen

Bà H., Geerts S. Resistencia a los benzoamidazoles en los nematodos gastrointestinales de los pequeños rumiantes en Gambia y Senegal

Con el fin de detectar una eventual resistencia a los benzoamidazoles, se examinaron 55 hatos de pequeños rumiantes en Gambia y Senegal, mediante el uso del test de inhibición de la eclosión de los huevos y/o el test de reducción de huevos de nematodos en las heces. De los 34 hatos de pueblo examinados, se identificaron cuatro casos sospechosos de resistencia a los benzoamidazoles. En los 21 hatos mejorados, por el contrario, se constataron dos casos de resistencia y cuatro casos de sospecha de resistencia. El presente estudio permitió demostrar, por primera vez, casos de resistencia a los benzoamidazoles en los nematodos gastrointestinales de los pequeños rumiantes en Senegal y en Gambia. Las investigaciones deberían realizarse a mayor escala, con el fin de medir la prevalencia de la resistencia de los nematodos a los anti-helmínticos en la región y de determinar las especies de parásitos involucradas.

Palabras clave: Ovino - Caprino - Nematoda - Benzimidazole - Resistencia a productos químicos - Anti-helmíntico - Gambia - Senegal.

Effect of multiple treatment of cattle with diminazene aceturate on the infectivity and transmissibility of drug-resistant *Trypanosoma congolense* for *Glossina morsitans centralis*

A. Diack¹ S.K. Molloo¹ A.S. Peregrine^{1*}

Key words

Cattle - *Glossina morsitans centralis* - *Trypanosoma congolense* - Experimental infection - Disease transmission - Resistance to chemicals - Kenya.

Summary

Six Boran cattle were infected with the drug-resistant *Trypanosoma congolense* IL 3338. At the first peak of parasitemia different groups of 200 teneral *Glossina morsitans centralis* were fed once on each animal, just prior to treatment with diminazene aceturate at a dose of 3.5 mg kg⁻¹ body weight (b.w.). Thereafter, all animals were monitored three times a week and retreated with the same drug dosage whenever the packed red blood cell volume (PCV) declined in three consecutive samples from one or more of the animals. After eight treatments at approximately two-week intervals the mean duration when parasites were not detected after each treatment did not increase, but remained at 7.8 ± 1.1 days. The mean PCV declined from 33.2 ± 0.6% at the time of the first treatment to a mean inter-treatment value of 23.7 ± 2.6% between the eighth and ninth treatment. Therefore, subsequent to the eighth treatment diminazene aceturate was administered as before but at a dose of 7.0 mg kg⁻¹ b.w. After treatment with this higher dosage the mean inter-treatment PCV increased from 25.4 ± 2.4% following the first treatment to 32.9 ± 1.7% for the two-month period following the fifth treatment. At least 14 days after treatments with diminazene aceturate at 3.5 mg kg⁻¹ b.w., and 30 days after treatments at 7.0 mg kg⁻¹ b.w., similar numbers of flies as used for the first feed were fed on one occasion on each animal. Thereafter, 10 flies with mature infections from each group were fed individually on mice to determine the transmissibility index. In general, the midgut and hypopharynx infection rates in flies of all groups were not significantly lower than that of the control group. However, while tsetse groups that fed following the second and third treatments with diminazene aceturate at 7.0 mg kg⁻¹ b.w. picked up infections from all six cattle, flies fed following the fourth treatment became infected from only two of the six animals. Thus, repeated treatment with diminazene aceturate at a dose of 7.0 mg kg⁻¹ b.w. resulted in the apparent complete elimination of infection in four out of six animals. In contrast, the transmissibility index of *T. congolense* IL 3338 was not affected by multiple treatment with diminazene aceturate.

INTRODUCTION

In most of sub-Saharan Africa, control of trypanosomiasis in domestic livestock relies on the administration of chemotherapeutic and chemoprophylactic agents. However, there are a limited number of trypanocides. Furthermore, the different compounds are chemically closely related and have all been used in the field for over 35 years.

In association with the lengthy period of usage of anti-trypanosomal compounds, drug resistance appears to be an increasing problem in trypanosome species that are pathogenic for domestic livestock (1, 5, 6, 11-16, 18, 21, 23, 26, 27, 30, 31, 33, 35, 36, 40). In addition, in some countries resistance to all three of the anti-trypanosomal compounds recommended for use in cattle, sheep and goats (namely, diminazene, isometamidium and homidium) has been described (5, 6, 11, 12, 27, 35, 37, 40, 41). In such situations, depending on the prevalence and level of resistance and the pathogenicity of infections, control of the disease with only anti-trypanosomal compounds may lead to problems with drug toxicity in livestock (10, 43).

In a study on the epidemiology of drug resistance in trypanosomes in Southwest Ethiopia, 840 East African Zebu cattle in the Ghibe

1. International Livestock Research Institute (ILRI), PO Box 30709, Nairobi, Kenya

* Address for correspondence: Department of Pathobiology, Ontario Veterinary College, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada N1G 2W1

Tel.: 519-824-4120 ext. 4714; Fax: 519-824-5930

E-mail: aperegrine@ovcnet.uoguelph.ca

valley were monitored from 1986 to 1990. During this period the animals were examined on a monthly basis and blood samples collected for detection of trypanosomes and determination of the packed red blood cell volume (PCV). Cattle found to be parasitic and with a PCV less than 26% were treated with diminazene aceturate (Berenil®) at a dose of 3.5 mg kg⁻¹ body weight (b.w.). The apparent tsetse challenge was also determined throughout the entire experimental period (19). In 1986 the prevalence of trypanosome infections in the cattle was approximately 18%. However, by April 1990 it had increased to approximately 40%, with the majority of infections due to *Trypanosoma congolense*. In association with an increase in the tsetse challenge the prevalence of recurrent (diminazene-resistant) infections, on the basis of field parasitological data, rose significantly from 6% in 1986 to 14% in 1990 (40). In order to confirm the presence of diminazene-resistant infections, 12 trypanosome isolates were collected from cattle at Ghibe in July 1989 and characterized in Boran (*Bos indicus*) cattle for their sensitivity to recommended doses of diminazene aceturate, isometamidium chloride (Samorin®) and homidium chloride (Novidium®). All 12 isolates were *T. congolense* and all were resistant to diminazene aceturate at a dose of 7.0 mg kg⁻¹ b.w. Eleven of the same isolates were also resistant to isometamidium chloride at a dose of 0.5 mg kg⁻¹ b.w. and homidium chloride at a dose of 1.0 mg kg⁻¹ b.w. (6). Since clones derived from one of these isolates were multiple-drug resistant (6) it was concluded that chemotherapy on its own was not sufficient to control trypanosomiasis in the cattle. As a result, a tsetse control program was implemented in April 1990 in which deltamethrin-impregnated targets were used across the valley. During the year following initiation of the tsetse control campaign there was a significant reduction in the apparent density of the tsetse population. Furthermore, despite a high prevalence of multiple-drug resistant infections in the cattle, this was associated with a significant reduction in the prevalence of parasitemic cattle on the basis of examination of the blood buffy coat (29), from a mean of 38% for the 12-month period preceding implementation, to a mean of 15% for the 12-month period following initiation of the tsetse control campaign. The reduction in tsetse density was also associated with a reduction in the apparent prevalence of drug-resistant trypanosome infections in cattle, and an increase in livestock productivity (38, 39). Thus, in the presence of a reduced tsetse challenge it appeared that cattle harboring drug-resistant trypanosomes were able to control the level of parasitemia and pathogenicity of such infections. However, it was not clear whether the animals eliminated the infections or whether they remained infective for tsetse flies. The effect of repeated treatment of cattle with diminazene when infected with a drug-resistant *T. congolense* was therefore evaluated in the work described here using animals maintained under controlled laboratory conditions. The infectivity and transmissibility of the drug-resistant *T. congolense* for *Glossina morsitans centralis* after repeated exposure to diminazene was also evaluated.

■ MATERIALS AND METHODS

Experiment animals

Six Boran cattle, approximately 18 months of age at the start of the experiment, were obtained from Kapiti Plains Estate, Machakos District, Kenya, an area free from tsetse and trypanosomiasis. Adult male castrated goats (East African Maasai X Galla), weighing 20-25 kg, were purchased from a region of the Kenyan Rift Valley known to be free from trypanosomiasis. Throughout the experiment the animals were housed in loose

boxes within fly-proof isolation units and supplied daily with a commercial pelleted ration (Unga Feeds Ltd., Nairobi). Water and hay were provided *ad libitum*.

Half-lop rabbits weighing approximately 2 kg and outbred Swiss white mice weighing approximately 30 g were obtained from the ILRI breeding colony. All small animals were maintained on a commercial pelleted ration (Unga Feeds Ltd., Nairobi).

Trypanosome population

Trypanosoma congolense IL 3338 is a stock that was derived from *T. congolense* IL 3330 by one passage in sublethally irradiated mice. *Trypanosoma congolense* IL 3330 is a primary isolate that was collected in July 1989 from an East African Zebu cow in the Ghibe valley, Ethiopia (6). In cattle, *T. congolense* IL 3330 has been shown to be resistant to treatment with diminazene aceturate, isometamidium chloride and homidium chloride at doses of 7.0, 0.5 and 1.0 mg kg⁻¹ b.w., respectively (6). Thus, by comparison to drug-sensitive trypanosomes (34), the population is highly resistant to all three compounds.

Tsetse flies

Glossina morsitans centralis originated from Singida, Central Tanzania, and were from the production colony bred at ILRI (28). In order to obtain infected flies a goat was infected via the jugular vein with *T. congolense* IL 3338, then monitored for PCV and parasitemia. At the first peak of parasitemia, 220 teneral male *G. m. centralis* were maintained on the goat on a daily basis for 23 days. Thereafter, following two days of starvation, the flies were all made to probe (4) and those extruding metacyclic trypanosomes in their saliva used to infect the cattle.

Infection and monitoring of animals

Each of the Boran cattle was challenged by allowing 5 *G. m. centralis* infected with *T. congolense* IL 3338 to feed singly on their flanks. Thereafter, three times a week, blood samples were collected from the jugular vein into evacuated tubes containing potassium ethylenediamine tetra-acetate. The PCV was then measured and the level of parasitemia estimated using phase-contrast examination of the blood buffy coat (29).

Mice were infected by allowing individual flies with metacyclic trypanosomes in their salivary probes (8) to feed singly on the abdomen of each animal. They were then monitored twice a week for 40 days by examining wet films of tail blood at 400x magnification.

Administration of diminazene aceturate

At the first peak of parasitemia, diminazene aceturate (Berenil®, Batch No. 371A748, Hoechst, Germany) was administered intramuscularly to the cattle in the middle third of the neck at a dose of 3.5 mg kg⁻¹ b.w., using a 7% (w/v) solution in sterile-distilled water. The same treatment regimen was also used for treatments 2-8, inclusive. However, for treatments 9-13, inclusive, diminazene aceturate was administered via the same route at a dose of 7.0 mg kg⁻¹ b.w. All animals were weighed immediately prior to administration of drug.

Experiment design

Following infection of cattle with *T. congolense* IL 3338, 200 teneral *G. m. centralis* (100 males and 100 females) were fed on one occasion on each of the cattle at the first peak of parasitemia. On the same day, after feeding of tsetse flies, all six animals were

treated with diminazene aceturate. Thereafter, for a 12-month period, all six animals were retreated *en bloc* with the drug whenever the PCV declined in three consecutive samples from one or more of the animals. After eight treatments at a dose of 3.5 mg kg⁻¹ b.w. the inter-treatment interval had not increased. Furthermore, the ability to control the development of parasitemia in the animals did not appear to have improved. As a result, treatment with diminazene aceturate was thereafter increased to a dose of 7.0 mg kg⁻¹ b.w. for the rest of the experiment. The experiment was terminated 60 days after the 13th treatment with the drug.

Throughout the experiment, on approximately a monthly basis, similar numbers of tsetse flies as used for the first feed were fed on one occasion on each animal; different batches of flies were used each month. On the basis of data from previous work (8), flies were not fed on the cattle less than 14 days following treatment with diminazene aceturate at a dose of 3.5 mg kg⁻¹ b.w. since this dosage was shown to inhibit the infectivity and cyclical development of *T. congolense* IL 3338 in *G. m. centralis* when fed on cattle at such intervals. When treatment with diminazene aceturate was increased to 7.0 mg kg⁻¹ b.w. the minimum interval between drug administration and feeding of *G. m. centralis* was increased to at least 30 days since data from pharmacokinetic studies (3, 24) indicated that drug concentrations in blood at this interval should be less than or equal to those on day 14 following treatment with diminazene aceturate at 3.5 mg kg⁻¹ b.w. Tsetse groups II, III, IV, V, VI, VII and VIII were fed immediately prior to treatments 2, 4, 6, 8, 11, 12 and 13, respectively (table I).

Monitoring of tsetse flies

After feeding tsetse flies on cattle on one occasion, each batch of flies was maintained on six rabbits for 28 days (two rabbits for days 2-14, two rabbits for days 15-21, two rabbits for days 22-28). Thereafter the flies were left unfed for two days, then induced to probe on to warmed slides at 37°C (4). The saliva was then examined for the presence of metacyclic trypanosomes by phase-contrast microscopy at 320x magnification, using a combination of Periplan 10x eyepieces and a long-distance L32 objective. Ten flies from each group, whenever available, were then fed singly on the abdomen of mice to determine the transmissibility index. All flies were subsequently dissected to determine the infection rates (22).

Statistical analysis

Data were processed using paired t-tests and one-way analysis of variance available in MINITAB-Release-9 (1993, Minitab Inc., PA, USA).

RESULTS

Development of infections in cattle

All six Boran cattle were first detected parasitemic by days 13-14 following infection with *T. congolense* IL 3338. On day 16, at approximately the first peak of parasitemia, the animals were all treated with diminazene aceturate for the first time at a dose of 3.5 mg kg⁻¹ b.w. The evolution of parasitemia in the six cattle following each subsequent treatment with diminazene aceturate is summarized in table II. Treatments 1-8, inclusive, were given at a dose of 3.5 mg kg⁻¹ b.w.; treatments 9-13, inclusive, were carried out at 7.0 mg kg⁻¹ b.w. Following the 1st treatment the mean period of aparasitemia was 7.8 ± 0.6 days. Following the 8th treatment it was 7.8 ± 1.1 days. Thereafter, it increased to 10.7 ± 1.9, 14.0 ± 1.9, 15.0 ± 0.0 and 14.5 ± 1.5 days following treatments 9, 10, 11 and 12, respectively. After the 10th treatment

Table I

Timetable of treatments of cattle with diminazene aceturate and feeding of *Glossina morsitans centralis*

Treatment	Day post infection	Dose of diminazene aceturate (mg kg ⁻¹ b.w.)	Group of tsetse flies (fed prior to treatment)
1	16	3.5	I
2	30	3.5	II
3	46	3.5	
4	60	3.5	III
5	77	3.5	
6	93	3.5	IV
7	112	3.5	
8	126	3.5	V
9	137	7.0	
10	163	7.0	
11	189	7.0	VI
12	217	7.0	VII
13	247	7.0	VIII

one of the six cattle remained aparasitemic until the end of the experiment. Subsequent to the 11th treatment three additional cattle remained aparasitemic until the end of the experiment. Finally, over a period of two months following treatment 13, all six cattle remained aparasitemic on the basis of the buffy-coat phase-contrast diagnostic technique.

Table II summarizes the mean inter-treatment PCV values for all six cattle. In all animals there was a progressive decline of the PCV throughout the period that treatments with diminazene aceturate were carried out at a dose of 3.5 mg kg⁻¹ b.w. In contrast, a progressive increase in the value occurred when treatment was carried out at 7.0 mg kg⁻¹ b.w.

Infection rates in tsetse flies

The mean infection rates in the midgut, labrum and hypopharynx of *G. m. centralis* fed on the six Boran cattle at various intervals following infection with *T. congolense* IL 3338 are summarized in table III. In order to demonstrate the between-animal variation in these data, table IV summarizes the midgut and hypopharynx infection rates in the tsetse flies fed on each Boran cow at each time point. Analysis of the mean infection rates in table III indicated that, except for the hypopharyngeal infection rate of group VI, the values for the midgut, labrum and hypopharynx in all groups were not significantly lower than those of the control group (group I). Finally, except for midgut infections in groups II and IV, labrum, midgut and hypopharyngeal infection rates did not differ significantly between male and female flies in all groups (data not shown).

Trypanosome transmission rates

Table V summarizes the mouse transmission rates for tsetse flies with mature infections in each group. Prior to statistical analysis the transmission rate data lying within the range of 90 to 100% were normalized following arc-sin transformation using Bliss table (42). One-way analysis of variance did not show a significant difference between any of these data and the corresponding value of the control group ($P < 0.05$). Thus, repeated administration of diminazene aceturate to cattle infected with *T. congolense* IL 3338 did not affect the transmissibility of the trypanosome population to mice by tsetse flies.

Table II

Evolution of parasitemia and PCV in six Boran cattle infected with *Trypanosoma congolense* IL 3338 and repeatedly treated with diminazene aceturate

Diminazene treatment ^a	Mean PCV ^b	Animal number						Overall mean ^c ± SE
		BP 21	BP 22	BP 23	BP 24	BP 25	BP 26	
1	29.3 ± 1.8	9 ^c	6	8	9	6	9	7.8 ± 0.6
2	28.1 ± 2.3	9	9	10	9	10	10	9.5 ± 0.2
3	26.3 ± 2.1	9	9	10	10	8	8	9.0 ± 0.4
4	25.6 ± 1.9	8	8	8	8	8	8	8.0 ± 0.0
5	24.7 ± 1.9	7	7	7	9	8	8	7.7 ± 0.3
6	22.9 ± 1.9	6	7	9	9	6	10	7.8 ± 0.7
7	22.5 ± 2.2	4	8	8	8	4	8	6.7 ± 0.8
8	23.7 ± 2.6	3	7	9	8	10	10	7.8 ± 1.1
9	25.4 ± 2.4	4*	8*	13*	17*	9*	13*	10.7 ± 1.9
10	26.0 ± 2.5	13*	9*	16*	X	12*	20*	14.0 ± 1.9
11	29.1 ± 2.2	X	15*	X	X	15*	X	15.0 ± 0.0
12	30.8 ± 2.5	X	13*	X	X	16*	X	14.5 ± 1.5
13	32.9 ± 1.7	X	X	X	X	X	X	X

^a Treatments 1-8, inclusive, given at 3.5 mg kg⁻¹ b.w.; treatments 9 onwards carried out at 7.0 mg kg⁻¹ b.w.

^b Mean inter-treatment packed red cell volume in all six cattle following the treatment, e.g., the value given for diminazene treatment 1 represents the mean packed red cell volume in all six cattle between treatments 1 and 2

^c Number of days following treatment that animals were aparasitemic using the blood buffy-coat phase-contrast technique

* Parasitemia became intermittent after relapse was detected

X: No parasites detected after treatment

Table III

Mean trypanosome infection rates in groups of *Glossina morsitans centralis* fed on six Boran cattle infected with *Trypanosoma congolense* IL 3338 and repeatedly treated with diminazene aceturate

Group of tsetse ^a	Num. of tsetse fed	Num. of tsetse dissected	Midgut infection rates - %	Labrum infection rates - %	Hypopharynx infection rates - %
I	1200	1050	36.44 ± 1.94	25.71 ± 1.18	24.79 ± 1.34
II	1200	1093	48.94 ± 2.77	32.38 ± 1.71	28.53 ± 1.75
III	1200	1056	33.49 ± 1.94	29.11 ± 1.85	27.09 ± 2.07
IV	1200	1069	51.12 ± 1.74	40.29 ± 1.97	37.88 ± 2.05
V	1200	1081	34.54 ± 1.46	27.32 ± 1.28	26.37 ± 1.34
VI	1200	1079	29.61 ± 2.75	18.03 ± 4.53	15.93 ± 3.61*
VII	1200	1062	52.13 ± 2.63	38.06 ± 2.71	32.76 ± 2.52
VIII	1200	1097 ⁺	34.38 ± 7.15	29.13 ± 8.57	26.38 ± 8.60

^a See table I for timing of feeding of tsetse groups

* Significantly lower than corresponding value of group I (P < 0.05), i.e., control group

⁺ Flies became infected from only two cattle

DISCUSSION

In the work described here the ability of Boran cattle to control a pathogenic drug-resistant *T. congolense* infection after repeated treatment with diminazene aceturate was evaluated over a 12-month period. Six cattle were infected with *T. congolense* IL 3338 and thereafter treated *en bloc* with the drug whenever the PCV in one or more animals decreased in three consecutive blood samples. For treatments 1-8, inclusive, the cattle were treated with the minimum recommended dose of diminazene aceturate: 3.5 mg kg⁻¹ b.w. However, following each of these treatments the mean

interval when trypanosomes were not detected by the buffy-coat phase-contrast technique (29) did not increase and was always less than 10 days. For example, following the 1st, 2nd and 8th treatments the mean (± standard error) aparasitemic duration was 7.8 ± 0.6, 9.5 ± 0.2 and 7.8 ± 1.1 days, respectively. Over the same period the mean PCV values of the animals progressively decreased from 33.2 ± 0.6% at the time of the 1st treatment (data not given) to a mean of 23.7 ± 2.6% for the inter-treatment period between the 8th and 9th treatments. Thus, since the aparasitemic interval following each treatment did not increase, while the PCV values progressively decreased, multiple treatment with

Table IV

Infection rates (%) in *Glossina morsitans centralis* fed on six Boran cattle infected with *Trypanosoma congolense* IL 3338 and repeatedly treated with diminazene aceturate

Group of tsetse ^a	Animal number											
	BP 21		BP 22		BP 23		BP 24		BP 25		BP 26	
	GI	HI	GI	HI	GI	HI	GI	HI	GI	HI	GI	HI
I	38.4	22.2	35.9	23.0	41.6	20.8	39.8	28.7	34.7	28.2	28.2	25.8
II	43.1	29.9	43.5	25.4	61.6	24.9	49.5	33.9	46.8	24.2	49.2	33.0
III	42.9	36.0	33.1	24.3	29.4	23.9	32.4	29.8	31.3	22.3	31.7	26.3
IV	52.2	36.4	59.0	44.8	51.2	35.9	48.3	31.0	48.0	36.4	48.1	42.7
V	37.4	31.0	34.5	29.3	27.7	22.0	35.5	24.7	37.5	25.6	34.5	25.6
VI	35.7	22.9	39.3	27.7	29.6	12.3	22.4	2.3	23.3	13.9	27.3	16.5
VII	54.4	31.0	58.9	40.6	52.4	32.1	41.1	22.8	57.1	37.8	48.9	32.3
VIII	0	0	41.5	40.0	0	0	0	0	27.2	17.8	0	0

^a See table I for when tsetse were fed on the cattle

GI: midgut infection rate

HI: hypopharynx infection rate

Table V

Mouse transmission rates for mature *Trypanosoma congolense* IL 3338 infections in *Glossina morsitans centralis* fed on infected Boran cattle repeatedly treated with diminazene aceturate

Tsetse group ^a	Num. of mice ^b	Num. of mice infected	Transmission rate ^c - %
I	60	57	95.0 ± 2.2
II	60	58	96.7 ± 2.1
III	60	60	100 ± 0.0
IV	60	58	96.7 ± 2.1
V	60	57	95.0 ± 2.2
VI	44	43	98.0 ± 2.0
VII	60	59	98.3 ± 1.7
VIII	20	20	100 ± 0.0

^a See table I for when tsetse were fed on the cattle

^b Number of mice on which tsetse flies were fed on one occasion

^c Mean ± standard error

diminazene aceturate at a dose of 3.5 mg kg⁻¹ b.w. did not appear to result in reduced virulence and pathogenicity of *T. congolense* IL 3338. This suggests that the animals did not acquire resistance to infection and disease, as might have been expected based on other works on *T. congolense* (7, 44).

Since treatment with diminazene aceturate at 3.5 mg kg⁻¹ b.w. did not ameliorate the pathogenicity of infections, administration of the drug thereafter (i.e., treatment 9 onwards) was carried out at 7.0 mg kg⁻¹ b.w. In association with this increase in drug dosage the mean PCV of the cattle increased from 25.4 ± 2.4% for the interval between the 9th and 10th treatments to 32.9 ± 1.7% for the 60-day period following the 13th treatment. Furthermore, the mean duration following treatment when trypanosomes were not detected rose from 10.7 ± 1.9 days after treatment 9 to 14.5 ± 1.5 days after treatment 12. In many animals detection of parasites became intermittent after the 9th treatment. Moreover, after the

10th treatment trypanosomes were not detected in one of the six animals until the end of the experiment. The same occurred in an additional three animals following treatment 11. The apparent "self-cure" status that developed following treatments 10 and 11 was not, however, associated with complete elimination of infections in the cattle since *G. m. centralis*, fed on the cattle after the 10th and 11th treatments (2nd and 3rd treatments, respectively, with diminazene aceturate at 7.0 mg kg⁻¹ b.w.), picked up infections from all six animals (tsetse groups VI and VII, respectively, table IV). This continued carrier status, despite the lack of detection of trypanosomes with a routinely used diagnostic technique, is similar to observations with long-term *Trypanosoma brucei* infections in cattle (25). At present, there is no satisfactory explanation for the progressive development of aparasitemia in cattle infected with *T. congolense* IL 3338, particularly since pharmacokinetic data for diminazene (3) indicate that diminazene accumulation should not have occurred in the cattle at the dosage regimen that was used in this study. Development of aparasitemia and the associated recovery of normal PCV values may have been associated with increasing efficiency of immune responses to trypanosome antigens. However, the relative contribution of anti-variable surface glycoprotein and anti-invariant antigen antibody responses to this phenomenon is unclear and requires characterization.

In contrast to flies fed on cattle after the 10th and 11th treatments with diminazene aceturate, flies fed on cattle after the 12th treatment (4th treatment at 7.0 mg kg⁻¹ b.w.; tsetse group VIII) became infected after feeding on only two of the six cattle. Thus, in four cattle infections were apparently eliminated. In light of the diminazene resistance of *T. congolense* IL 3338, and the stability of resistance to diminazene that is observed in trypanosome populations after long-term maintenance *in vivo* (12), elimination of infections would appear most likely to be associated with exhaustion of the trypanosomes' variable antigenic type repertoires (32).

Evaluation of the effect of repeated treatment with diminazene aceturate on the tsetse infectivity and transmissibility of *T. congolense* IL 3338 indicated that 13 treatments affected neither the

transmissibility nor the infection rates in the midgut and hypopharynx of *G. m. centralis*. It should be noted, however, that the mean mature infection rate in flies of group VI (fed on cattle prior to treatment 11) was significantly less ($P < 0.05$) than the corresponding value of the control group (group I). The reason for this is unclear.

In summary, this study has shown that when Boran cattle are infected with drug-resistant *T. congolense* IL 3338, from Ghibe, Ethiopia, repeated treatment with diminazene aceturate at a dose of 3.5 mg kg⁻¹ b.w. was not associated with an improved ability of the cattle to control parasitemiae below the limit of detection of the buffy-coat phase-contrast technique. Furthermore, such treatment was associated with a progressive decline in PCV values. This observation is in contrast with data from cattle at Ghibe, in which there was a high prevalence of multiple-drug resistant *T. congolense* infections (6); treatment with diminazene aceturate at a dose of 3.5 mg kg⁻¹ b.w. when animals were detected parasitemic with the buffy-coat phase-contrast technique, at a time of low tsetse challenge, was associated with a substantial reduction in the apparent prevalence of parasitemic cattle and an increase in their PCV values (20, 35). The reason for the different result in the work reported here is unclear. It is possible that although the cattle at Ghibe and in this study were both *Bos indicus*, differences in the level of innate resistance of the two populations to trypanosome infections may have been responsible for the different results (9). Alternatively, and more likely, the longer exposure of cattle at Ghibe to *T. congolense* infections may have resulted in the expression of higher levels of acquired resistance (2, 44) than in the cattle reported here. Finally, this work has also shown that when cattle infected with *T. congolense* IL 3338 are repeatedly treated with diminazene aceturate at 7.0 mg kg⁻¹ b.w. the ability of the animals to control the level of parasitemia appears to progressively increase. In light of the high level of diminazene resistance of *T. congolense* IL 3338 relative to the level of resistance described in other *T. congolense* populations (6, 17) it is recommended that the efficacy of multiple treatment with this drug dosage should be evaluated in field situations where treatment with diminazene aceturate at 3.5 mg kg⁻¹ b.w. is not efficacious.

Acknowledgments

We thank C. Sabwa, N. Gitire, J. Muia, J. Kabata, N. Kuria and all the technical assistants of ILRI's Tsetse Vector Laboratory for assistance. Drs. J. Rowlands and E. Authié are thanked for helpful comments on the manuscript. Dr. A. Boulangé is thanked for assistance with translation. This is ILRI internal publication No. 98010.

REFERENCES

1. ABDEL GADIR F., ABDEL RAZIG M. EL T., OSMAN O.M., 1972. Sensitivity of ethidium bromide-resistant *Trypanosoma congolense* strain to Samorin and Berenil. *Sud. J. vet. Sci. Anim. Husb.*, **13**: 68-73.
2. AGUR Z., MEHR R., 1997. Modelling *Trypanosoma congolense* parasitaemia patterns during the chronic phase of infection in N'dama cattle. *Parasite Immunol.*, **19**: 171-182.
3. ALIU Y.O., MAMMAN M., PEREGRINE A.S., 1993. Pharmacokinetics of diminazene in female Boran (*Bos indicus*) cattle. *J. vet. Pharmacol. Ther.*, **16**: 291-300.
4. BURTT E., 1946. Salivation by *Glossina morsitans* on to glass slides: a technique for isolating infected flies. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, **40**: 141-144.
5. CLAUSEN P.-H., SIDIBE I., KABORÉ I., BAUER B., 1992. Development of multiple drug resistance of *Trypanosoma congolense* in Zebu cattle under high natural tsetse fly challenge in the pastoral zone of Samorogouan, Burkina Faso. *Acta trop.*, **51**: 229-236.

6. CODJIA V., MULATU W., MAJIWA P.A.O., LEAK S.G.A., ROWLANDS G.J., AUTHIÉ E., D'IETEREN G.D.M., PEREGRINE A.S., 1993. Epidemiology of bovine trypanosomiasis in the Ghibe valley, southwest Ethiopia. 3. Occurrence of populations of *Trypanosoma congolense* resistant to diminazene, isometamidium and homidium. *Acta trop.*, **53**: 151-163.
7. CUNNINGHAM M.P., 1966. Immunity in bovine trypanosomiasis. *East Afr. med. J.*, **43**: 394-397.
8. DIACK A., MOLOO S.K., PEREGRINE A.S., 1997. Effect of diminazene aceturate on the infectivity and transmissibility of drug-resistant *Trypanosoma congolense* in *Glossina morsitans centralis*. *Vet. Parasitol.*, **70**: 13-23.
9. DOLAN R.B., NJOGU A.R., SAYER P.D., WILSON A.J., ALUSHULA H., 1985. Trypanotolerance in East African cattle. In: Proc. 18th Meet. int. sci. Council. for Trypanosomiasis Research and Control, Harare, Zimbabwe, 1985, p. 240-246. (OAU/STRC Publication No. 113)
10. DOLAN R.B., STEVENSON P.G.W., ALUSHULA H., OKECH G., 1992. Failure of chemoprophylaxis against bovine trypanosomiasis on Galana Ranch in Kenya. *Acta trop.*, **51**: 113-121.
11. GITATHA S.K., 1979. *T. congolense* (Shimba Hills) resistant to various trypanocidal drugs. In: Proc. 16th Meet. int. sci. Council. for Trypanosomiasis Research and Control, Yaoundé, Cameroon, 1979, p. 257-263. (OAU/STRC Publication No. 111)
12. GRAY A.R., ROBERTS C.J., 1971. The cyclical transmission of strains of *Trypanosoma congolense* and *T. vivax* resistant to normal therapeutic doses of trypanocidal drugs. *Parasitology*, **63**: 67-89.
13. ILEMOBADE A.A., 1979. Drug sensitivity of mouse infective *Trypanosoma vivax* isolates in cattle and sheep. In: Proc. 16th Meet. int. sci. Council. for Trypanosomiasis Research and Control, Yaoundé, Cameroon, 1979, p. 251-253. (OAU/STRC Publication No. 111)
14. JONES-DAVIES W.J., 1967. A Berenil resistant strain of *Trypanosoma vivax* in cattle. *Vet. Rec.*, **81**: 567-568.
15. JONES-DAVIES W.J., 1968. Berenil resistance in naturally occurring *Trypanosoma congolense*. *Bull. epizoot. Dis. Afr.*, **16**: 213-216.
16. JONES-DAVIES W.J., FOLKERS C., 1966. Some observations on cross-resistance to Samorin and Berenil of homidium-resistant field strains of *Trypanosoma congolense* in Northern Nigeria in cattle. In: Proc. 11th Meet. int. sci. Council. for Trypanosomiasis Research, Nairobi, Kenya, 1966, p. 35-40. (OAU/STRC Publication No. 100)
17. KAMINSKY R., CHUMA F., ZWEYGARTH E., 1993. *Trypanosoma congolense*: *in vitro* susceptibility of bloodstream forms to diminazene and isometamidium. *Exp. Parasitol.*, **76**: 213-215.
18. KÜPPER W., WOLTERS M., 1983. Observation on drug resistance of *Trypanosoma (Nannomonas) congolense* and *Trypanosoma (Duttonella) vivax* in cattle at a feedlot in Northern Ivory Coast. *Tropenmed. Parasitol.*, **34**: 203-205.
19. LEAK S.G.A., MULATU W., AUTHIÉ E., D'IETEREN G.D.M., PEREGRINE A.S., ROWLANDS G.J., TRAIL J.C.M., 1993. Epidemiology of bovine trypanosomiasis in the Ghibe valley, southwest Ethiopia. 1. Tsetse challenge and its relationship to trypanosome prevalence in cattle. *Acta trop.*, **53**: 121-134.
20. LEAK S.G.A., PEREGRINE A.S., MULATU W., ROWLANDS G.J., D'IETEREN G.D.M., 1996. Use of insecticide-impregnated targets for the control of tsetse flies (*Glossina* spp.) and trypanosomiasis occurring in cattle in an area of south-west Ethiopia with a high prevalence of drug-resistant trypanosomes. *Trop. Med. int. Health*, **1**: 599-609.
21. LEWIS A.R., THOMSON J.W., 1974. Observations on an isometamidium resistant strain of *Trypanosoma congolense* in Rhodesia. *Rhod. vet. J.*, **4**: 62-67.
22. LLOYD L.L., JOHNSON W.B., 1924. The trypanosome infections of tsetse flies in Northern Nigeria and a new method of estimation. *Bull. Ent. Res.*, **14**: 265-288.
23. MACLENNAN K.J.R., JONES-DAVIES W.J., 1967. The occurrence of a Berenil-resistant *Trypanosoma congolense* strain in Northern Nigeria. *Vet. Rec.*, **80**: 389-390.
24. MAMMAN M., ALIU Y.O., PEREGRINE A.S., 1993. Comparative pharmacokinetics of diminazene in noninfected Boran (*Bos indicus*) cattle and Boran cattle infected with *Trypanosoma congolense*. *Antimicrob. Agents Chemother.*, **37**: 1050-1055.

25. MASAKE R.A., MOLOO S.K., NANTULYA V.M., MINJA S.H., MAKAU J.M., NJUGUNA J.T., 1995. Comparative sensitivity of antigen-detection enzyme immunosorbent assay and the microhaematocrit centrifugation technique in the diagnosis of *Trypanosoma brucei* infections in cattle. *Vet. Parasitol.*, **56**: 37-46.
26. MBWAMBO H.A., MELLA P.N.P., LEKAKI K.A., 1988. Berenil (diminazene aceturate) resistant *Trypanosoma congolense* in cattle under natural tsetse challenge at Kibaha, Tanzania. *Acta trop.*, **45**: 239-244.
27. MOHAMED-AHMED M.M., RAHMAN A.H., ABDEL KARIM E.I., 1992. Multiple drug-resistant bovine trypanosomes in South Darfur Province, Sudan. *Trop. Anim. Health Prod.*, **24**: 179-181.
28. MOLOO S.K., KUTUZA S.B., BAKAKIMPA I., KAMUNYA G.W., DESAI J., PEREIRA H., 1985. Colonization of *Glossina* species and studies on some aspects of their vector role. In: Proc. 18th Meet. int. sci. Council. for Trypanosomiasis Research and Control, Harare, Zimbabwe, 1985, p. 314-321. (OAU/STRC Publication No. 113)
29. MURRAY M., MURRAY P.K., MCINTYRE W.I.M., 1977. An improved parasitological technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **71**: 325-326.
30. MWAMBU P.M., MAYENDE J.S.P., 1971. Berenil resistant *Trypanosoma vivax*, isolated from naturally infected cattle in Teso District, eastern Uganda. In: Proc. 13th Meet. int. sci. Council. for Trypanosomiasis Research, Lagos, Nigeria, 1971, p. 133-138. (OAU/STRC Publication No. 105)
31. NA'ISA B.K., 1967. Follow up of a survey on the prevalence of homidium-resistant strains of trypanosomes in cattle in northern Nigeria and drug cross-resistance tests on the strains with Samorin and Berenil. *Bull. epizoot. Dis. Afr.*, **15**: 231-241.
32. NANTULYA V.M., MUSOKE A.J., RURANGIRWA F.R., MOLOO S.K., 1984. Resistance of cattle to tsetse-transmitted challenge with *Trypanosoma brucei* or *Trypanosoma congolense* after spontaneous recovery from syringe-passaged infections. *Infect. Immun.*, **43**: 735-738.
33. NJAU B.C., MKONYI P.M., KUNDY D.J., 1981. Berenil resistant *Trypanosoma congolense* isolated from naturally infected goats in Tanga Region, Tanzania. In: Proc. 17th Meet. int. sci. Council. for Trypanosomiasis Research and Control, Arusha, Tanzania, 1981, p. 289-298. (OAU/STRC Publication No. 112)
34. PEREGRINE A.S., KNOWLES G., IBITAYO A.I., SCOTT J.R., MOLOO S.K., MURPHY N.B., 1991. Variation in resistance to isometamidium chloride and diminazene aceturate by clones derived from a stock of *Trypanosoma congolense*. *Parasitology*, **102**: 93-100.
35. PEREGRINE A.S., MULATU W., LEAK S.G.A., ROWLANDS G.J., 1994. Epidemiology of bovine trypanosomiasis in the Ghibe valley, Ethiopia: multiple-drug resistance and its effective control. In: Proc. 7th int. Symp. Veterinary Epidemiology and Economics, Nairobi, Kenya, 1994. *Kenya Vet.*, **18**: 369-371.
36. PINDER M., AUTHIÉ E., 1984. The appearance of isometamidium resistant *Trypanosoma congolense* in West Africa. *Acta trop.*, **41**: 247-252.
37. RÖTTCHER D., SCHILLINGER D., 1985. Multiple drug resistance in *Trypanosoma vivax* in the Tana River District of Kenya. *Vet. Rec.*, **117**: 557-558.
38. ROWLANDS G.J., MULATU W., AUTHIÉ E., D'ETEREN G.D.M., LEAK S.G.A., NAGDA S.M., 1994. Effects of trypanosomiasis on growth and mortality of young East African Zebu cattle exposed to drug-resistant trypanosomes. *Prev. vet. Med.*, **21**: 87-101.
39. ROWLANDS G.J., MULATU W., AUTHIÉ E., D'ETEREN G.D.M., LEAK S.G.A., NAGDA S.M., 1994. Effects of trypanosomiasis on reproduction of East African Zebu cows exposed to drug-resistant trypanosomes. *Prev. vet. Med.*, **21**: 237-249.
40. ROWLANDS G.J., MULATU W., AUTHIÉ E., D'ETEREN G.D.M., LEAK S.G.A., NAGDA S.M., PEREGRINE A.S., 1993. Epidemiology of bovine trypanosomiasis in the Ghibe valley, southwest Ethiopia. 2. Factors associated with variations in trypanosome prevalence, incidence of new infections and prevalence of recurrent infections. *Acta trop.*, **53**: 135-150.
41. SCHÖNEFELD A., RÖTTCHER D., MOLOO S.K., 1987. The sensitivity to trypanocidal drugs of *Trypanosoma vivax* isolated in Kenya and Somalia. *Trop. Med. Parasitol.*, **38**: 177-180.
42. SNEDECOR G.W., COCHRAN W.G., 1946. Statistical methods, 7th ed., 1980. Ames, Iowa, USA, Iowa State University Press, Science Press, 507 p.
43. STEVENSON P., MUNGA L., DOLAN R.B., 1993. The detrimental effects of frequent treatment of cattle with trypanocidal drugs. In: Proc. 22nd Meet. int. sci. Council. for Trypanosomiasis Research and Control, Kampala, Uganda, 1993, p. 130-135. (OAU/STRC Publication No. 117)
44. WELLDE B.T., HOCKMEYER W.T., KOVATCH R.M., BHOGAL M.S., DIGGS C.L., 1981. *Trypanosoma congolense*: natural and acquired resistance in the bovine. *Exp. Parasitol.*, **52**: 219-232.

Reçu le 2.7.98, accepté le 14.10.98

Résumé

Diack A., Moloo S.K., Peregrine A.S. Traitements multiples par l'acéturate de diminazène chez les bovins : effets sur l'infectivité d'une souche chimiorésistante de *Trypanosoma congolense* et sur sa transmissibilité par *Glossina morsitans centralis*

Six bovins de race Boran ont été infectés par la souche chimiorésistante IL 3338 de *Trypanosoma congolense*. Au premier pic de parasitémie, 200 *Glossina morsitans centralis* ténérables organisées en plusieurs groupes ont été nourries sur chaque animal, juste avant leur traitement à l'acéturate de diminazène à la dose de 3,5 mg/kg de poids corporel (p.c.). Les animaux ont ensuite été suivis par prélèvement sanguin trois fois par semaine et ont été traités comme précédemment chaque fois que l'hématocrite baissait dans trois prélèvements consécutifs, pour au moins un des animaux. Après huit traitements à approximativement deux semaines d'intervalle, la longueur moyenne de la période prépatente après chaque traitement n'a pas augmenté, restant à $7,8 \pm 1,1$ jours. La valeur moyenne de l'hématocrite est descendue de $33,2 \pm 0,6$ p. 100 lors du premier traitement, à $23,7 \pm 2,6$ p. 100 entre les huitième et neuvième traitements. En conséquence, à la suite du huitième traitement, l'acéturate de diminazène a été administré comme précédemment, mais à la dose de 7,0 mg/kg p.c. Résultant de l'augmentation de la dose, la valeur moyenne de l'hématocrite entre deux traitements est montée de $25,4 \pm 2,4$ p. 100 sitôt après le premier traitement à $32,9 \pm 1,7$ pour les deux mois qui ont suivi le cinquième traitement. Au moins 14 jours après les traitements à l'acéturate de diminazène à la dose de 3,5 mg/kg p.c., et 30 jours après les traitements à la dose de 7,0 mg/kg p.c., un nombre de mouches équivalent à celui utilisé lors de l'infection initiale a été nourri une fois sur chaque animal. Afin de déterminer l'indice de transmissibilité, 10 mouches de chaque groupe présentant une infection arrivée à maturité ont été nourries individuellement sur des souris. En général, les taux d'infections de l'intestin moyen et de l'hypopharynx des mouches de tous les groupes n'étaient pas significativement inférieurs à ceux du groupe témoin. Par contre, tandis que les mouches du groupe nourri après les deuxième et troisième traitements à l'acéturate de diminazène à 7,0 mg/kg p.c. se sont infectées sur tous les six bovins, celles nourries après le quatrième traitement se sont seulement infectées sur deux des six animaux. Ainsi, un traitement répété à l'acéturate de diminazène à la dose de 7,0 mg/kg p.c. s'est soldé par une élimination apparente totale de l'infection chez quatre des six animaux. En revanche, l'index de transmissibilité de *T. congolense* IL 3338 n'a pas été affecté par des traitements multiples à l'acéturate de diminazène.

Mots-clés : Bovin - *Glossina morsitans centralis* - *Trypanosoma congolense* - Infection expérimentale - Transmission des maladies - Résistance aux produits chimiques - Kenya.

Resumen

Diack A., Moloo S.K., Peregrine A.S. Efecto del tratamiento múltiple de ganado con aceturato de diminazona sobre la infectividad y la transmisibilidad del *Trypanosoma congolense* resistente a las drogas por *Glossina morsitans centralis*

Se infectaron seis bovinos Boran con *Trypanosoma congolense* IL 3338 resistente a las drogas. Durante el primer pico de parasitemia, justo antes del tratamiento con aceturato de diminazona, a una dosis de 3,5 mg kg⁻¹ peso corporal (p.c.), se alimentaron diferentes grupos de 200 *Glossina morsitans centralis* teneables en cada animal. En adelante, todos los animales se siguieron tres veces por semana y fueron tratados nuevamente, con la misma droga, cuando el hematocrito (PCV) disminuyó en tres muestras consecutivas, en uno o más animales. Después de ocho tratamientos, a intervalos de aproximadamente dos semanas, la duración media durante la cual los parásitos no se detectaron post tratamiento no aumentó, sino que se mantuvo en $7,8 \pm 1,1$ días. El hematocrito promedio declinó de $33,2 \pm 0,6\%$ al primer tratamiento hasta un valor promedio inter tratamiento de $23,7 \pm 2,6\%$ entre el octavo y el noveno tratamiento. Por lo tanto, después del octavo tratamiento, el aceturato de diminazona se administró de la misma manera, pero a una dosis de 7,0 mg kg⁻¹ p.c. Después del tratamiento a esta dosis elevada, el hematocrito entre tratamientos aumentó de $25,4 \pm 2,4\%$ al primer tratamiento a $32,9 \pm 1,7\%$ durante el período de dos meses después del quinto tratamiento. Mínimo 14 días post tratamiento con 3,5 mg kg⁻¹ p.c. de aceturato de diminazona y 30 días después del tratamiento con 7,0 mg kg⁻¹ p.c., se alimentaron, en una ocasión y en cada animal, cantidades de moscas similares a las utilizadas durante la primera alimentación. Seguidamente, diez moscas de cada grupo, con infecciones maduras, fueron alimentadas individualmente en ratones, para determinar el índice de transmisibilidad. En general, las tasas de infección en el intestino medio y la hipofaringe en todos los grupos de moscas, no fueron significativamente inferiores que los del grupo control. Sin embargo, mientras los grupos de tse-tse que se alimentaron después del segundo y tercer tratamiento con 7,0 mg kg⁻¹ de aceturato de diminazona se infectaron en todos los seis animales, las moscas alimentadas después del cuarto tratamiento se infectaron únicamente en dos de los seis animales. Por lo tanto, el tratamiento repetido con aceturato de diminazona a dosis de 7,0 mg kg⁻¹ p.c. resulta en una aparente eliminación total de la infección en cuatro de los seis animales. El índice de transmisibilidad de *T. congolense*, por el contrario, no se vio afectado por el tratamiento múltiple con aceturato de diminazona.

Palabras clave: Ganado bovino - *Glossina morsitans centralis* - *Trypanosoma congolense* - Infección experimental - Transmisión de enfermedades - Resistencia a productos químicos - Kenia.

Développement biologique de *Trypanosoma (Nannomonas)* *congolense* IL 1180 chez *Glossina morsitans morsitans* Westwood 1851 (Diptera : Glossinidae)

J.M. Kazadi ^{1,2} B. Losson ² P. Kageruka ¹

Mots-clés

Glossina morsitans morsitans - *Trypanosoma congolense* - Cycle de développement - Site.

Résumé

Un suivi parasitologique de mouches ténérales de *Glossina morsitans morsitans* (Mall), infectées par *Trypanosoma congolense* IL 1180, a été réalisé à intervalles de 72 h, des jours 3 à 15 (J₃-J₁₅). L'observation microscopique du tractus digestif a montré qu'à J₃, 75 p. 100 des mouches n'ont été infectées que dans l'intestin moyen. A J₆, des formes procycliques, mésocycliques et métacycliques ont été observées respectivement chez 82, 74 et 26 p. 100 des mouches. Le dépistage des formes métacycliques à J₆ a indiqué la précocité du cycle biologique du parasite. A partir de J₉, toutes les mouches infectées dans l'intestin moyen ont également hébergé des trypomastigotes dans le proventricule et le canal de l'œsophage. Chez les mouches infectantes, les formes mésocycliques ont été observées occasionnellement dans le proboscis. Par ailleurs, les formes épimastigotes et métacycliques étaient regroupées en plusieurs îlots de rosaces fixés aux parois de la cavité labiale. Sexes confondus, l'indice procyclique a accusé des variations entre différentes périodes du cycle. Le taux d'infection métacyclique a révélé, entre J₆ et J₁₅, une allure croissante. Cette allure a concerné également la compétence vectorielle (CV), excepté la période comprise entre J₉ et J₁₂. Les valeurs globales de CV calculées à partir de J₆ étaient de 0,5381 pour les mâles et de 0,5194 pour les femelles. Ces valeurs n'ont pas montré de différence significative entre les sexes.

■ INTRODUCTION

Sir David Bruce est le premier auteur qui put démontrer, en 1885, le rôle de la mouche tsé-tsé dans la dynamique de la transmission cyclique des trypanosomes pathogènes africains. Le cycle biologique du parasite chez la glossine varie suivant les espèces de trypanosomes. Il serait d'environ 5, 20 et 30 jours, respectivement pour *Trypanosoma (Dutonella) vivax*, *T. (Nannomonas) congolense* et *T. (Trypanozoon) brucei* spp. (11, 27).

Les trypanosomes de la section Salivaria montrent une évolution cyclique de type ascendant (1, 9, 10, 22, 27, 31). Chez la mouche, le parasite suit un parcours anatomique complexe qui débute

dans l'intestin moyen et, par remontée, atteint le proboscis et/ou les glandes salivaires où il se transforme en trypomastigotes métacycliques.

Chaque stade de développement biologique du trypanosome de la section Salivaria occupe une portion anatomique précise de la glossine et concourt à l'accomplissement de la métacyclogenèse. Bien que la durée de ce développement biologique soit déjà établie, les périodes de passage des trypomastigotes d'un stade à un autre ne sont pas entièrement élucidées. Ce travail rend compte du cycle évolutif de *T. (Nannomonas) congolense* IL 1180 chez *Glossina morsitans morsitans* (Mall).

■ MATERIEL ET METHODES

Glossines

Dans cette étude, 1 481 mouches ténérales de la lignée *Glossina morsitans morsitans* (Mall), dont 743 mâles et 738 femelles, ont été utilisées. Elles provenaient de l'insectarium de l'Institut de

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

2. Service de parasitologie et pathologie des maladies parasitaires, Faculté de médecine vétérinaire, B-43 Sart-Tilman, Université de Liège, 4000 Liège, Belgique

médecine tropicale Prince Léopold d'Anvers. Cette lignée a été sélectionnée génétiquement par Gooding, à Edmonton, Canada, à partir de pupes récoltées près de Kariba, Zimbabwe, et d'Handeni, Tanzanie.

Afin d'établir une réserve pour l'élevage des lignées génétiques pures et, si nécessaire, la possibilité de retrouver différentes combinaisons d'allèles, une lignée *pool* fut créée dans laquelle étaient injectées systématiquement des mouches avec les nouveaux allèles identifiés dans les diverses expériences de génétique. Cette lignée fut dénommée Mall qui signifie *Morsitans* allèles (3).

Trypanosome

Trypanosoma congolense IL 1180 est une souche clonale et dérive du stock L 209. Elle a été isolée sur un lion du parc de Serengeti, en Tanzanie (5). La population utilisée a été cryopréservée dans de l'azote liquide à -196 °C, en présence de diméthylsulfoxyde. Le cryostabilat a été réactivé sur rat, jusqu'à l'obtention d'une parasitémie équivalente à l'antilog 7,8-8,1 selon l'échelle d'évaluation d'Herbert et Lumsden (6).

Infection et entretien des mouches

Des mouches ténérales de *G. m. morsitans*, âgées de moins de 32 h, ont été nourries une fois sur un rat préalablement anesthésié au pentobarbital sodique (Nembutal®, CEVA, 1030 Bruxelles, Belgique), à la dose de 30 mg/kg PV et présentant une parasitémie d'antilog 8,1.

Après le repas infectieux, les mouches gorgées ont été réparties, suivant les sexes, en cages contenant chacune environ 30 individus. Elles ont été gardées dans un module de transmission

cyclique climatisé (25 ± 5 °C, 70 ± 5 p. 100 d'humidité relative) et éclairé journallement aux lampes à néon pendant 12 h. Les cages ont été déposées sur une double couche de papier absorbant, renouvelé régulièrement.

Les individus des deux sexes ont été nourris séparément, à intervalles de 72 h, sur 10 rats Wistar albinos indemnes. Chaque rat a été utilisé une seule fois au cours de l'expérience.

Suivi biologique et dissection

Afin de suivre l'évolution biologique du trypanosome jusqu'à J_{15} , les mouches (tableau I) ont été disséquées à intervalles de 72 h, le J_0 correspondant au moment du repas infectieux. La technique de dissection est celle décrite par Kazadi et coll. (8). L'observation microscopique a porté sur la présence ou l'absence de trypanosomes dans l'intestin moyen, le proventricule, le canal du jabot et le proboscis.

Compétence vectorielle et analyse statistique

La compétence vectorielle (CV) a été calculée suivant la formule de Le Ray (12) : $CV = p \times m$, avec l'indice procyclique p = proportion des mouches permettant aux trypanosomes du sang circulant de s'installer sous forme procyclique dans l'intestin moyen, et avec m = proportion des mouches porteuses de formes procycliques permettant la migration des trypanosomes dans le proboscis ou les glandes salivaires.

Le test de Chi-carré a été utilisé pour comparer les taux d'infection procyclique et métacyclique entre les sexes des mouches, au cours d'une même ou de différentes périodes du développement biologique du parasite.

Tableau I

Sites et taux d'infection de *T. congolense* IL 1180 dans le tractus digestif de *G. m. morsitans* (Mall)

Jour	Sexe	N	Site et taux d'infection des mouches par les trypanosomes							
			Im	%	Pv	%	Œ	%	Pb	%
3	Mâle	148	88	59,45	0	0	0	0	0	0
	Femelle	160	144	90,00	0	0	0	0	0	0
	Total	308	232	75,32	0	0	0	0	0	0
6	Mâle	148	118	79,72	98	66,21	98	66,21	30	20,27
	Femelle	132	112	84,84	108	81,81	108	81,81	44	33,33
	Total	280	230	82,14	206	73,57	206	73,57	74	26,42
9	Mâle	146	114	78,08	114	78,08	114	78,08	108	73,97
	Femelle	142	116	81,69	116	81,69	116	81,69	52	36,61
	Total	288	230	79,86	230	79,86	230	79,86	160	55,55
12	Mâle	146	90	61,64	90	61,64	90	61,64	84	57,53
	Femelle	142	106	74,64	106	74,64	106	74,64	94	66,19
	Total	288	196	68,05	196	68,05	196	68,05	178	61,80
15	Mâle	136	94	69,11	94	69,11	94	69,11	88	64,70
	Femelle	150	118	78,66	118	78,66	118	78,66	104	69,33
	Total	286	212	74,12	212	74,12	212	74,12	192	67,13

N = nombre de mouches

Im = intestin moyen ; Pv = proventricule ; Œ = œsophage ; Pb = proboscis

■ RESULTATS

Sites de localisation et taux d'infection des trypomastigotes

A J_3 , sexes confondus, 75 p. 100 des glossines (232/308) ont présenté une infection procyclique localisée uniquement au niveau de l'intestin moyen. A J_6 , 26 p. 100 des mouches (74/280) ont montré la présence de formes métacycliques, après colonisation intestinale et remontée successive des trypomastigotes dans le proventricule (formes mésocycliques) et dans le canal de l'œsophage (tableau I). Dans le proventricule, les trypomastigotes ont été détectés en bordure (formes mésocycliques périphériques) et dans la lumière (formes mésocycliques centrales) de l'organe.

De J_9 jusqu'à la fin de l'expérience, toutes les mouches présentant une infection intestinale hébergeaient également des trypomastigotes dans le proventricule et l'œsophage. Il faut noter qu'à J_9 , le taux d'infection métacyclique était environ le double de celui observé à J_6 (tableau I).

Le tractus digestif des mouches infectantes foisonnait de trypomastigotes. Ceux-ci ont été détectés, par ordre croissant, dans l'intestin moyen, le proventricule, le canal de l'œsophage et le proboscis. Dans les trois premiers organes, les trypomastigotes ont été observés sous une forme libre (formes migratoires), tandis que dans le proboscis, ils étaient fixés aux parois de la cavité labiale en plusieurs îlots de rosaces (figure 1).

Le proboscis renfermait à la fois des formes épimastigotes, métacycliques et occasionnellement des formes mésocycliques. La densité de ces dernières était moins élevée que celle des deux autres formes.

L'observation microscopique a montré que l'intestin moyen hébergeait une population plus importante de trypomastigotes que les autres sites examinés.

Comparaison d'indices procyclique et métacyclique et compétence vectorielle des mouches au cours de la même période du cycle

Les résultats utilisés dans cette comparaison proviennent des données du tableau I.

Indice procyclique

A J_3 ($\chi^2 = 38,58$; $P < 0,001$) et J_{12} ($\chi^2 = 5,59$; $P < 0,05$), les femelles ont été plus infectées que les mâles. Aucune différence significative d'infection procyclique n'a été observée entre les sexes, à J_6 , J_9 et J_{15} .



Figure 1 : deux rosaces de *Trypanosoma congolense* IL 1180 dans le proboscis de *Glossina morsitans morsitans* (Mall).

Indice métacyclique

A J_6 , les femelles ont été relativement plus infectées ($\chi^2 = 5,05$; $P < 0,05$) que les mâles. En revanche, à J_9 , les mâles ont été plus infectés ($\chi^2 = 67,64$; $P < 0,001$) que les femelles. A J_{12} et J_{15} , aucune différence significative d'infection métacyclique n'a été enregistrée entre les sexes.

Compétence vectorielle

A J_6 , la CV des femelles a été relativement plus importante ($\chi^2 = 6,12$; $P < 0,05$) que celle des mâles. A J_9 , la CV des mâles a été plus considérable ($\chi^2 = 40,67$; $P < 0,001$) que celle des femelles. Par contre, à J_{12} et J_{15} , aucune différence significative de CV n'a été observée entre les sexes.

Comparaison d'indices procyclique et métacyclique et compétence vectorielle des mouches entre différentes périodes du cycle

Sexes confondus, l'indice p a révélé des variations du taux d'infection intestinale entre différentes périodes du cycle, mais aucune tendance nette ne s'est profilée. En revanche, l'indice m accusait, entre J_6 et J_{12} , un taux d'infection métacyclique d'allure croissante. Cette allure a concerné également la CV des mouches, excepté la période située entre J_9 et J_{12} (tableau II).

La CV globale, calculée à partir de J_6 , a révélé une valeur de 0,5381 chez les mâles (310/576) et de 0,5194 chez les femelles (294/566). Ces valeurs n'ont pas montré de différence significative entre les sexes.

■ DISCUSSION

Les résultats de ce travail confirment que le développement biologique de la souche clonale *T. congolense* IL 1180 chez *G. m. morsitans* est antérograde. L'évolution cyclique débute dans l'intestin moyen, se poursuit dans le proventricule et se termine dans le proboscis. En dehors de l'infection hémocoélique observée par Mshelbwala (18) et Otieno (20), cette évolution confirme la voie cyclique de trypanosome décrite par Lloyd et Johnson (14), Buxton (1) et Hoare (7).

Coexistence et synchronisation des infections procyclique et mésocyclique

En disséquant les mouches à J_{20} et J_{30} , périodes correspondant théoriquement à la fin de la durée du cycle biologique de *T. congolense* ou de *T. brucei in sensu lato*, Kazadi et coll. (9, 10) ont conclu à la coexistence des infections intestinale et proventriculaire. D'où le terme méso-procycloïque attribué par ces auteurs pour désigner ces infections. Néanmoins, la période pendant laquelle l'infection mésocyclique apparaît au cours du cycle n'a pas été précisée.

Cette étude montre qu'à J_3 , les formes procycliques sont présentes dans l'intestin moyen. En revanche, si à J_6 les formes procycliques et mésocycliques sont diagnostiquées simultanément chez 74 p. 100 de mouches, la présence de ces deux formes n'est, en réalité, mieux synchronisée qu'à partir de J_9 . Ce processus révèle la dynamique de l'installation de *T. congolense* IL 1180 chez les mouches de *G. m. morsitans* (Mall). De plus, il montre qu'une période minimale de 3 à 6 jours est nécessaire pour permettre la migration du parasite de l'intestin moyen au proventricule.

Tableau II

Comparaison d'indices procyclique et métacyclique et compétence vectorielle des mouches de *G. m. morsitans* entre différentes périodes du cycle

Jours	Indice procyclique		Indice métacyclique		Compétence vectorielle	
	Probabilité	Observations	Probabilité	Observations	Probabilité	Observations
J ₃ vs J ₆	P < 0,05	J ₆ > J ₃	-	-	-	-
J ₃ vs J ₉	P = 0,18	NS	-	-	-	-
J ₃ vs J ₁₂	P < 0,05	J ₃ > J ₁₂	-	-	-	-
J ₃ vs J ₁₅	P = 0,73	NS	-	-	-	-
J ₆ vs J ₉	P = 0,48	NS	P < 0,001	J ₉ > J ₆	P < 0,001	J ₉ > J ₆
J ₆ vs J ₁₂	P < 0,001	J ₆ > J ₁₂	P < 0,001	J ₁₂ > J ₆	P < 0,001	J ₁₂ > J ₆
J ₆ vs J ₁₅	P < 0,05	J ₆ > J ₁₅	P < 0,001	J ₁₅ > J ₆	P < 0,001	J ₁₅ > J ₆
J ₉ vs J ₁₂	P < 0,01	J ₉ > J ₁₂	P < 0,001	J ₁₂ > J ₉	P = 0,12	NS
J ₉ vs J ₁₅	P = 0,10	NS	P < 0,001	J ₁₅ > J ₉	P < 0,01	J ₁₅ > J ₉
J ₁₂ vs J ₁₅	P = 0,10	NS	P = 0,93	NS	P = 0,18	NS

P < 0,05 : différence significative

P < 0,01 : différence très significative

P < 0,001 : différence hautement significative

NS : différence non significative

vs : *versus*

Evolution de l'infection

Le proventricule fait jonction entre l'intestin moyen et le canal de l'œsophage ; l'installation des trypanosomes suit vraisemblablement la topographie de cette portion du tractus digestif des mouches, comme le montrent les résultats de cette étude. Les formes mésocycliques semblent inféodées au proventricule. Leur morphologie et biologie, notamment la structure des mitochondries et l'utilisation de glucose, diffèrent de celles des formes procycliques (27). A ce double titre, le proventricule peut être considéré comme un second site du développement des trypanostigotes.

Robertson (22) et Sicé (24) ont signalé l'irrégularité des formes mésocycliques dans le proventricule qui serait due à l'exposition des mouches à un jeûne trop prolongé. Selon Sicé (24), ce jeûne contraindrait le parasite à s'abriter dans l'espace ectopéritrophique de l'intestin moyen. Un tel phénomène n'a pas été observé dans le présent travail, bien que les individus de *G. m. morsitans* aient été soumis à une diète de 72 h. Par contre, un taux de 68 à 80 p. 100 d'infection proventriculaire a été enregistré entre J₆ et J₁₅.

Kazadi et coll. ont fait mention ailleurs (9, 10) de la présence des trypanostigotes uniquement dans la lumière du proventricule. Cette étude révèle que ces formes sont rencontrées également en bordure de cet organe. Ce site semble correspondre à l'espace ectopéritrophique, dont la membrane est sécrétée par les cellules de types 1 à 3 du bourrelet annulaire (26). De par leur position, on peut supposer que les formes mésocycliques périphériques dérivent des formes procycliques intestinales, tandis que les formes mésocycliques centrales assurent la migration des trypanostigotes vers la portion antérieure du tractus digestif.

Chez les mouches infectées, les trypanosomes ont été rencontrés régulièrement dans le canal de l'œsophage. A l'instar des autres sites, cet organe ne semble initier aucune forme spécifique du parasite. Jusqu'à preuve du contraire, on peut raisonnablement supposer que le canal de l'œsophage ne constitue pas de site de développement biologique de trypanostigotes.

Il est intéressant de noter que les trypanosomes évoluent librement dans tous les sites examinés, sauf dans le proboscis où ils se fixent aux parois de la cavité labiale. Cette fixation est réalisée par hémidesmosome (25) et s'accompagne de la transformation des formes mésocycliques en formes épimastigotes, puis métacycliques. L'observation de quelques formes mésocycliques dans le proboscis suggère que cet organe n'est pas un milieu adéquat pour leur survie. Cela explique probablement la rapidité de leur transformation en formes épimastigotes et prémétacycliques. Welburn et Maudlin (28, 29) présumant que les trypanostigotes accomplissent leur maturation lorsqu'ils reçoivent un signal déclenché par les lectines. Il serait intéressant de savoir s'il existe une corrélation entre ce signal et la fixation du parasite aux parois labiales.

Taux d'infection

Dans cette étude, l'hypopharynx n'a pas été examiné car les données de Moloo (16), Moloo et Kutuza (17) n'ont pas révélé de différence significative du taux d'infections hypopharyngienne et labiale chez *G. morsitans centralis*, *G. austeni*, *G. palpalis palpalis* et *G. p. gambiensis* infectées par *T. congolense*. Par ailleurs, Thévenaz et Hecker (25) ont observé les trypanostigotes dans le labrum avec ou sans membrane de revêtement (VSG), indiquant que la transformation des formes épimastigotes en formes métacycliques n'est pas limitée strictement à l'hypopharynx.

Le cycle biologique de *T. congolense* chez la glossine a été donné comme variant entre 15 et 20 jours (11, 27), mais la durée de ce cycle a été évaluée à 3 à 7 jours chez *G. m. morsitans* infectée par *T. congolense* (28). Dans cette expérience, l'infection métacyclique précoce a été observée à J_6 . Ces résultats mettent en exergue la célérité de la métacyclogenèse chez 26 p. 100 de mouches infectées par *T. congolense* IL 1180. Ils confortent ainsi les observations de Kazadi et coll. (10) sur la précocité du cycle biologique chez certains individus de *G. m. morsitans* (Mall) infectés par *T. congolense* (ZRE/G143/90). Toutefois, Reifenberg et coll. (21) signalent que les mécanismes de maturation, s'ils sont en général précoces, peuvent aussi s'engager parfois tardivement.

Dans cette expérience, une CV de 54 et 52 p. 100, respectivement chez les mâles et les femelles, a été enregistrée. Cette CV a été calculée à partir de J_6 , moment où les premières infections matures ont été enregistrées. On peut se demander si la valeur de cette CV peut augmenter au fur et à mesure de la longueur du cycle car, dans une autre expérience utilisant la même association vecteur-trypanosome, Kazadi et coll. (soumis) ont observé une CV de 95,45 p. 100 en disséquant les mouches à J_{20} .

Influence du sexe

Fairbairn et Culwick (4), Clarke (2), Mwangelwa et coll. (19), Leak et Rowlands (13) admettent que la CV reste plus importante chez les mâles que chez les femelles, tandis que Reifenberg et coll. (21) affirment le contraire. Pour sa part, Moloo (16) signale l'inconstance de la CV entre les sexes. Dans le présent travail, aucune différence significative de la CV n'a été observée entre les mâles et les femelles. Ces données corroborent les observations de certains auteurs, notamment Ryan et coll. (23), Mohamed-Ahmed et coll. (15), Woolhouse et coll. (30), Kazadi et coll. (10) qui n'ont pas enregistré de différence de CV entre les sexes.

CONCLUSION

Ce travail confirme que l'évolution cyclique de *T. congolense* IL 1180 est de type ascendant. Chez les mouches infectantes de *G. m. morsitans* (Mall), l'observation microscopique a révélé que tout le tractus digestif grouillait de trypomastigotes qui apparaissaient par filiation croissante dans l'intestin moyen, le proventricule, le canal de l'œsophage et, enfin, dans le proboscis. Les formes procycliques ont été présentes à J_3 , tandis que les formes mésocycliques, épimastigotes et métacycliques ont été détectées à partir de J_6 chez 26 p. 100 d'individus. Ces résultats révèlent la précocité de la métacyclogenèse. La coexistence des infections procycliques et mésocycliques a été effective à J_0 . Le taux d'infection métacyclique des mouches semblait augmenter avec la longueur du cycle. Entre J_{12} et J_{15} , les indices procyclique et métacyclique et la CV n'ont pas révélé de différence significative entre les deux sexes.

Remerciements

Ce travail fait partie d'un programme de recherche financé par l'AGCD (Gouvernement belge). Les auteurs remercient le professeur docteur S. Geerts et le docteur R. De Deken de l'Institut de médecine tropicale d'Anvers, dont les suggestions et remarques ont permis d'améliorer le fond et la forme de ce manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

1. BUXTON P.A., 1955. The natural history of tsetse flies (Memoir No. 10, London School of Hygiene and Tropical Medicine). Londres, UK, H.K. Lewis and Co Ltd.

2. CLARKE A., 1969. Trypanosome infection in the mouthparts of Zambian tsetse flies. *Ann. trop. Med. Parasit.*, **63**: 15-34.
3. ELSÉN P., VAN HEES J., DE LIL E., 1993. L'histoire et les conditions d'élevage des lignées de glossines (Diptera, Glossinidae) maintenues à l'Institut de médecine tropicale Prince Léopold d'Anvers. *J. Afr. Zool.*, **107**: 439-449.
4. FAIRBAIRN H., CULWICK A.T., 1950. The transmission of the polymorphic trypanosomes. *Acta trop.*, **7**: 19-44.
5. GEIGY R., KAUFFMANN M., 1973. Sleeping sickness survey in the Serengeti area (Tanzania) 1971: Examination of large mammals for trypanosomes. *Acta trop.*, **30**: 12-23.
6. HERBERT W.J., LUMSDEN W.H.R., 1976. *Trypanosoma brucei*: a "matching" method for estimating the host parasitaemia. *Exp. Parasitol.*, **40**: 427-431.
7. HOARE C.A., 1972. The trypanosomes of mammals. A zoological monograph. Oxford, UK, Blackwell Scientific.
8. KAZADI J.M.L., ELSÉN P., JOCHEMS M., VAN HEES J., VAN DEN ABEELE J., KAGERUKA P., 1994. Amélioration de la technique de dissection du tractus digestif et des glandes salivaires des glossines pour la mise en évidence des divers stades de développement des trypanosomes. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **47**: 89-92.
9. KAZADI J.M., KAGERUKA P., LOSSON B., JOCHEMS M., VAN HEES J., 1996. Influence de l'intervalle du repas d'entretien sur la compétence vectorielle de *Glossina palpalis palpalis* (Mongo-Bemba, Zaïre) vis-à-vis de *Trypanosoma brucei brucei* EATRO 1125 - Morphologie et cycle du parasite. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **49**: 199-206.
10. KAZADI J.M., KAGERUKA P., MARTIN O., LOSSON B., VAN HEES J., 1996. Infection expérimentale de *Glossina morsitans morsitans* (Mall) par *Trypanosoma congolense* (ZRE/G143/90). Cycle du parasite et compétence vectorielle de la glossine. *Vet. Res.*, **27**: 579-587.
11. LAMBRECHT F.L., 1980. Ecological and physiological factors in the cyclic transmission of African trypanosomiasis. *Insect. Sci. Appl.*, **1**: 47-54.
12. LE RAY D., 1989. Vector susceptibility to African trypanosomes. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **69** (suppl.1): 165-171.
13. LEAK S.G.A., ROWLANDS G.J., 1997. The dynamics of trypanosome infections in natural populations of tsetse (Diptera: Glossinidae) studied using wing-fray and ovarian ageing techniques. *Bull. Ent. Res.*, **87**: 273-282.
14. LLOYD L., JOHNSON W.B., 1924. The trypanosome infections of tsetse flies in Northern Nigeria and a new method of their estimating. *Bull. Ent. Res.*, **14**: 265-288.
15. MOHAMED-AHMED M.M., AHMED A.I., ISHAG A., 1989. Trypanosome infection rate of *Glossina morsitans submorsitans* in Bahr el Arab, South Darfur Province, Sudan. *Trop. Anim. Health Prod.*, **21**: 239-244.
16. MOLOO S.K., 1981. Effects of maintaining *Glossina morsitans morsitans* on different hosts upon the vector's subsequent infection rates with pathogenic trypanosomes. *Acta trop.*, **38**: 125-136.
17. MOLOO S.K., KUTUZA S.B., 1988. Comparative infections rates of different laboratory strains of *Glossina* species by *Trypanosoma congolense*. *Med. vet. Entomol.*, **2**: 253-257.
18. MSHELBWALA A.S., 1972. *Trypanosoma brucei* infection in the haemocoel of tsetse flies. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **66**: 637-643.
19. MWANGELWA M.I., OTIENO L.H., REID G.D.F., 1987. Some barriers to *Trypanosoma congolense* development in *Glossina morsitans morsitans*. *Insect. Sci. Appl.*, **8**: 33-37.
20. OTIENO L.H., 1973. *Trypanosoma (Trypanozoon) brucei* in the haemolymph of experimentally infected young *Glossina morsitans*. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **67**: 886-887.
21. REIFENBERG J.M., CUISANCE D., GIDUDU A., CUNY G., DUVALLET G., FREZIL J.L., 1996. Evaluation de la capacité vectorielle de *Glossina tachinoides* (Diptera, Glossinidae) vis-à-vis de *Trypanosoma (Nannomonas) congolense*: Implications épidémiologiques. *Parasite*, **3**: 267-276.
22. ROBERTSON M., 1913. Notes on the life history of *Trypanosoma gambiense* with a brief reference to the cycles of *Trypanosoma nanum* and *Trypanosoma pecorum* in *Glossina palpalis*. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, **203**: 161-184.

23. RYAN L., KUPPER W., GOFF S.L., MOLYNEUX D.H., CLAIR M., 1982. Differences in rates of acquisition of trypanosome infections between *Glossina* species in the field. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **62**: 291-300.
24. SICE A., 1937. La trypanosomiase humaine en Afrique intertropicale. Paris, France, Vigot Frères.
25. THEVENAZ PH., HECKER H., 1980. Distribution and attachment of *Trypanosoma (Nannomonas) congolense* in the proximal part of the proboscis of *Glossina morsitans morsitans*. *Acta trop.*, **37**: 163-175.
26. TRONCY P.M., ITARD J., MOREL P.C., 1981. Précis de parasitologie vétérinaire tropicale. Paris, France, Ministère de la coopération et du développement, 717 p. (Manuels et précis d'élevage)
27. VICKERMAN K., TETLEY L., HENDRY K.A.K., TURNER M.R., 1988. Biology of African trypanosomes in the tsetse fly. *Biol. Cell.*, **64**: 109-119.
28. WELBURN S.C., MAUDLIN I., 1989. Lectin signalling of maturation of *T. congolense* infections in tsetse. *Med. vet. Entomol.*, **3**: 141-145.
29. WELBURN S.C., MAUDLIN I., 1990. Haemolymph lectin and maturation of trypanosome infections in tsetse. *Med. vet. Entomol.*, **4**: 43-48.
30. WOOLHOUSE M.E.J., BEALBY K.A., MCNAMARA J.J., SILUTONGWE J., 1994. Trypanosome infections of the tsetse fly *Glossina pallidipes* in the Luangwa valley, Zambia. *Intern. J. Parasitol.*, **24**: 987-993.
31. YORKE W., MURGATROYD F., HAWKING F., 1933. The relation of polymorphic trypanosomes developing in the gut of *Glossina* to the peritrophic membrane. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, **27**: 347-350.

Reçu le 18.6.98, accepté le 21.10.98

Summary

Kazadi J.M., Losson B., Kageruka P. Biological development of *Trypanosoma (Nannomonas) congolense* IL 1180 in *Glossina morsitans morsitans* Westwood 1851 (Diptera: Glossinidae)

Teneral *Glossina morsitans morsitans* (Mall) infected with *Trypanosoma congolense* IL 1180 were parasitologically examined from days 3 to 15 (D₃-D₁₅) at 72 h intervals. Microscopic examination of the digestive tract showed that on D₃ 75% of the flies were infected in the midgut only. On D₆, procyclic, mesocyclic and metacyclic forms were observed in 82, 74 and 26% of the flies, respectively. Metacyclic forms found on D₆ revealed the precocity of the parasite biological cycle. From D₉ on, all midgut infected flies also developed trypomastigotes in the proventriculus and esophagus. Occasionally, mesocyclic forms were observed in the proboscis of flies with mature infections. In addition, epimastigote and metacyclic forms were clustered in several groups fixed to the labial walls. With no sex distinction, the procyclic index changed between various cycle periods. The metacyclic infection rate showed a progressive increase between D₆-D₁₅. This increase also concerned the vectorial competence, except for the period D₉-D₁₂. Global values of vectorial competence calculated from D₆ on were 0.5381 for males and 0.5194 for females. They did not show significant differences between sexes.

Key words: *Glossina morsitans morsitans* - *Trypanosoma congolense* - Life cycle - Site.

Resumen

Kazadi J.M., Losson B., Kageruka P. Desarrollo biológico de *Trypanosoma (Nannomonas) congolense* IL 1180 en la *Glossina morsitans morsitans* Westwood 1851 (Diptera: Glossinidae)

Se llevó a cabo un seguimiento parasitológico de moscas tenerales de *Glossina morsitans morsitans* (Mall), infectadas por *Trypanosoma congolense* IL 1180, a intervalos de 72 h, de día 3 a día 15 (D₃-D₁₅). La observación microscópica del tracto digestivo demostró que a D₃, 75% de las moscas estaban infectadas únicamente en el intestino medio. A D₆, las formas pro cíclicas, meso cíclicas y meta cíclicas se observaron respectivamente en 82, 74 y 26% de las moscas. La detección de las formas meta cíclicas al D₆ indica la precocidad del ciclo biológico del parásito. A partir del D₉, todas las moscas infectadas en el intestino medio presentaron igualmente tripomastigotos en el proventrículo y el canal del esófago. En las moscas infectantes, las formas meso cíclicas se observaron ocasionalmente en la proboscis. Por otro lado, las formas epimastigotas y meta cíclicas se agruparon en varios islotes rosáceos, fijados a las paredes de la cavidad labial. En los dos sexos confundidos, el índice pro cíclico mostró variaciones entre los diferentes períodos del ciclo. La tasa de infección meta cíclica reveló entre D₆ y D₁₅ una progresión creciente. Esta progresión involucró igualmente a la competencia vectorial (CV), excepto para el período comprendido entre D₉ y D₁₂. Los valores globales de CV, calculados a partir de D₆, fueron de 0,5381 para los machos y de 0,5194 para las hembras. Estos valores no mostraron diferencias significativas entre los dos sexos.

Palabras clave: *Glossina morsitans morsitans* - *Trypanosoma congolense* - Ciclo vital - Sitio.

Infections trypanosomiennes chez des bovins dans la zone Sud-soudanienne du Burkina Faso

Z. Bengaly¹ R. Ganaba¹ I. Sidibe¹ G. Duvallet²

Mots-clés

Bovin - *Trypanosoma vivax* - *Trypanosoma congolense* - Morbidité - Burkina Faso.

Résumé

Afin d'évaluer la prévalence apparente des infections trypanosomiennes et quelques facteurs de variation chez les bovins dans la zone Sud-soudanienne du Burkina Faso, 1 796 animaux répartis dans cinq provinces ont été prélevés entre 1994 et 1995, pour la recherche de trypanosomes par l'examen microscopique du *buffy coat* et du frottis sanguin coloré au Giemsa. Dans quatre des provinces prospectées en saison des pluies (juillet-août), la prévalence apparente a varié entre 7,6 p. 100 (intervalle de confiance : 4,9-11,3 p. 100) et 12,2 p. 100 (IC : 8,9-16,3 p. 100). Celle-ci a été de 4,9 p. 100 (IC : 2,7-8,4 p. 100) pour l'unique province où l'enquête a été effectuée en saison sèche (mars). Des facteurs de variation étudiés (province, zone d'encadrement d'élevage, phénotype animal, classe d'âge), seules la zone d'élevage et la classe d'âge semblent avoir eu un effet significatif sur la prévalence des infections chez les animaux. Une diminution en particulier de la prévalence à *Trypanosoma vivax* avec l'âge, alors que c'était l'inverse pour *T. congolense*, a été observée. L'espèce *T. vivax* était prédominante (64 p. 100 des infections totales), suivie par *T. congolense* (46,6 p. 100) et *T. brucei* (2,5 p. 100). Il y a eu 13 p. 100 d'infections mixtes et les infections à *T. vivax* étaient positivement associées à celles à *T. congolense*.

■ INTRODUCTION

La zone Sud-soudanienne du Burkina Faso est, depuis les sécheresses consécutives des années 1973-1974 et 1983-1984, une zone d'accueil des bovins du Nord et du Centre, essentiellement de race zébu, à la recherche de pâturages et d'eau (7). Or, la trypanosomose animale sévit dans ces zones humides d'Afrique de façon générale et constitue l'un des obstacles majeurs à la survie des zébus et à l'expression du potentiel de productivité des taurins et des métis qui y vivent (5). Les bases de la lutte intégrée contre cette maladie (chimiothérapie, chimioprophylaxie, contrôle des vecteurs, etc.) doivent se fonder sur la connaissance approfondie de son épidémiologie à savoir l'étude de la prévalence, sa saisonnalité et les interrelations hôte-vecteur. Les études menées au Burkina Faso à l'échelle du terroir villageois ont indiqué des prévalences de l'ordre de 4 à 25 p. 100 autour de la zone d'aménagement pastoral de Sidéradougou (3), de 80 p. 100 à Satiri (2) et enfin de 18 à 78 p. 100 à Samorogouan (1). Ces données corres-

pondent à des situations épidémiologiques particulières (forte pression glossinienne liée à l'existence de forêts classées et de galeries forestières, présence de souches de trypanosomes chimiorésistants, présence importante de zébus) et ne peuvent refléter celles de toute la zone Sud-soudanienne. La présente étude a été réalisée pour recueillir des données complémentaires sur la prévalence de la trypanosomose et quelques facteurs de sa variation dans l'ensemble de cette zone à travers des sondages ponctuels effectués ces dernières années.

■ MATERIEL ET METHODES

La zone Sud-soudanienne, située entre 5 et 12,5° de latitude Nord et 0,5 et 5,5° de longitude Ouest, représente 32 p. 100 du territoire national. Elle est composée de huit provinces dont chacune est divisée en six ou huit zones d'encadrement de l'élevage. Les glossines rencontrées sont *Glossina tachinoides*, *G. palpalis gambiensis* (le long des galeries forestières), *G. morsitans submorsitans* (dans la savane) et *G. medicorum* (localisée dans les grosses formations végétales à la frontière avec la Côte d'Ivoire) (4).

Le choix des animaux a été effectué selon un mode d'échantillonnage à plusieurs niveaux (zones, villages, troupeaux, individus). Trois à quatre zones d'encadrement de l'élevage ont été choisies

1. Cirades, 01 BP 454, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso
Tél. : +226 97 22 87/97 20 53 ; Fax : +226 97 23 20

2. Cirad-emvt, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

dans chacune des cinq provinces étudiées (figure 1). Dans chaque zone au moins deux villages ont été retenus. Environ un tiers des troupeaux a été sélectionné dans chaque village. A chacune de ces étapes, les unités d'échantillonnage ont été choisies selon le mode aléatoire simple. Enfin, dans chaque troupeau, les animaux ont été soumis à l'échantillonnage systématique. Le nombre d'animaux a été défini selon le mode d'allocation proportionnelle. Au total, 1 796 bovins appartenant à 169 troupeaux ont été examinés. Leur répartition, en fonction des provinces, est présentée dans le tableau I.

Les prélèvements sanguins ont été effectués à l'aide de tubes contenant un anticoagulant (héparine), au niveau de la veine jugulaire, pour la recherche de trypanosomes. Le sang collecté a été soumis sur place à une centrifugation différentielle dans un microtube capillaire. Puis, le microtube a été sectionné et le *buffy coat* a été examiné en microscopie à fond noir (grossissement x 400) après un étalement entre lame et lamelle (10). En outre, un étalement de sang total a été réalisé systématiquement pour être examiné au laboratoire après fixation au méthanol et coloration au Giemsa (12) afin de compléter les examens parasitologiques réalisés sur le terrain.

Tous les prélèvements ont été effectués en saison des pluies (juillet à septembre 1994), à l'exception de la province de la Comoé où ils ont été effectués en saison sèche (mars 1995), pour des raisons d'inaccessibilité.

Les analyses statistiques ont consisté à calculer les prévalences des infections et à en déterminer les intervalles de confiance (IC) au seuil de 95 p. 100. Les comparaisons statistiques des prévalences ont été faites selon le test de correction de continuité des intervalles (13). Un animal est considéré infecté si l'examen de son sang a révélé la présence de trypanosomes pathogènes par l'examen du *buffy coat* ou par celui du frottis coloré. L'association de la présence des différentes espèces de trypanosomes chez les animaux a été estimée par la méthode loglinéaire.

■ RESULTATS ET DISCUSSION

La prévalence apparente des infections trypanosomiennes chez les bovins était peu élevée à l'échelle de l'ensemble de la population étudiée et sujette à une faible variation d'une province à l'autre. Par contre, une variation très importante a été souvent obtenue entre des zones d'encadrement de l'élevage appartenant à une même province (tableau II).

Cette variation pouvait être liée à l'utilisation peu ou très répandue d'insecticides contre les glossines et, ou des trypanocides en fonction de la province et surtout de la zone d'encadrement de l'élevage. Dans la zone de Samorogouan, la faible prévalence observée pouvait résulter des traitements épicutanés des animaux par *pour-on* à l'aide d'un insecticide (deltaméthrine : 1 p. 100) institués par les communautés rurales depuis la mise en place d'une campagne de lutte antivectorielle de 1989 à 1992 au Ceziét * (1). Dans les zones de Banfora et de Founzan, la plupart des troupeaux avaient dû être traités avec un trypanopréventif peu avant l'examen des prélèvements sanguins car les éleveurs des sites sélectionnés respectaient rigoureusement les calendriers thérapeutiques préconisés par les techniciens d'élevage pour lutter contre les principales contraintes sanitaires dont la trypanosomose. La diversité probable des différentes espèces de glossines présentes sur les sites et des systèmes d'élevage (transhumant ou sédentaire) pouvaient également avoir influé sur les prévalences trypanosomiennes obtenues, mais leur impact n'a pu être évalué.

Les prévalences obtenues dans cette étude étaient faibles par rapport à celles rapportées à Satiri (2) et à Samorogouan (1). Ceci pouvait être lié aux conditions épidémiologiques particulières caractérisées par une forte pression glossinienne notamment due à *Glossina morsitans submorsitans* et à la prédominance d'animaux de race zébu présumés trypanosensibles au niveau de ces deux sites au moment des investigations précédentes.

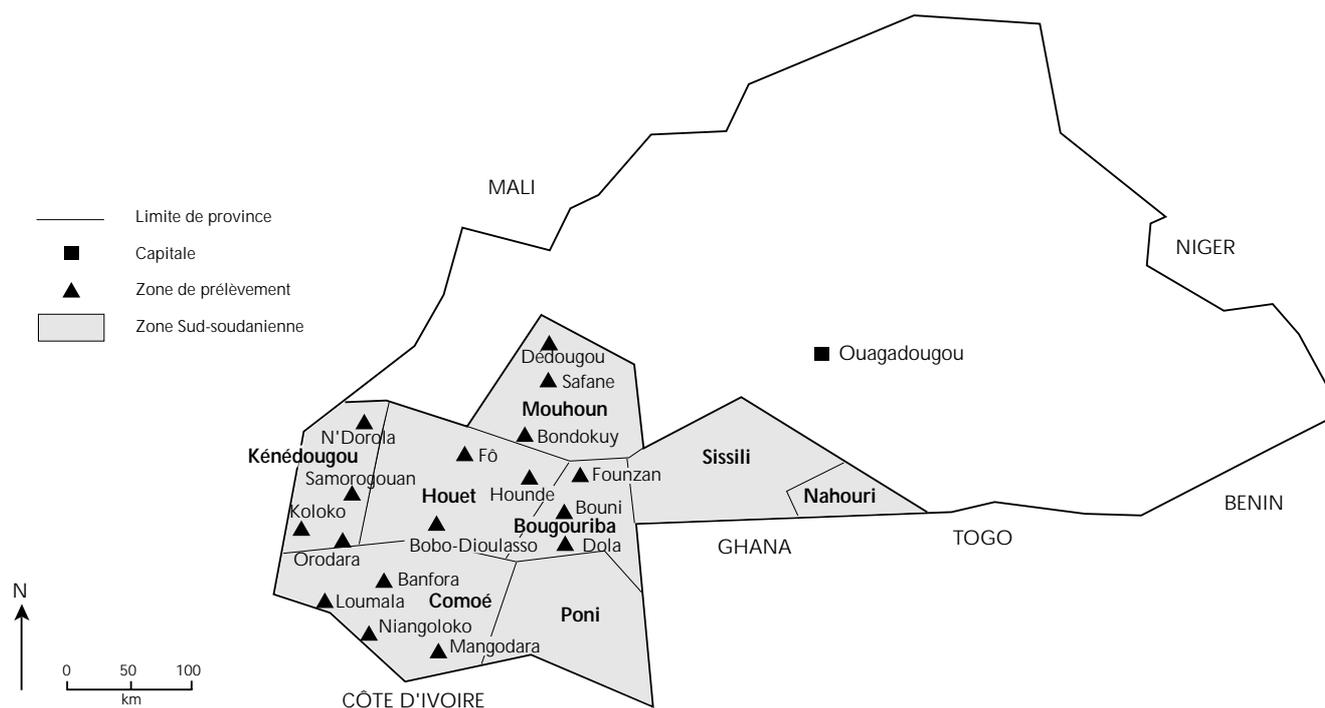


Figure 1 : zone Sud-soudanienne du Burkina Faso.

* Centre d'encadrement des zones d'intensification de l'élevage traditionnel

Tableau I

Répartition des animaux échantillonnés dans cinq provinces de la zone Sud-soudanienne du Burkina Faso

Zone	Province					Total
	Bougouriba	Comoé	Houet	Kenedougou	Mouhoun	
Dolo	123					
Guéguéré	55					
Founzan	151					
Banfora		55				
Loumana		65				
Niangoloko		39				
Mangodara		105				
Bobo-Dioulasso			32			
Houndé			107			
Fô			131			
Padema			122			
Orodara				181		
Koloko				83		
Samorogouan				97		
Ndorola				148		
Dédougou					85	
Bondoukuy					83	
Safane					134	
Total (nb. d'animaux)	329	264	392	509	302	1 796
Métis (Baoulé x Zébu)	92	135	112	168	230	737
Baoulé	14	53	58	30	02	157
Zébu	223	76	222	311	70	902
< 1 an	45	18	08	38	07	116
1-2 ans	101	58	57	105	49	370
> 2 ans	182	182	323	325	246	1 258
ND	01	06	04	41		52
Mâle	111	57	169	145	48	530
Femelle	217	200	217	341	253	1 228
ND	01	07	06	23	01	38

ND : non déterminé

L'étude des facteurs intrinsèques de variation a montré que le phénotype animal n'a pas semblé influencer sur la prévalence apparente des infections trypanosomiennes. Les animaux de phénotype zébu ont semblé plus infectés que les Baoulés et les Métis mais les différences observées n'étaient pas significatives (tableau III). Cela pouvait suggérer que le risque trypanosomien était le même pour ces trois phénotypes mais que ceux qui avaient présenté de faibles prévalences apparentes étaient plus aptes à contrôler la parasitémie.

En revanche, la prévalence trypanosomienne a semblé diminuer avec l'âge des animaux. L'immunité acquise progressivement avec l'âge pouvait constituer un facteur déterminant. En particulier, une diminution de la prévalence à *Trypanosoma vivax* a été observée avec l'âge, alors que c'est l'inverse qui a été observé avec *T. congolense* (tableau III).

La prédominance des infections à *T. vivax* chez les veaux a déjà été observée au Burkina Faso dans la zone d'aménagement pastoral de Sidéradougou (6). Des observations similaires ont également été rapportées au Nord de la Côte d'Ivoire (11) et au Zaïre (9).

Ce phénomène pouvait être dû à l'immunité acquise progressivement avec l'âge en particulier contre l'espèce *T. vivax* en raison de sa variabilité antigénique plus limitée comparée à celle de *T. congolense* (12). L'influence du mode de conduite des veaux, caractérisé par la mise au piquet ou le gardiennage à proximité des habitations qui réduit ainsi leur contact avec des gîtes potentiels de glossines vectrices de *T. congolense* (savanes boisées et galeries forestières), était également probable.

A l'échelle de la population étudiée, *T. vivax* était prédominant (64 p. 100 du total), suivi par *T. congolense* (46,6 p. 100) et *T. brucei* (2,5 p. 100). L'analyse des infections mixtes (13 p. 100 du total) a montré que la détection d'une infection à *T. vivax* était positivement associée à celle de *T. congolense*. La prédominance de *T. vivax* sur les autres espèces de trypanosomes et son association fréquente avec *T. congolense* ont été observées chez les bovins du pays Lobi à l'extrême Sud-Ouest du Burkina Faso (Bassinga et coll., en préparation). La forte prévalence de *T. vivax* comparée à celle de *T. congolense* suggère l'importance du contact entre les animaux et, soit les glossines du groupe *palpalis* connues comme des vecteurs efficaces de *T. vivax* (8), soit d'autres insectes piqueurs connus comme vecteurs mécaniques.

Tableau II

Prévalence apparente des infections trypanosomiennes chez les bovins en fonction de la province et de la zone d'encadrement d'élevage

Province	Prévalence par province % (IC)	Zone d'encadrement d'élevage	Prévalence par zone % (IC)
Bougouriba	12,2 (8,9-16,3)	Dolo	20,3 (13,8-8,7)
		Guéguéré	21,8 (12,2-35,3)
		Founzan	2,0 (0,5-6,1)
Comoé	4,9 (2,7-8,4)	Banfora	0,0 (0-8,1)
		Loumana	9,2 (3,8-19,6)
		Niangoloko	7,7 (2-21,9)
		Mangodara	3,8 (1,2-10,0)
Houet	9,2 (6,5-12,5)	Bobo-Dsso	9,4 (2,4-26,1)
		Houndé	4,7 (1,7-11,0)
		Fô	13,7 (8,5-21,1)
		Padema	8,2 (4,2-14,9)
Kenedougou	9,6 (7,2-12,6)	Orodara	12,8 (8,4-18,7)
		Koloko	19,3 (11,7-29,7)
		Samorogouan	1,0 (0-6,4)
		Ndorola	6,0 (2,9-11,4)
Mouhoun	7,6 (4,9-11,3)	Dédougou	16,5 (9,6-26,4)
		Bondoukuy	3,6 (0,9-10,9)
		Safane	4,5 (1,8-9,9)
Total	9 (7,7-10,4)	-	-

IC : intervalle de confiance

Tableau III

Prévalence apparente des infections trypanosomiennes chez les bovins en fonction du phénotype et de la classe d'âge

	Espèce de trypanosomes	Phénotype animal			Classe d'âge		
		Métis (IC)	Zébu (IC)	Baoulé (IC)	< 1 an (IC)	1-2 ans (IC)	> 2 ans (IC)
Prévalence spécifique %	<i>T. brucei</i>	0 (0-0,6)	0,4 (0,1-12,1)	0,6 (0-4,0)	0 (0-0,07)	0 (0,02-1,2)	0,07 (0,0-0,5)
	<i>T. congolense</i>	4,9 (3,4-6,7)	3,9 (2,7-5,4)	1,9 (0,4-5,9)	3,4 (1,1-9,1)	0,8 (0,02-2,5)	4,8 (3,6-6,1)
	<i>T. vivax</i>	2,9 (1,9-4,5)	5,4 (4,0-7,1)	7 (3,7-12,4)	15,5 (9,7-23,6)	6,2 (4-9,3)	4,5 (3,4-5,8)
Prévalence totale %	-	7,7 (5,9-9,9)	10 (8,1-10,1)	8,9 (5,1-14,7)	16,4 (10,3-14,6)	7,8 (5,3-11,1)	8,3 (6,9-10)

IC : intervalle de confiance

CONCLUSION

Cette étude a montré une faible variation de la prévalence apparente de la trypanosomose chez les bovins de la zone Sud-soudanaïenne entre les provinces et entre les phénotypes qui y résidaient. La variation n'était importante qu'entre certaines zones d'encadrement d'élevage appartenant à une même province et entre certaines classes d'âge. A l'échelle de l'ensemble de la population, la présence d'une infection à *T. vivax* était positivement associée à celle à *T. congolense*.

Les investigations doivent être approfondies par une étude de l'incidence de la trypanosomose, son impact sur les performances de productivité des bovins et les implications socio-économiques et culturelles, particulièrement à l'échelle des terroirs bien ciblés. Les données recueillies serviront de base à l'élaboration de stratégies de contrôle de la maladie, indispensables à toute promotion de l'élevage dans cette zone.

Remerciements

Nous tenons à remercier la section Santé et production animale de l'Aiea et le Cirad-emvt pour le financement de cette étude. Nous

exprimons notre gratitude aux docteurs R. Dwinger et D. Cuisance pour leur correction du manuscrit, leurs conseils et appuis. Ce travail est le fruit de la collaboration avec les Services provinciaux des ressources animales (Spra) du Burkina Faso auxquels nous adressons nos sincères remerciements.

BIBLIOGRAPHIE

1. BAUER B., AMSLER-DELAFOSSÉ S., CLAUSEN P.H., KABORE I., PETRICH-BAUER J., 1995. Successful application of deltamethrin pour-on to cattle in a campaign against tsetse flies *Glossina* spp. in the pastoral zone of Samorogouan. *Trop. Med. Parasitol.*, **46**: 183-189.
2. BAUER B., KABORE I., LIEBISCH A., MEYER F., PETRICH-BAUER J., 1992. Simultaneous control of ticks and tsetse flies in Satiri, Burkina Faso, by the use of flumethrin pour-on for cattle. *Trop. Med. Parasitol.*, **43**: 41-46.
3. BAUER B., PETRICH-BAUER J., KABORE I., KOUROUMA B., MATTAUSCH M., SOME J., TAMBOURA I., 1988. Epidemiological survey in the pastoral zone of Sideradougou, Burkina Faso. In: Proc. int. Symp. on Modern insect control (Nuclear techniques and biotechnology), Vienna, Austria, 16-20 November 1987. Vienna, Austria, AIEA, p. 139-149.
4. CHALLIER A., LAVEISSIERE C., 1977. La répartition des glossines en Haute-Volta. Une carte couleur au 1/200 000^e et notice explicative. Paris, France, Orstom.
5. FAO, 1983. La trypanosomiase animale africaine. Rome, Italie, Fao, 78 p. (Production et santé animale, vol. 37)
6. GAUTHIER C., 1996. Contribution à la connaissance de la situation épidémiologique de la trypanosomose bovine dans la zone de Sideradougou. Mém. Dess Productions animales en région chaude, Cirad-emvt, Montpellier, France, 53 p.
7. M.A.R.A., 1989. Etude prospective du sous-secteur élevage au Burkina Faso. Rapport de synthèse, tome I. Paris, France, Ministère de l'Agriculture et des ressources animales, 364 p.
8. MOLOO S.K., KUTUZA S.B., 1988. Comparative study on the infection rates of different laboratory strains of *Glossina* species by *Trypanosoma congolense*. *Med. vet. Entomol.*, **2**: 253-257.
9. MULUNGO M., D'ETEREN G., FERON A., ITTY P., MAEHL M., NAGDA S., PALING P., RARIEYA M., THORPE W., TRAIL J.C.M., 1987. La trypanosomiase chez les bovins N'dama au Zaïre et ses effets sur la santé et la production. In : XIV^e réunion du conseil scientifique pour la recherche et la lutte contre la trypanosomiase, Lomé, Togo, 30 mars - 3 avril 1987, p. 530-533.
10. MURRAY M., MURRAY P.K., McINTYRE W.M., 1977. An improved parasitological technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **71**: 325-326.
11. SCHUTTERLE A., COULIBALY L., DIARRASSOUBA I., D'ETEREN G., ITTY P., KONIN N., MAEHL M., MAHAMAT B., NAGDA S., PALING P., RARIEYA M., THORPE W., TRAIL J.C.M., 1987. L'influence des infections trypanosomiennes sur les paramètres sanitaires et zootechniques au nord de la Côte d'Ivoire. In : XIV^e réunion du conseil scientifique pour la recherche et la lutte contre les trypanosomiasés, Lomé, Togo, 30 mars - 3 avril 1987, p. 521-525.
12. TRONCY P.M., ITARD J., MOREL P.C., 1981. Précis de parasitologie vétérinaire tropicale. Paris, France, Ministère de la coopération et du développement, 717 p. (Manuels et précis d'élevage)
13. VOLLSET S.E., 1993. Confidence intervals for the binomial proportion. *Stat. Med.*, **12**: 809-824.

Reçu le 13.1.98, accepté le 18.11.98

Summary

Bengaly Z., Ganaba R., Sidibe I., Duvallet G. Trypanosome infections in cattle in the South-Sudanese area of Burkina Faso

In five provinces of the South-Sudanese area of Burkina Faso 1796 cattle were sampled between 1994 and 1995 for the presence of trypanosome infections using the buffy coat technique and Giemsa stained blood smears. The apparent prevalence of trypanosome infections and some variation factors were assessed. The investigations took place during the rainy season (July-August) in four provinces, where prevalence rates varied between 7.6 and 12.2% (4.9-11.3% and 8.9-16.3% confidence intervals, respectively). In the only province investigated during the dry season (March) the prevalence was 4.9% (2.7-8.4% CI). Of the studied variation factors (province, livestock monitored area, animal phenotype and age group), only the livestock area and age group showed a significant effect on the infection prevalence in the animals. Particularly, a decrease of *T. vivax* prevalence was associated with age, while the opposite was observed with *T. congolense*. *T. vivax* was the most common species (64% of total infections), followed by *T. congolense* (46.6%) and *T. brucei* (2.5%). There were 13% mixed infections and *T. vivax* infections were positively associated with *T. congolense*'s.

Key words: Cattle - *Trypanosoma vivax* - *Trypanosoma congolense* - Morbidity - Burkina Faso.

Resumen

Bengaly Z., Ganaba R., Sidibe I., Duvallet G. Infecciones tripanosómicas en bovinos en la zona sud sudanesa de Burkina Faso

Con el fin de evaluar la prevalencia aparente de infecciones tripanosómicas y de algunos factores de variación en los bovinos en la zona sud sudanesa de Burkina Faso, se tomaron muestras de 1 796 animales, distribuidos en cinco provincias, entre 1994 y 1995, para identificar tripanosomas mediante el examen microscópico de *buffy coat* y por frotis sanguíneo con colorante de Giemsa. En cuatro de las provincias estudiadas durante la estación lluviosa (julio-agosto), la prevalencia aparente varió entre 7,6% (intervalo de confianza: 4,9-11,3%) y 12,2% (IC: 8,9-16,3%). Esta fue de 4,9% (IC: 2,7-8,4%) en la única provincia en que la encuesta se efectuó durante la estación seca (marzo). Los factores de variación estudiados (provincia, zona de producción, fenotipo animal, rango de edad), únicamente la zona de producción y el rango de edad parecen tener un efecto significativo sobre la prevalencia de las infecciones en los animales. En particular, se observó una disminución de la prevalencia de las infecciones por *Trypanosoma vivax* con la edad, inversamente a las de *T. congolense*. La especie *T. vivax* fue predominante (64% del total de las infecciones), seguida por *T. congolense* (46,6%) y *T. brucei* (2,5%). Hubo 13% de infecciones mixtas y las infecciones por *T. vivax* estuvieron positivamente asociadas a las de *T. congolense*.

Palabras clave: Ganado bovino - *Trypanosoma vivax* - *Trypanosoma congolense* - Morbilidad - Burkina Faso.

Analysis of pastoral camel husbandry in Northern Kenya

B. Kaufmann

□ Le dromadaire est l'objet, actuellement, de bien des sollicitudes des chercheurs, à l'inverse semble-t-il des bailleurs de fonds qui ont eu tendance à délaisser depuis quelques années les zones arides et semi-arides. Gageons qu'il ne s'agit que d'un repli temporaire et que l'on pourra s'appuyer sur les travaux des « caméologues » de différents pays pour bâtir d'utiles projets de développement dans les régions où le dromadaire demeure l'acteur central de l'activité économique agricole. Les travaux de Brigitte Kaufmann s'inscrivent parfaitement dans cette perspective d'une meilleure connaissance des systèmes d'élevage camélins, d'autant plus que les résultats acquis par l'auteur, l'ont été dans le cadre d'un projet de développement de l'élevage pastoral de région de Marsabit (Nord-Kenya) piloté par la Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).

L'ouvrage est en fait une thèse et est construit à la manière d'un mémoire de thèse classique, comprenant une partie bibliographique et une partie (la plus importante) relative à l'étude elle-même des systèmes camélins de la zone. La partie bibliographique est relativement succincte. On y rappelle les grands principes de l'approche système en se focalisant surtout sur les modèles bio-économiques popularisés par les travaux de Pittroff et Cartwright (1990) sur les élevages bovins soumis à la moulinette de modèles mathématiques déterminés par les interactions ressources/troupeaux.

Les différents types de modèles étant rappelés, la revue bibliographique s'intéresse ensuite au pastoralisme, à ce qui constitue ses caractéristiques (ressources, gestion de ces ressources et du troupeau, gestion du risque, organisation des producteurs) et l'évaluation de ses performances. L'auteur n'entre dans le vif du sujet (les systèmes d'élevage camélin) qu'après ce long détour sur les modèles systémiques et le pastoralisme sans révéler clairement le fil directeur. Les objectifs de l'auteur s'éclairent au fur et à mesure de la lecture des résultats de la partie technique du livre, de loin la plus intéressante. En effet, les rappels sur les systèmes camélins (population, races, performances, gestion des troupeaux, production) sont trop généraux pour apporter un éclairage original.

L'étude porte sur une région faisant partie intégrante de la « Corne de l'Afrique » où l'économie caméline est de première importance puisque s'y concentre près de 60 p. 100 du cheptel mondial estimé. Région semi-aride, à vocation pastorale, la zone d'étude est habitée par des Rendille, des Gabra et des Somali, peuples de pasteurs chameliers depuis des temps immémoriaux. L'auteur décrit par le menu les questionnaires servant de base à son enquête zootechnique et sanitaire, le but étant d'identifier les paramètres (par exemple, l'intervalle entre les mises bas, les taux de mortalité et de réforme, les besoins en énergie, la croissance pondérale, la production laitière permettant d'alimenter le modèle bio-économique dit « PRY » (nom commercial) dont les composants principaux font appel à des éléments démographiques et de production).

Les résultats sont d'abord descriptifs et insistent sur la gestion (allotement, abreuvement, complémentation minérale, reproduction, traitements et prophylaxie, soins aux jeunes, collecte du lait, castration, commercialisation) et sur les performances proprement dites (âge à la première mise bas, intervalle entre mises bas, mortalité, taux de réforme, production laitière, productivité numérique). A partir des indicateurs de troupeaux, il est possible d'alimenter le modèle PRY en question, ce qui permet d'obtenir deux indicateurs de productivité : la valeur de la production en énergie brute (*output value in gross energy*) exprimée en mégajoules et la valeur de

la production en unités monétaires (*output value in monetary units*) exprimée en shillings kenyans. Ces résultats globaux permettent de comparer les performances des trois systèmes identifiés sur une base ethnique (Rendille, Gabra et Somali). Les possibilités d'amélioration de ces performances sont analysées (âge à la première mise bas, mortalité des jeunes, production laitière) et les effets sur les résultats économiques sont simulés en s'appuyant sur le modèle précédemment utilisé, et ce, pour chacun des systèmes étudiés. L'étude conclut que le système Somali est le plus performant.

Les résultats sont abondamment discutés et cette discussion s'appuie sur une bibliographie assez riche bien qu'incomplète. L'auteur a pu bénéficier cependant des nombreux travaux mis en œuvre dans cette région par le projet de la GTZ (à commencer, par exemple, par l'ouvrage de Schwartz et Dioli sur le dromadaire en Afrique de l'Est). On peut se réjouir également que la restitution des résultats aux pasteurs a représenté une étape affichée du dispositif de recherche. Il est en effet encore trop fréquent de constater que les personnes interrogées au cours de l'enquête sont considérées comme de simples pourvoyeurs d'informations. L'approche participative intégrant les acteurs de l'élevage dans les différentes étapes de l'étude (collecte de l'information, restitution des résultats, analyse des améliorations possibles avec les éleveurs) témoigne du sérieux et de la pertinence des travaux faisant l'objet du présent ouvrage. Il est donc recommandé non seulement aux « caméologues » et aux « pastoralistes », mais à tous ceux qui sont confrontés à l'analyse des systèmes de production en zone pastorale où les contraintes à la collecte des informations sont trop souvent présentées comme insurmontables.

Bernard FAYE
Cirad-emvt

Kaufmann B., 1998. Analysis of pastoral camel husbandry in Northern Kenya, 195 p. (Hohenheim Tropical Agricultural Series 5). Margraf Verlag, PO Box 1205, 97985 Weikersheim, Germany. Tel.: +49 79 34 30 71; Fax: +49 79 34 81 56 E-mail: MARGRAF@compuserve.com DM 42.00 / US\$ 32.00

Productivité et utilisation de *Calliandra calothyrsus* pâturé par le cerf rusa en fonction de sa densité de plantation et de sa hauteur de recépage

C. Corniaux ^{1*} S. Le Bel ¹ J.M. Sarrailh ²

Mots-clés

Cervidae - *Cervus timorensis rusa* - *Calliandra calothyrsus* - Gestion - Plantation - Nouvelle-Calédonie.

Résumé

Réalisée en Nouvelle-Calédonie, cette étude montre que les meilleures productivités annuelles de *Calliandra calothyrsus* (provenance San Ramon) sont obtenues lorsqu'ils sont recépés trimestriellement à 1 m de hauteur pour une densité de plantation de 10 000 pieds par hectare (2 m x 0,5 m ou 1 m x 1 m, avec respectivement 9,40 et 9,67 t de matière sèche produite par hectare par an). Dans ces conditions, les refus sur les arbustes pâturés par le cerf rusa sont les plus faibles (respectivement 1,15 et 1,26 t MS/ha/an) et, par conséquent, l'ingéré y est maximal (respectivement 8,25 et 8,41 t MS/ha/an). Compte tenu de son comportement alimentaire, l'association cerf rusa-*Calliandra calothyrsus* est particulièrement prometteuse. Cet arbuste pourrait ainsi se substituer efficacement au *Leucaena leucocephala*, parasité par le psylle, dans les élevages de cervidés.

■ INTRODUCTION

En Nouvelle-Calédonie, comme dans la plupart des pays de la zone Pacifique (Australie, Indonésie), les ressources fourragères ont été sensiblement réduites depuis 1986 à la suite de la régression importante des populations de *Leucaena leucocephala* parasitées par le psylle (*Heteropsylla cubana*) (3, 10, 27). Les solutions envisagées ont associé la lutte biologique par l'utilisation d'insectes prédateurs (4) et le recours à d'autres arbustes résistants au psylle (3). Parmi ceux-ci figurent certaines espèces locales ou exotiques dont la nature et le mode d'exploitation sont actuellement à l'étude (5, 6). Dans ce cadre, *Calliandra calothyrsus*, comparé notamment avec *Gliricidia sepium* ou *Acacia ampliceps*, semble particulièrement prometteur (26).

Par ailleurs, l'élevage du cerf rusa (*Cervus timorensis rusa*) s'est sensiblement développé en Nouvelle-Calédonie ces dix dernières années (13). Son alimentation, plus particulièrement la gestion de ressources fourragères adaptées à son comportement alimentaire, apparaît pourtant comme un facteur limitant pour cette production. En tant que consommateur d'herbacées et de fourrages aériens, son élevage justifie des efforts de diffusion d'arbustes fourragers pour les pâturages artificiels ou les parcours extensifs.

Dans ce contexte, un programme de recherche a été entrepris afin de connaître et de maîtriser l'utilisation par les cerfs rusa du *Calliandra calothyrsus*. L'un des principaux axes de travail a été de gérer l'exploitation des arbustes fourragers dans les conditions de pâturage. Cette étude présente la production de parcelles de *Calliandra calothyrsus* en fonction de leur densité de plantation et de leur hauteur de recépage. Des estimations des quantités ingérées par les cerfs y sont également présentées.

■ MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

La Nouvelle-Calédonie est un archipel de 18 575 km² situé à proximité du Tropique du Capricorne entre 18 et 23° de latitude S. La température moyenne est comprise entre 22 et 24 °C, allant d'un maximum en février à un minimum en juillet-août. Sur la façade Ouest de l'île, la moins arrosée, la pluviométrie varie de 800 à 1 500 mm avec une saison des pluies (janvier à mars) et une saison sèche (septembre à décembre) relativement marquées. Durant cette étude (avril 1996-avril 1997), la pluviométrie relevée sur la station expérimentale de Port-Laguerre a été de 1 178 mm relativement bien répartis tout au long de l'année, c'est-à-dire sans période sèche prolongée. La température moyenne s'est élevée à 22,3 °C. L'essai a été établi sur des sols bruns (pente), qui présentaient de faibles réserves en eau, et sur des vertisols (bas de pente).

1. Cirad-élevage, Port-Laguerre, BP 186, 98 848 Nouméa, Nouvelle-Calédonie

2. Cirad-forêt, Montravel, BP 186, 98 848 Nouméa, Nouvelle-Calédonie

* Adresse actuelle pour la correspondance : Isra/Cirad-emvt, BP 744, Saint-Louis, Sénégal

Dispositif

La variété de *Calliandra calothyrsus* mise en place pour l'essai était San Ramon, originaire du Costa Rica, appréciée en Nouvelle-Calédonie pour sa productivité et son taux de germination élevé en pépinière (25). Les plants, non inoculés, ont été repiqués en janvier 1995 dans un carré mis en défens de 0,25 ha, au sein d'une parcelle d'un hectare au total. Dans chaque carré, quatre densités de plantation ont été appliquées :

- 2 m x 2 m, soit 2 500 pieds/ha ;
- 2 m x 1 m, soit 5 000 pieds/ha ;
- 2 m x 0,5 m, soit 10 000 pieds/ha ;
- 1 m x 1 m, soit 10 000 pieds/ha.

Un premier recépage a été effectué pour les quatre densités en janvier et février 1996, soit 13-14 mois après la plantation, selon trois niveaux :

- à 20-30 cm du sol, au gyrobroyeur ;
- à 50 cm du sol, au sabre d'abattis ;
- à 1 m du sol, au sabre d'abattis.

Quatre parcelles de ce type ont été utilisées pour l'essai dont trois pour les mesures. La quatrième servait de « tampon » afin de respecter les délais de rotation imposés par le protocole.

Entrés en avril 1996, soit trois mois après le recépage, une soixantaine de daguets ont été élevés sur ces parcelles conduites en rotation pendant une année (sortie en avril 1997). La charge annuelle a donc été de l'ordre de 450 kg PV/ha et la charge instantanée de 1 800 kg PV/ha. Le rythme de retour dans une parcelle était fixé à trois mois, soit quatre passages dans une année. Chaque parcelle était ainsi occupée 20 à 25 jours à chaque retour des animaux. A la sortie des cerfs de la parcelle pâturée, les arbustes étaient recépés aux trois hauteurs.

Mesures et calculs

Le jour précédant l'entrée des daguets dans une parcelle, 10 arbustes étaient récoltés (feuilles et rameaux chlorophylliens) pour chacune des 12 modalités du plan expérimental (4 densités x 3 hauteurs de recépage). La matière fraîche et la matière sèche (MS) étaient alors mesurées sur les 120 échantillons. Leur hauteur et leur nombre de tiges principales (au départ du collet) ont également été systématiquement notés. A la sortie des animaux de la parcelle, 7 à 10 arbustes étaient recépés pour chacune des 12 modalités afin de mesurer les refus en matière fraîche et en matière sèche. Pour l'obtention de la matière sèche, les échantillons ont été placés 48 h dans une étuve à 70 °C.

A partir de ces mesures, les quantités de matière sèche produite par pied et à l'hectare ont été calculées en fonction notamment de la hauteur de recépage et de la densité de plantation. Les quantités de matière sèche ingérée par les cerfs ont été estimées par différence entre les productions à l'entrée des animaux et les refus à leur sortie de la parcelle. Par conséquent, l'ingestion a été sous-estimée en ne prenant pas en compte la croissance des arbustes pendant la période de pâture. Cette croissance a toutefois semblé limitée et l'objet du protocole était avant tout la hiérarchisation entre les différentes modalités de l'expérimentation. Les analyses statistiques ont été réalisées par analyses de variance sur le logiciel SPSS.

■ RESULTATS

Productivité des *Calliandra calothyrsus*

Les résultats synthétiques figurent dans le tableau I. On peut noter que la hauteur des arbustes était plus sensible à la saison qu'à la densité de plantation. De la même façon, il faut souligner que le nombre de tiges par pied dépendait davantage de la densité de plantation que de la hauteur de recépage. Ainsi, celui-ci était significativement supérieur pour les densités de plantation 2 m x 2 m et 2 m x 1 m comparativement aux densités de plantation 2 m x 0,5 m et 1 m x 1 m. Le gyrobroyage a toutefois permis d'augmenter le nombre de tiges par rapport au recépage à 1 m et à 50 cm.

Les meilleures productions de matière sèche par pied ont été obtenues avec le recépage à 1 m, avant celui à 50 cm et le gyrobroyage. Pour la densité de plantation, la hiérarchie a été dominée par 2 m x 2 m. Les arbustes plantés à 2 500 plants par hectare ont en effet bénéficié d'un espace vital plus important. En revanche, la hiérarchie était modifiée lorsque les rendements à l'hectare étaient considérés. Les meilleures performances étaient alors atteintes avec une hauteur de recépage à 1 m et des densités de plantation de 10 000 pieds par hectare (1 m x 1 m ou 2 m x 0,5 m, respectivement 9,67 t MS/ha/an et 9,40 t MS/ha/an), nettement supérieures aux densités de 5 000 et 2 500 pieds par hectare (respectivement 6,29 t MS/ha/an et 5,47 t MS/ha/an).

Inversement, certaines densités de plantation étaient particulièrement dépréciées à des hauteurs de recépage données (effet densité x hauteur très significatif). Ainsi la production de matière sèche était sensiblement plus faible pour les densités 2 m x 0,5 m et 2 m x 1 m sur les carrés gyrobroyés.

Enfin, il faut signaler la forte variabilité intra-traitement et intra-parcelle des productions de matière sèche comme en témoignent les écart-types relativement élevés.

Utilisation par les cerfs *rusa*

Le tableau II présente les refus de *Calliandra calothyrsus* pâturé par les cerfs ainsi que l'estimation de l'ingéré en fonction de la hauteur de recépage et de la densité de plantation. Comme pour les données de productivité, les effets « hauteur de recépage » et « densité de plantation » étaient significatifs pour l'ensemble des variables mesurées ou calculées. En revanche, l'effet « passage des animaux » n'était significatif ($P < 0,01$) que pour les refus par pied alors que l'effet « parcelle » ne l'était ($P < 0,05$) que pour l'ingéré par pied ou à l'hectare.

En fonction de la hauteur de recépage, on constate que les refus étaient d'autant plus faibles que la production en MS des arbustes était élevée. Les cerfs ont donc utilisé les arbustes de façon plus efficiente lorsqu'ils étaient coupés à 1 m de hauteur en raison notamment d'une production inférieure de bois ou de rameaux chlorophylliens qui constituaient l'essentiel des refus (ratio feuilles/tiges favorable et nombre de tiges plus faible). Par leur comportement, les cerfs semblaient également passer davantage de temps dans les carrés recépés à 1 m de hauteur où ils pouvaient facilement s'abriter.

En revanche, les parcelles les moins denses, où la production par pied était la plus élevée, avaient les refus les plus importants. Cela s'explique également par une production de bois et de rameaux chlorophylliens plus importante.

Tableau I
Hauteur, nombre de tiges principales et production de feuilles et de rameaux chlorophylliens de *Calliandra calothyrsus* en fonction de la hauteur de recépage et de la densité de plantation (repousses de 12 semaines)

	Densité de plantation			Hauteur de recépage			ETR	Effet statistique
	2 m x 2 m	2 m x 1 m	2 m x 0,5 m	1 m x 1 m	Gyrobroyage	50 cm		
Nb. de pieds/ha	2 500	5 000	10 000	10 000				
Nb. d'échantillons	397	377	501	417	576	561	555	
Hauteur (en cm)								
Moyenne	136,2	128,5	137,5	134,6	106,3	132,1	166	Hrec** Pass**
Ecart-type	27,1	26,6	26,6	26,8	27,3	29,7	24,2	Dens** Parc** (Hrec x Dens)**
Nb. de tiges principales								
Moyenne	6,01	5,93	4,88	5,09	5,78	5,16	5,34	Dens** Pass**
Ecart-type	2,23	2,13	1,5	1,63	2,3	1,68	1,89	Hrec** Parc** (Hrec x Dens)**
MS produite (en g MS/pied/passage)								
Moyenne	334,4	140,7	122,2	193,3	124,0	205,5	334,7	Hrec** Dens**
Ecart-type	183,3	111,2	116,0	49,9	144,6	136,1	102,1	Pass** Parc** (Hrec x Dens)**
Rendement (t MS/ha/an)								
Moyenne	3,34	2,81	4,89	7,73	3,28	5,09	7,71	Hrec** Dens**
Ecart-type	1,83	2,22	4,8	2,31	3,47	3,02	2,26	Pass** Parc** (Hrec x Dens)**

MS = matière sèche ; ETR = écart-type résiduel

Effets statistiques : Hrec = hauteur de recépage ; Dens = densité de plantation ; Pass = n° de passage des animaux ; Parc = parcelle

Signification statistique : ** P < 0,01 ; * P < 0,05

Groupes statistiques : test de Duncan (P < 0,01)

Tableau II

Refus et ingéré¹ de *Calliandra calothyrsus* pâturé par les cerfs rusa en fonction de la hauteur de coupe et de la densité de plantation

Nb. de pieds/ha	Densité de plantation				Hauteur de recépage			ETR	Effet statistique
	2 m x 2 m	2 m x 1 m	2 m x 0,5 m	1 m x 1 m	Gyrobroyage	50 cm	1 m		
	2 500	5 000	10 000	10 000					
Nb. d'échantillons	36	36	36	36	48	48	48		
Refus (g MS/pied/passage)	102,1	64,1	47,5	46,3	75,6	69,8	49,7	34,6	Pass** Dens** Hrec** (Dens x Pass)**
Moyenne	97,0	61,2	37,9	31,5	65,7	64,2	40,8		
Ecart-type									
Ingéré estimé (g MS/pied/passage)	238,9	123,5	115,6	147,4	48,4	135,7	284,9	83,3	Hrec** Dens** Parc* (Hrec x Dens)**
Moyenne	86,3	100,0	78,2	18,3	79,0	71,9	61,2		
Ecart-type									
Ingéré estimé (t/ha/an)	2,39	2,47	4,62	5,90	1,43	3,46	6,63	1,73	Hrec** Dens** Parc* (Hrec x Dens)**
Moyenne	1,26	1,76	2,54	0,92	1,95	1,67	1,24		
Ecart-type									

MS = matière sèche ; ETR = écart-type résiduel

¹ MS ingérée par les cerfs est estimée par différence entre la production (disponible) à l'entrée des animaux et les refus à leur sortie de la parcelle

Effets statistiques : Hrec = hauteur de recépage ; Dens = densité de plantation ; Pass = n° de passage des animaux ; Parc = parcelle

Signification statistique : ** P < 0,01 ; * P < 0,05

L'estimation de l'ingéré en tonnes par hectare par an a montré que, comme pour le rendement en MS, les meilleurs résultats ont été obtenus pour une hauteur de recépage à 1 m et des densités de plantation à 10 000 pieds/ha (respectivement 8,25 et 8,41 t/ha pour 2 m x 0,5 m et 1 m x 1 m). En outre, la différence avec les autres modalités a été renforcée par des valeurs de refus les plus faibles de l'essai (respectivement 28,8 et 31,7 g MS/pied). Un effet « hauteur de recépage x densité de plantation » sur l'ingéré très significatif ($P < 0,01$) a également été constaté au profit de ces deux modalités.

Effets du numéro de cycle de pâturage

La production en MS et les quantités de refus ont été sensiblement supérieures pendant le premier trimestre de l'essai (correspondant au premier passage des animaux dans les parcelles). Ceci était lié à une pluviométrie conséquente par rapport aux trois autres trimestres qui a engendré une production de bois et de rameaux chlorophylliens plus importante, d'où une augmentation des quantités de MS produites et refusées.

Cependant, les variations des quantités de MS produites et ingérées n'étaient pas semblables selon la densité de plantation ou la hauteur de recépage. Ainsi, les figures 1 et 2 montrent une relative stabilité tout au long de l'année de la production de matière sèche par pied pour une hauteur de coupe à 1 m et une densité de 10 000 pieds à l'hectare. En revanche, la production a chuté d'une manière quasi linéaire lorsque les arbustes ont été recépés par gyrobroyage (figure 2). Pour une hauteur de recépage à 1 m et une densité de plantation de 2 m x 0,5 m ou de 1 m x 1 m, la production et l'ingestion de *Calliandra calothyrsus* étaient non seulement élevées, comme cela a été souligné ci-dessus, mais elles étaient aussi relativement stables.

■ DISCUSSION

Gestion de la plantation de *Calliandra calothyrsus*

Gérer une plantation d'arbustes fourragers consiste à maximiser la production de matériel végétal consommable par les animaux tout en pérennisant la ressource. Les facteurs majeurs de cette gestion sont : la densité de plantation, la date de la première coupe (ou premier passage des animaux), la hauteur de coupe (ou de recépage) et la fréquence de coupe (ou de recépage).

Densité de plantation

Dans cette étude, les meilleures productivités de *Calliandra calothyrsus* ont été obtenues à la densité de 10 000 pieds/ha (2 m x 0,5 m ou 1 m x 1 m). Ella et coll. (9) confirment la supériorité d'une plantation à cette densité par rapport à des densités inférieures. Néanmoins, ils obtiennent de meilleurs rendements à 20 000 pieds/ha (1 m x 0,5 m). Cette densité est cependant conçue dans l'optique d'une production de bois et est peu compatible avec l'élevage de cerfs. En effet, les risques de casse des arbustes ou de blessures des animaux seraient amplifiés. De plus, la manipulation des cerfs est, pour ainsi dire, impossible avec cette densité.

Il faut par conséquent privilégier une densité à 10 000 pieds/ha où la production de fourrage est maximale. L'éleveur devra faire un choix entre une plantation à 2 m x 0,5 m ou à 1 m x 1 m. La première présente l'avantage de faciliter la manipulation des animaux et le recépage grâce à son inter-rang relativement large. La seconde permet de limiter les adventices et d'être plus en harmonie avec le comportement des cerfs en raison du recouvrement quasi total de la parcelle par *Calliandra*.

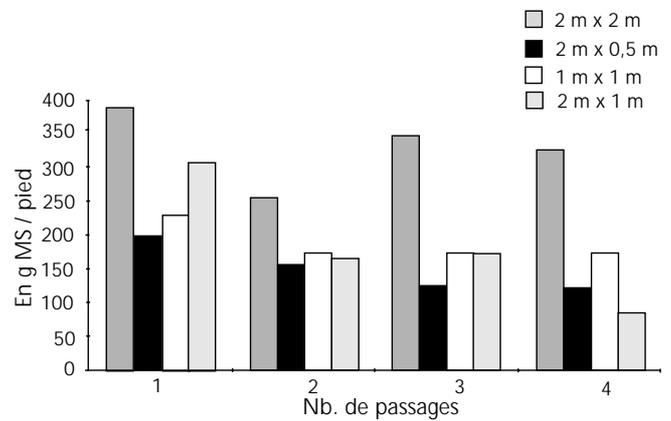


Figure 1 : production de MS/pied en fonction du n° de passage et de la densité de plantation.

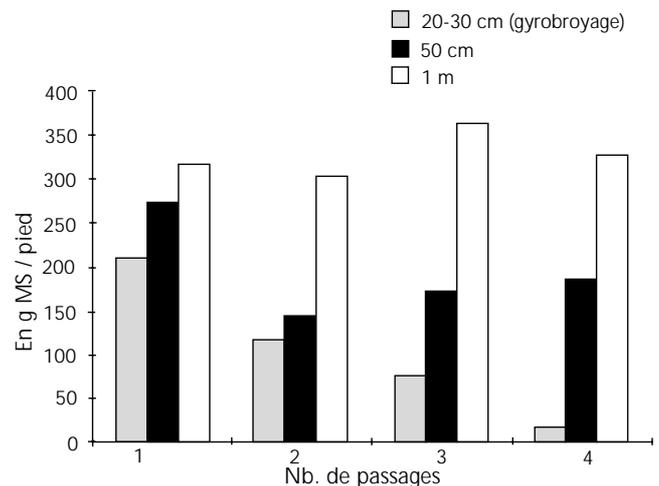


Figure 2 : production de MS/pied en fonction du n° de passage et de la hauteur de coupe.

Date de la première coupe

Tout en préservant sa productivité future, *Calliandra calothyrsus* est particulièrement précoce. Une première coupe est en effet possible à partir de 12 mois alors qu'elle est recommandée à 18 et 24 mois respectivement pour *Leucaena leucocephala* et *Gliricidia sepium* (8, 29). Aussi, le temps de mise en défens d'une parcelle plantée en *Calliandra* est réduit, ce qui est avantageux pour l'éleveur qui peut utiliser plus rapidement cette ressource fourragère. En Nouvelle-Calédonie, il est conseillé de planter cet arbuste fourragère en janvier au début de la saison des pluies pour l'exploiter 12 à 13 mois plus tard lors d'une nouvelle période pluvieuse (25).

Hauteur de recépage

L'utilisation du gyrobroyeur, très commune en Nouvelle-Calédonie, permet de réduire sensiblement la pénibilité du recépage. Bien que les résultats sur *Leucaena leucocephala* soient prometteurs, cette pratique engendre des difficultés de reprise voire de mortalité sur *Calliandra calothyrsus* (19). Dans la présente étude, il ressort que la productivité du *Calliandra* est encore plus affectée avec des densités de plantation de 2 m x 1 m et de 2 m x 0,5 m. Une augmentation sensible des refus a également été constatée sur les carrés gyrobroyés parallèlement à un accroissement du nombre de tiges et de la production de bois ou de rameaux chlorophylliens. L'arbuste est en effet contraint, à cette hauteur de coupe, de refaire son architecture avant de produire des feuilles (9, 29).

En appliquant un recépage à 50 cm de hauteur, les auteurs ont souhaité limiter les risques de mortalité par épluchage constatés sur des parcelles coupées à 1 m et pâturées par des chèvres (28). En fait, seuls quelques pieds avaient disparu sur les pentes à ces deux hauteurs de coupe mais probablement uniquement à cause de la sécheresse du terrain. En outre, les bris de branches et la mortalité n'étaient pas plus importants avec un élagage à 1 m, à la différence de ce qui a été observé en élevage bovin (28).

La hauteur de coupe du *Calliandra calothyrsus* à 1 m est donc à privilégier pour un élevage de cerfs rusa. La productivité totale et consommable est alors maximale (tableau III). Compte tenu de la faiblesse des refus, le recépage est même facultatif : une remise à niveau annuelle semble tout à fait satisfaisante. Il faut enfin noter que le comportement de cet animal, relativement sauvage, favorise l'utilisation des arbustes à cette hauteur. Il aime en effet séjourner dans ces carrés où il peut facilement trouver un abri.

Fréquence de coupe

Les meilleures productivités des arbustes fourragers sont obtenues avec des fréquences de coupe de 12 à 16 semaines (29). En outre, ce rythme de défoliation permet de fournir une fraction consommable par les ruminants de l'ordre de 50 à 60 p. 100 du total produit. Dans un système de *cut and carry*, *Calliandra calothyrsus* semble plus productif avec une fréquence de coupe de 16 semaines (18). Roshetko et coll. (24) et Morikawa et coll. (16), dans des conditions de pluviométrie plus favorables, préconisent un rythme de 12 semaines.

En tenant compte de la production consommable, de la valeur alimentaire du *Calliandra* et de celle de la strate herbacée, une rotation tous les trimestres, soit 12 semaines, telle qu'elle a été appliquée dans cette étude, semble souhaitable. Pour les mêmes raisons, ce rythme est proposé par Mandret et Tassin à la Réunion (14). De plus, à cette fréquence de coupe, il faut noter que *Calliandra calothyrsus* est plus productif que *Leucaena leucocephala* et *Gliricidia sepium* (12 ; tableau III).

Application à l'élevage du cerf rusa

Type d'élevage

Compte tenu de ses exigences en eau, *Calliandra calothyrsus* (var. San Ramon) devra tout d'abord être mis en place dans des parcelles où la pluviométrie est supérieure à 1 000 mm/an. En Nouvelle-Calédonie, cela correspond aux élevages du Sud, de la côte Est et du bas de chaîne sur la côte Ouest. D'autre part, en raison du coût élevé de la plantation, elle ne doit être envisagée que dans le cadre d'un système intensifié, notamment pour les ateliers d'embouche de daguets destinés au marché en vif ou en carcasse. Enfin, le pâturage doit être privilégié face au *cut and carry*. En effet, une fois coupées, l'appétabilité et la digestibilité des feuilles de *Calliandra* sont rapidement réduites en raison de leur forte teneur en tanins (20, 21).

Un matériel végétal particulièrement adapté aux besoins du cerf rusa

■ Comportement du cerf rusa

Par son comportement alimentaire, le cerf rusa se nourrit naturellement d'arbustes fourragers. Par son caractère sauvage, il apprécie également les abris qu'ils lui fournissent. Aussi, *Calliandra calothyrsus* recépage à 1 m de hauteur et planté à une densité de 10 000 pieds/ha est parfaitement adapté au comportement du cerf rusa. De plus, contrairement à d'autres ruminants (28), les daguets causent peu de mortalité sur *Calliandra* (moins de 3 p. 100 des sujets). Néanmoins, il est souhaitable d'éviter de faire pâturer ce type de parcelle par les mâles de plus de deux ans, sexuellement actifs, qui dégraderaient les arbustes avec leurs bois afin de marquer leur territoire en période de rut (13).

■ Valeur alimentaire du *Calliandra*

L'appétabilité de *Calliandra calothyrsus* distribué en frais ou pâturé est médiocre à moyenne pour de nombreux ruminants (2, 22). En revanche, elle est élevée chez le cerf rusa, c'est-à-dire compa-

Tableau III

Productivité de *Calliandra calothyrsus* en fonction de sa densité de plantation et de sa hauteur de coupe

Espèce	Densité de plantation	Hauteur de coupe (en m)	Fréquence de coupe (en sem)	Production totale (en t MS/ha/an)	Consommable (en t MS/ha/an)	Référence
<i>Calliandra calothyrsus</i>	2 m x 0,5 m	1	12	9,40	8,25	Présente étude
	1 m x 1 m	1	12	9,67	8,41	
	1 m x 1 m	0,5	12	7,57	5,52	
<i>Calliandra calothyrsus</i>	0,5 m x 0,5 m	0,5	12		3,06	Ncamihigo et Brandelard (1993)
	0,5 m x 0,5 m	1	12		3,87	
	0,5 m x 0,5 m	0,5	16		4,13	
	0,5 m x 0,5 m	1	16		5,07	
<i>Leucaena leucocephala</i> cv Peru	0,5 m x 0,5 m	1	12		4,40	
	0,5 m x 0,5 m	1	16		2,27	
<i>Calliandra calothyrsus</i>	1,5 m x 1,5 m	0,75	9	6,44	5,07	Morikawa et coll. (1995)
	1,5 m x 1,5 m	1,50	9	8,56	6,74	
	1,5 m x 1,5 m	0,75	12	9,30	6,70	
	1,5 m x 1,5 m	1,50	12	12,10	8,71	

nable à celle de *Leucaena leucocephala* et supérieure à *Gliricidia sepium* (7). La présente étude montre également que l'ingéré est important sur des parcelles plantées à 10 000 pieds/ha et recépées à 1 m de haut. Cet ingéré est de bonne qualité en raison de la richesse en matières azotées de cette légumineuse arbustive, de l'ordre de 20 à 25 p. 100 MS (17). L'introduction de *Calliandra calothyrsus* à hauteur de 30 p. 100 dans la ration des ruminants permet, en outre, d'améliorer l'utilisation digestive des pâturages de qualité médiocre (22).

■ Problème nutritionnel lié aux tanins...

Dans cette étude, les auteurs ont tenté de garder ces proportions en mettant en place une parcelle arbustive d'un quart d'hectare dans une parcelle herbacée d'un hectare et en appliquant une rotation trimestrielle. Or, ils ont observé que le cerf se nourrissait quasi exclusivement de *Calliandra* avant de pâturer la strate herbacée. Le régime alimentaire s'est alors trouvé déséquilibré et les refus sur la strate herbacée étaient importants. Cela devrait, a priori, conduire à limiter l'utilisation du *Calliandra* dans le cadre d'un élevage de cervidés. De plus, la teneur en tanins de la ration est particulièrement élevée lorsqu'elle n'est composée que de *Calliandra*. Ils peuvent déprécier sensiblement la valeur alimentaire du fourrage notamment chez les bovins et les moutons (15).

■ ... mais une dégradation digestive probablement adaptée chez le cerf rusa

La croissance des daguets, de l'ordre de 70 g/j pour des animaux pesant plus de 35 kg de poids vif, n'est pas affectée (Le Bel, à paraître). Aussi, il est probable que, comme pour les chèvres férales (19), les protéines salivaires du cerf riches en proline (1) et sa flore ruminale adaptée (11) lui permettent de dégrader de façon efficace les protéines alimentaires d'arbustes tel que *Calliandra calothyrsus* à teneur élevée en tanins. Les tanins pourraient aussi favoriser la formation de protéines *by-pass*, non dégradées dans le rumen et absorbées au niveau de l'intestin grêle (23).

Perspectives

Des expériences complémentaires doivent être entreprises avant que l'usage du *Calliandra calothyrsus* soit vulgarisable à grande échelle. Il serait intéressant de mesurer la productivité des parcelles lors des prochaines années afin de mieux apprécier leur longévité et de quantifier l'effet d'une répartition différente des pluies sur l'année. A l'avenir, il faudra aussi mettre au point une technique de semis direct du *Calliandra calothyrsus* pour pouvoir le diffuser chez les éleveurs. Actuellement, le coût élevé du repiquage après passage en pépinière rend la technique difficilement applicable sur le terrain. Par ailleurs, à la suite de cette étude, une expérimentation a été mise en place en 1997 sur la station de recherche de Port-Laguerre afin de mesurer les performances zootechniques des daguets nourris ou non avec du *Calliandra*. Ces travaux permettront également de préciser le chargement optimal à appliquer dans ce type de système fourrager. Enfin, il paraît nécessaire d'étudier le rôle des tanins dans l'utilisation digestive de *Calliandra calothyrsus* par le cerf rusa.

■ CONCLUSION

Beaucoup de travaux ont été menés en milieu tropical et subtropical afin de maximiser la productivité des arbustes fourragers tels que *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* ou *Calliandra calothyrsus*. Pourtant, peu d'essais ont été conduits en conditions de pâturage, notamment pour ce dernier, et les références au cerf rusa sont rares. L'originalité de ce travail a consisté à apprécier, en Nouvelle-Calédonie, l'utilisation du *Calliandra* par le cerf rusa.

Les résultats expérimentaux montrent que les meilleures productivités de *Calliandra calothyrsus* sont obtenues lorsqu'ils sont recépés trimestriellement à 1 m de hauteur pour une densité de plantation de 10 000 pieds/ha (2 m x 0,5 m ou 1 m x 1 m). Dans ces conditions, les refus sur les arbustes pâturés par le cerf rusa sont les plus faibles et, par conséquent, l'ingéré (t MS/ha/an) y est maximal. Pratiquement, en matière de gestion du *Calliandra*, les conseils aux éleveurs devront encourager :

- une densité de plantation de 10 000 pieds/ha ;
- un recépage annuel des arbustes à 1 m de hauteur ;
- une rotation trimestrielle sur les parcelles.

Contrairement aux autres ruminants, le cerf rusa valorise particulièrement bien *Calliandra calothyrsus*. Cet arbuste semble pouvoir remplacer efficacement *Leucaena leucocephala*, parasité par le psylle, notamment pour des ateliers d'embouche de daguets. Des études complémentaires devront toutefois être menées sur l'association très prometteuse constituée par *Calliandra* et cerf rusa. Outre les facteurs techniques (agronomiques et zootechniques), elles devront intégrer la rentabilité économique de cette association. Ce n'est qu'à ce niveau que l'éleveur adoptera ou non cette innovation dans son système d'exploitation.

BIBLIOGRAPHIE

1. AUSTIN P.J., SUCAHR L.A., ROBBINS C.T., HAGERMAN A.E., 1989. Tannin-binding proteins in saliva of deer and their absence in saliva of sheep and cattle. *J. Chem. Ecol.*, **15**: 1335-1347.
2. BERHE K., MOHAMED-SALEEM M.A., 1996. The potential of *Calliandra calothyrsus* as a fodder tree on acidic nitosols of the Southern, Western and Southwestern Highlands of Ethiopia. In: Evans D.O. Ed., Proc. int. Workshop on the genus *Calliandra*, Bogor, Indonesia, 23-27 January 1996. Morrilton, USA, Winrock International, p. 234-244.
3. BRAY R.A., 1994. The *Leucaena* psyllid. In: Gutteridge R.C., Shelton H.M. Eds., Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, UK, CAB International, 389 p.
4. CHAZEAU J., CAPART I., BONNET de LARBOGNE L., 1992. Amélioration de l'état phytosanitaire du faux-mimosa *Leucaena leucocephala* en Nouvelle-Calédonie par le renforcement du complexe des ennemis naturels du psylle ravageur *Heteropsylla cubana*. Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Orstom, 24 p. (Sciences de la Vie, Zoologie appliquée, Convention n° 6)
5. CIRAD-EMVT, 1996. In : Journées techniques arbustes fourragers, Port-Laguerre, Nouvelle-Calédonie, 3-4 octobre 1996, 40 p.
6. CORNIAUX C., DURAND N., SARRAILH J.M., GUERIN H., 1996. Composition chimique et dégradabilité enzymatique et *in vitro* d'espèces ligneuses arbustives utilisables par les ruminants dans les parcours extensifs de Nouvelle-Calédonie. 1. Typologie. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **49** : 60-67.
7. CORNIAUX C., LE BEL S., SARRAILH J.M., 1997. Shrub palatability to rusa deer (*Cervus timorensis rusa*) in New Caledonia. Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Cirad-Elevage, 5 p.
8. ELLA A., BLAIR G.J., STÜR W.W., 1991. Effect of age of forage tree legumes at the first cutting on subsequent production. *Trop. Grassl.*, **25**: 275-280.
9. ELLA A., JACOBSEN C., STÜR W.W., BLAIR G.J., 1989. Effect of plant density and cutting frequency on the productivity of four tree legumes. *Trop. Grassl.*, **23**: 28-34.
10. GUTTERIDGE R.C., SHELTON H.M., 1994. The role of forage tree legumes in cropping and grazing systems. In: Gutteridge R.C., Shelton H.M. Eds., Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, UK, CAB International, 389 p.
11. HOFFMAN R.R., 1985. Digestive physiology of deer. Their morphophysiological specialisation and adaptation. In: Fennessy P.F., Drew K.R. Eds., Biology of deer production, Proc. int. Conf., Dunedin, New Zealand, 13-18 February 1983. *R. Soc. N.Z.*, **22**: 393-408.

12. KRECIK S.G., LANTAGNE D.O., GOLD M.A., ROSHETKO J.M., 1993. Cutting management of *Leucaena leucocephala*, *Calliandra calothyrsus* and *Gliricidia sepium* for fodder production. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, **11**: 18-20.
13. LE BEL S., 1993. L'élevage du cerf rusa en Nouvelle-Calédonie : bilan et perspectives. Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Cirad-Elevage, 30 p.
14. MANDRET G., TASSIN J., 1996. Intérêt fourrager de *Calliandra calothyrsus* en altitude à la Réunion. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **49** : 335-339.
15. MERKEL R., POND K.R., BURNS J.C., FISHER D.S., 1996. Condensed tannins in *Calliandra calothyrsus* and their effects on feeding value. In: Evans D.O. Ed., Proc. int. Workshop on the genus *Calliandra*, Bogor, Indonesia, 23-27 January 1996. Morrilton, USA, Winrock International, p. 222-233.
16. MORIKAWA R.T., LANTAGNE D.O., GOLD M.A., KRECIK S.G., ROSHETKO J.M., 1995. Management of *Calliandra calothyrsus* for fodder production in Jamaica. *Trop. Grassl.*, **29**: 236-240.
17. NORTON B.W., 1994. The nutritive value of tree legumes. In: Gutteridge R.C., Shelton H.M. Eds., Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, UK, CAB International, 389 p.
18. NCAMIHIGO O., BRANDELARD P., 1993. Effects of cutting heights and cutting frequencies on the annual yield of *Leucaena* and *Calliandra* hedges. In: Proc. 17th int. Grassland Congress, New Zealand and Queensland, Australia, 8-21 February 1993, p. 877-878.
19. PALMER B., IBRAHIM T.M., 1996. *Calliandra calothyrsus* forage for the tropics - a current assessment. In: Evans D.O. Ed., Proc. int. Workshop on the genus *Calliandra*, Bogor, Indonesia, 23-27 January 1996. Morrilton, USA, Winrock International, p. 183-194.
20. PALMER B., MACQUEEN D.J., GUTTERIDGE R.C., 1994. *Calliandra calothyrsus* - a multipurpose tree legume for humid locations. In: Gutteridge R.C., Shelton H.M. Eds., Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, UK, CAB International, 389 p.
21. PALMER B., SCHLINK A.C., 1992. The effect of drying on the intake and rate of digestion of the shrub legume *Calliandra calothyrsus*. *Trop. Grassl.*, **26**: 89-93.
22. PATERSON R.T., ROOTHAERT R.L., NYATTA O.Z., AKEYEAMPONG E., 1996. Experience with *Calliandra calothyrsus* as a feed for livestock in Africa. In: Evans D.O. Ed., Proc. int. Workshop on the genus *Calliandra*, Bogor, Indonesia, 23-27 January 1996. Morrilton, USA, Winrock International, p. 168-179.
23. PEREZ-MOLDONADO R.A., 1994. The chemical nature and biological activity of tannins in forage legumes fed to sheep and goats. Ph.D. Thesis, University of Queensland, Department of Agriculture, Australia.
24. ROSHETKO J.M., LANTAGNE D.O., GOLD M.A., MORIKAWA B., 1996. Recommendations for establishing and managing *Calliandra calothyrsus* as a fodder resource in Jamaica. In: Evans D.O. Ed., Proc. int. Workshop on the genus *Calliandra*, Bogor, Indonesia, 23-27 January 1996. Morrilton, USA, Winrock International, p. 168-179.
25. SARRAILH J.M., CIVALLERO D., 1997. Résultats obtenus sur l'essai provenances *Calliandra calothyrsus* un an après la plantation. Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Cirad-Forêt, 18 p.
26. SARRAILH J.M., CORNIAUX C., DESVALS L., LE BEL S., 1996. *Calliandra*, a panacea for New Caledonia? In: Evans D.O. Ed., Proc. int. Workshop on the genus *Calliandra*, Bogor, Indonesia, 23-27 January 1996. Morrilton, USA, Winrock International, p. 115-119.
27. SHELTON H.M., BREWBAKER J.L., 1994. *Leucaena leucocephala* - the most widely used tree legume. In: Gutteridge R.C., Shelton H.M. Eds., Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, UK, CAB International, 389 p.
28. SHELTON H.M., NORTON B.W., MULLEN B.F., GUTTERIDGE R.C., 1996. Utilization and nutritive value of *Calliandra calothyrsus* for forage : a review of research at the University of Queensland. In: Evans D.O. Ed., Proc. int. Workshop on the genus *Calliandra*, Bogor, Indonesia, 23-27 January 1996. Morrilton, USA, Winrock International, p. 210-221.
29. STÜR W.W., SHELTON H.M., GUTTERIDGE R.C., 1994. Defoliation management of forage tree legumes. In: Gutteridge R.C., Shelton H.M. Eds., Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, UK, CAB International, 389 p.

Reçu le 24.11.97, accepté le 6.11.98

Summary

Corniaux C., Le Bel S., Sarrailh J.M. Production and use of *Calliandra calothyrsus* by rusa deer based on plant density and cutting height

This study, carried out in New Caledonia, showed that the best annual production of *Calliandra calothyrsus*, origin San Ramon, was obtained with quarterly cutting heights of 1 m and a density of 10,000 plants per hectare (2 m x 0.5 m or 1 m x 1 m, yielding 9.40 and 9.67 t of dry matter per hectare per year, respectively). The parts of shrubs ungrazed by rusa deer were then minimum (1.15 and 1.26 t DM/ha/year) and feed intake maximum (8.25 and 8.41 t DM/ha/year, respectively). Given the browsing behavior of rusa deer its association with *Calliandra calothyrsus* is promising. In deer farms, the shrub could be an efficient substitute for *Leucaena leucocephala*, parasitized by psyllid.

Key words: Cervidae - *Cervus timorensis russa* - *Calliandra calothyrsus* - Management - Planting - New Caledonia.

Resumen

Corniaux C., Le Bel S., Sarrailh J.M. Productividad y uso del pasto *Calliandra calothyrsus* para el ciervo rusa, en función de su densidad de plantación y de su altura de poda

Este estudio, llevado a cabo en Nueva Caledonia, demuestra que las mejores productividades anuales de *Calliandra calothyrsus* (proveniente de San Ramon) se obtienen con podas trimestrales a 1 m de altura, para una densidad de plantación de 10 000 pies por hectárea (2 m x 0,5 m o 1 m x 1 m, con 9,40 y 9,67 t de materia seca producida por hectárea por año, respectivamente). En estas condiciones, el rechazo de pastoreo de los arbustos por el ciervo rusa es mínimo (1,15 y 1,26 t MS/ha/año, respectivamente) y por lo consiguiente, la ingestión es máxima (8,25 y 8,41 t MS/ha/año, respectivamente). Tomando en cuenta el comportamiento alimenticio del ciervo rusa, su asociación con *Calliandra calothyrsus* es particularmente prometedora. Este arbusto podría entonces substituir eficazmente a *Leucaena leucocephala*, parasitada por el silo, en los criaderos de ciervos.

Palabras clave: Cervidae - *Cervus timorensis russa* - *Calliandra calothyrsus* - Gestión - Plantación - Nueva Caledonia.

Productivité et capacité de charge des pâturages naturels au Bénin

D. Agonyissa ¹ B. Sinsin ²

Mots-clés

Pâturage - Biomasse - Capacité de charge - Forêt claire - Savane - Bovin - Conduite d'élevage - Bénin.

Résumé

Cette étude a été réalisée dans les pâturages soudano-guinéens de la forêt classée de Wari Maro au centre du Bénin. Quatre types de pâturage y ont été distingués sur la base des résultats de relevés phytosociologiques. Il s'agit des savanes herbeuses à *Schizachyrium sanguineum* et *Sorghastrum bipennatum* des dépressions, des savanes à *Andropogon schirensis* et *A. chinensis*, des savanes à *Pennisetum unisetum* et *Chasmopodium caudatum* et enfin des jachères à *Pennisetum polystachion* et *Andropogon gayanus*. La biomasse produite en fin de saison pluvieuse a varié de $3,45 \pm 0,50$ à $5,19 \pm 0,86$ t MS/ha. La biomasse la plus élevée a été obtenue dans le pâturage à *Schizachyrium sanguineum* et *Sorghastrum bipennatum* des dépressions. La capacité de charge périodique après le passage des feux de brousse a été estimée à 0,16 unité de bétail tropical par hectare (UBT/ha), soit une charge de saison sèche de 17 200 UBT pour une superficie de 107 500 ha. En saison humide, la conduite des troupeaux et l'exploitation des pâturages étaient liées à l'évolution de la phytomasse et à la disponibilité en eau dans le système d'élevage extensif en cours dans la zone d'étude.

■ INTRODUCTION

Les pâturages naturels jouent un rôle important dans l'alimentation du bétail tropical ; ils constituent la base et le plus souvent la totalité des ressources alimentaires des ruminants en élevage extensif (10). Plus de 90 p. 100 de l'énergie consommée par les bovins proviennent des pâturages, mais moins de 10 p. 100 des pâturages sont utilisés d'une façon rationnelle (9).

La République du Bénin dispose de vastes étendues de pâturages naturels estimées entre 7 et 8 millions d'hectares, essentiellement localisées dans les régions septentrionales et centrales du pays (15). La forêt classée de Wari Maro appartient à cet ensemble et, quoique exploitée par les troupeaux transhumants, les données quantitatives sur cet écosystème, indispensables pour une gestion rationnelle des ressources pastorales disponibles et pour l'élaboration d'un plan d'aménagement pour cet écosystème, sont insuffisantes. C'est pour cela que l'étude des pâturages naturels soudano-guinéens de la forêt classée de Wari Maro a été entreprise. Elle s'inscrit dans le programme de recherche du Laboratoire d'Écolo-

gie appliquée de la Faculté des Sciences agronomique (Fsa) sur le fonctionnement des écosystèmes pâturés au Bénin. Les objectifs poursuivis étaient les suivants :

- définir la typologie des différents types de pâturage ;
- estimer leur productivité ;
- estimer leur capacité de charge ;
- analyser leur mode d'utilisation.

La forêt classée de Wari Maro appartient au domaine éoclimatique soudano-guinéen et se situe entre $8^{\circ}45$ et $9^{\circ}40$ N et entre 2° et $2^{\circ}30$ E. Elle couvre une superficie de 107 500 ha et est à cheval sur les sous-préfectures de Bassila et de Tchaourou (figure 1). La forêt se situe donc approximativement au centre du Bénin et constitue pendant la saison sèche un lieu d'accueil des troupeaux transhumants en provenance des pays limitrophes.

La région est couverte par des formations forestières claires, des savanes qui abritent une strate herbacée dominée par de hautes graminées et des galeries forestières. En certains endroits, l'abondance du gymnosperme *Encephalartos barteri* est un fait unique par sa présence et par son abondance.

La pluviosité moyenne annuelle est de 1 200 mm répartie sur six ou sept mois (avril à octobre). Les pluies précoces de février et (ou) de mars jouent un rôle important dans le démarrage de la végétation, en particulier au niveau de la strate herbacée. Les températures annuelles moyennes sont de 26 ou 27 °C. Les sols sont dans leur majorité sablo-limoneux.

1. Ingénieur agro-pastoraliste chercheur au Laboratoire d'Écologie appliquée, Faculté des Sciences agronomiques, Université nationale du Bénin, BP 526, Cotonou, Bénin

2. Maître-assistant (même adresse)

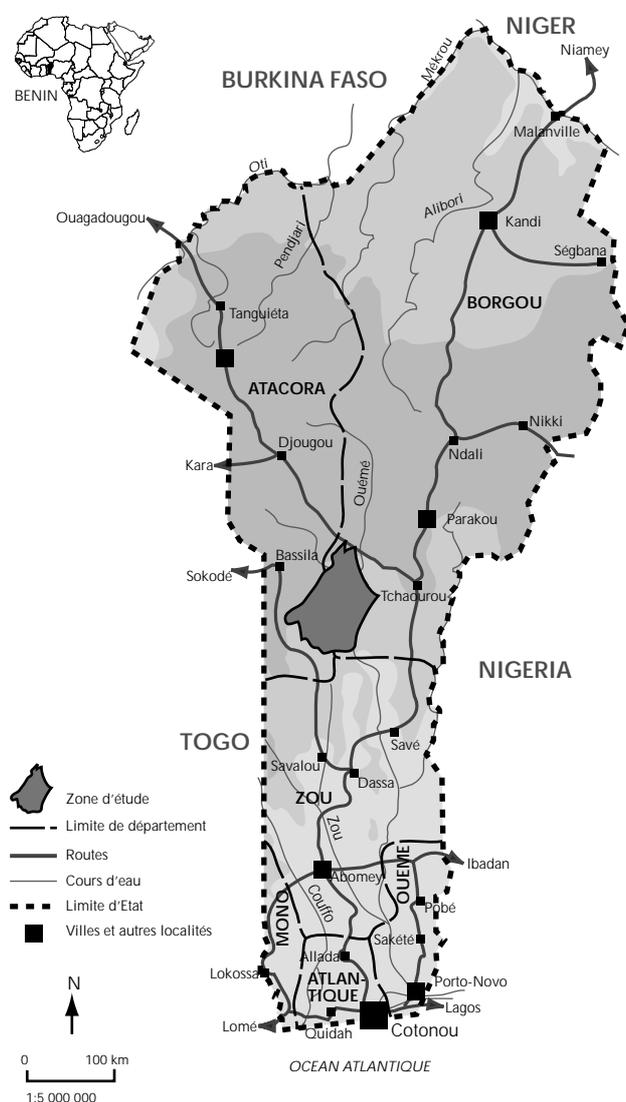


Figure 1 : carte du Bénin montrant la zone d'étude.

METHODOLOGIE

Typologie

L'inventaire des pâturages a été réalisé selon la méthode des relevés phytosociologiques (3). Un total de 16 relevés phytosociologiques a été effectué durant la période de maturation des espèces herbacées. L'aire considérée a varié selon l'homogénéité de la végétation. Elle était de 625 m² environ pour la strate herbacée et de 3 600 m² pour la strate ligneuse. Les listes ainsi établies ont été traitées de manière appropriée (les fréquences relatives (FR) et recouvrements moyens (RM) des espèces ont été utilisés comme premiers critères de classement) en vue d'établir la typologie des pâturages. Ces listes floristiques ont servi au calcul des spectres biologiques bruts et pondérés selon que le recouvrement moyen des spectres a été pris en compte ou non (8, 13).

Les types biologiques (TB) utilisés étaient ceux définis par Raunkiaer (2) : les thérophytes (Th), les hémicryptophytes (Hé), les géophytes (Gé), les chaméphytes (Ch) et les phanérophytes (Ph).

Le pourcentage d'espèces communes à deux types de pâturage par rapport aux espèces particulières à chacun des deux a été exprimé par le coefficient de similitude ou coefficient de communauté de Jaccard (14) qui a été utilisé pour comparer les différents types de pâturage. L'expression mathématique de l'indice de Jaccard est :

$$I_j = 100 \times c / (a + b - c)$$

avec c = nombre d'espèces communes aux pâturages R1 et R2 ; a = nombre d'espèces de R1 ; b = nombre d'espèces de R2.

Selon cette méthode, il a été convenu dans le cadre de cette étude que deux communautés végétales étaient similaires si I_j était supérieur ou égal à 50 p. 100.

Productivité

Le matériel végétal a été récolté en fin de période active de végétation par la méthode de coupe rase à l'intérieur de 16 placeaux de 10 m x 10 m mis en défens pour toute la durée de l'étude. Ces placeaux étaient répartis sur le terrain sur la base de la géomorphologie en rapport avec les conditions de drainage du sol et selon les principales formations végétales : 3 placeaux dans les jachères sur plateau, 5 placeaux dans les savanes de dépression et 8 placeaux dans les savanes sur plateau. L'intervalle de temps adopté entre deux séries de coupe était de 30 jours. A chaque date de coupe, sept carrés de 1 m de côté ont été choisis au hasard à l'intérieur de chaque placeau quadrillé et coupés avec un sécateur de jardinier à ras du sol. La phytomasse de la strate herbacée ainsi récoltée a été triée en deux catégories : graminées et autres espèces. Les poids frais du matériel végétal ainsi coupé ont été évalués à l'aide de pesons à ressort de 500 ± 5 g et 1 000 ± 10 g au niveau de chacun des carrés. Pour chacune des deux catégories de plante, graminées et autres espèces, 150 g ont été prélevés sur le terrain dans des sachets de productivité pour la détermination du poids sec. Un préséchage a été réalisé sur le terrain à l'aide d'un dispositif composé d'un réchaud à gaz, d'une bonbonne de gaz et d'une caisse munie d'un support, conçu à cet effet. Les poids secs de tous les échantillons récoltés, pour l'estimation de la biomasse, ont été notés après séchage à l'étuve à 105 °C pendant 48 h jusqu'à poids constant.

Capacité de charge

Les capacités de charge à différentes périodes de l'année ont été calculées sur la base des phytomasses consommables selon la formule (2) :

$$\text{Journées de pâtûre/UBT} = \frac{k_i \times \text{quantité de biomasse totale (kg MS/ha)}}{6,25 \text{ kg MS/UBT/j}}$$

avec $k_i = \{k_1, k_2\}$ et $k_1 = 1/3$ pour les savanes ; $k_2 = 1/2$ pour les jachères ; MS = matière sèche ; UBT = unité de bétail tropical.

Utilisation des pâturages

Des suivis de troupeaux au pâturage ont été réalisés de jour comme de nuit. La pâture nocturne s'est faite généralement entre 3 et 7 h et la pâture diurne entre 9 et 20 h. A chaque suivi, les formations végétales exploitées ou traversées par les troupeaux ont été notées et les temps de pâture chronométrés.

Analyse des sols et de la végétation herbacée

Des échantillons des espèces consommées ont été analysés sur le plan bromatologique. Pour les analyses bromatologiques, la teneur en matière sèche a été déterminée à l'étuve à 80 °C pendant 24 h. La détermination des cendres a été faite par incinération dans un four à moufle. L'azote a été dosé suivant la méthode de Kjeldahl et la teneur des fourrages en matières azotées totales a été calculée selon la formule (10) :

Matières azotées totales = N x 6,25

avec N = teneur en azote

Le dosage de la cellulose brute a été fait suivant la méthode de Weende.

Les méthodes d'analyses chimiques utilisées ont été les méthodes officielles d'analyse de l'AOAC (Association of Official Analytical Chemists).

Des échantillons de sol ont été prélevés entre 0 et 15 cm de profondeur dans chaque type de pâturage et analysés au Laboratoire des Sciences du sol de la Faculté des Sciences agronomiques de l'Université nationale du Bénin.

La texture et la teneur des sols en matière organique ont été déterminées. Le taux de matière organique a été déterminé par calcination à 700 °C pendant 2 h. La granulométrie a été effectuée à l'aide de la méthode internationale modifiée par l'utilisation de la pipette de Robinson. La définition de la texture des sols a été faite suivant le diagramme des textures de la FAO.

Tableau I

Degré de communauté entre les différents types de pâturage comparés deux à deux

Pâturages comparés	Nb. d'espèces communes	Nb. d'espèces exclusives	I _j (%)
A et B	15	11	12,17
A et C	9	17	7,96
A et D	8	18	8,33
B et C	63	49	43,44
B et D	62	50	48,43
C et D	47	16	37,00

A = pâturage à *Schizachyrium sanguineum* et *Sorghastrum bipennatum*

B = pâturage à *Andropogon schirensis* et *A. chinensis*

C = pâturage à *Pennisetum unisetum* et *Chasmopodium caudatum*

D = pâturage à *Pennisetum polystachion* et *Andropogon gayanus*

■ RESULTATS ET DISCUSSION

Typologie des pâturages

Analyse phytosociologique confirmée par les coefficients de Jaccard

Sur la base des listes floristiques et de l'abondance des espèces dominantes, quatre types de pâturage ont été identifiés :

- le pâturage des savanes herbeuses à *Schizachyrium sanguineum* et *Sorghastrum bipennatum* des dépressions ;
- le pâturage à *Andropogon schirensis* et *A. chinensis* des savanes arborées sur plateau ;
- le pâturage à *Pennisetum unisetum* et *Chasmopodium caudatum* des savanes boisées et des forêts claires ;
- le pâturage à *Andropogon gayanus* et *Pennisetum polystachion* des jachères.

Les autres espèces compagnes qui étaient communes dans ces pâturages étaient : *Tephrosia elegans*, *Monocymbium cerasiiforme*, *Tephrosia nana*, *Isoblerlinia doka*, *Indigofera paniculata*, *Vitellaria paradoxa*. Le tableau I compare les pâturages deux à deux.

Les valeurs du coefficient de similitude de Jaccard, I_j, pour les différents types de pâturage comparés deux à deux sont toutes inférieures à 50 p. 100 (tableau I). Les différentes communautés végétales n'étaient donc pas similaires, ce qui a justifié la classification qui a été faite. Ainsi, le coefficient de similitude de Jaccard pour

les pâturages à *Schizachyrium sanguineum* et *Sorghastrum bipennatum*, et à *Andropogon schirensis* et *A. chinensis* a donné une valeur de 12,2 p. 100. Les auteurs ont déduit de ce résultat que le pâturage à *Schizachyrium sanguineum* et *Sorghastrum bipennatum*, et le pâturage à *Andropogon schirensis* et *A. chinensis* étaient différents sur le plan de leur composition floristique.

Types biologiques

Les spectres biologiques des pâturages sont présentés aux figures 2, 3, 4 et 5.

La figure 2 montre les spectres biologiques du pâturage à *Schizachyrium sanguineum* et *Sorghastrum bipennatum* des dépressions. Les espèces hémicryptophytes ont dominé alors que les thérophytes étaient les plus abondantes. Les deux espèces les plus dominantes étaient *Schizachyrium sanguineum* et *Sorghastrum bipennatum*. Elles ont contribué en moyenne au spectre pondéré pour 70 p. 100 et ont défini la physionomie du pâturage. Le tapis herbacé était exempt de tout ligneux.

Sur la figure 3 (pâturage de savanes arborées sur plateau), on note la prépondérance des phanérophytes par rapport aux thérophytes. En tenant compte du recouvrement moyen, c'étaient néanmoins les thérophytes qui ont alors dominé par rapport aux phanérophytes et aux hémicryptophytes.

Sur la figure 4 (pâturage de savanes boisées et de forêts claires), on peut constater l'abondance et la dominance des phanérophytes qui avaient le spectre brut le plus élevé, dépassant celui des théro-

phytes. L'abondance de ces phanérophytes ajoutée au recouvrement élevé de la strate arborescente (45 p. 100) expliquent le faible éclaircissement que l'on note au niveau de la strate herbacée. La figure 5 montre la répartition des spectres biologiques du pâturage à *Andropogon gayanus* et *Pennisetum polystachion* des groupements post-cultureux. Les phanérophytes présents sous forme de recrues étaient les plus abondants. En revanche, c'étaient les thérophytes qui étaient les plus dominants dépassant les phanérophytes.

Il est à noter que les phanérophytes qui ont été recensés dans la strate herbacée au cours des relevés étaient constitués de jeunes plants issus de semences d'arbres qui ont soit survécu au feu de brousse de la saison sèche récente, soit échappé au broutage. Les fréquences assez élevées des phanérophytes au niveau de la strate herbacée ainsi que leur fort pourcentage de recouvrement étaient très révélateurs de l'état de dégradation des pâturages, caractérisé par la régression des graminées hémicryptophytes (13).

■ RESSOURCES ALIMENTAIRES

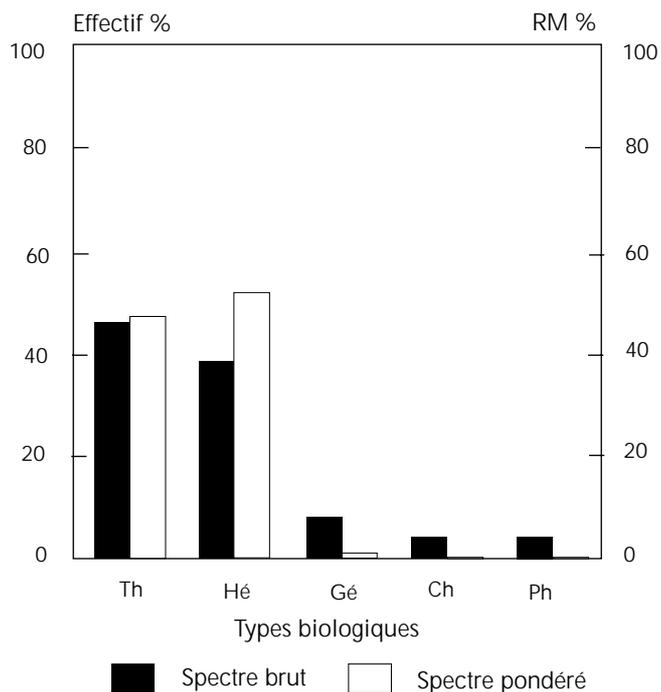


Figure 2 : spectres biologiques du pâturage à *Schizachyrium sanguineum* et *Sorghastrum bipennatum*.

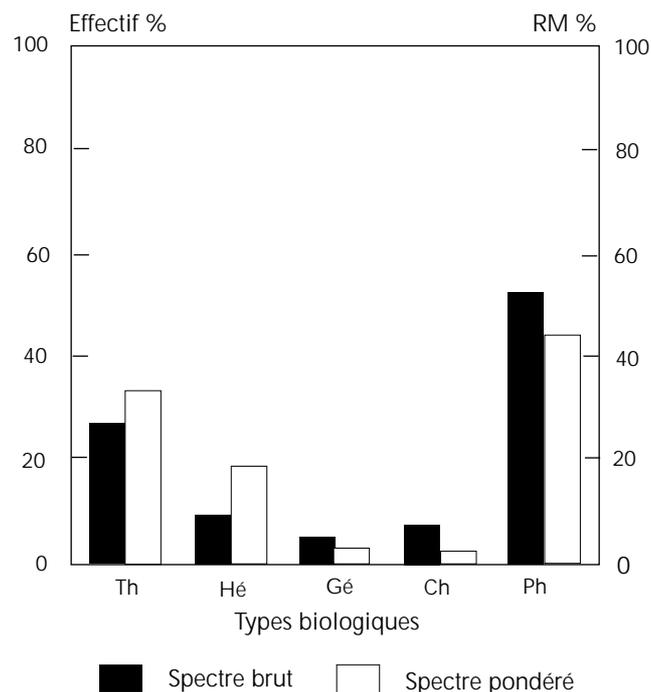


Figure 4 : spectres biologiques du pâturage à *Pennisetum unisetum* et *Chasmopodium caudatum*.

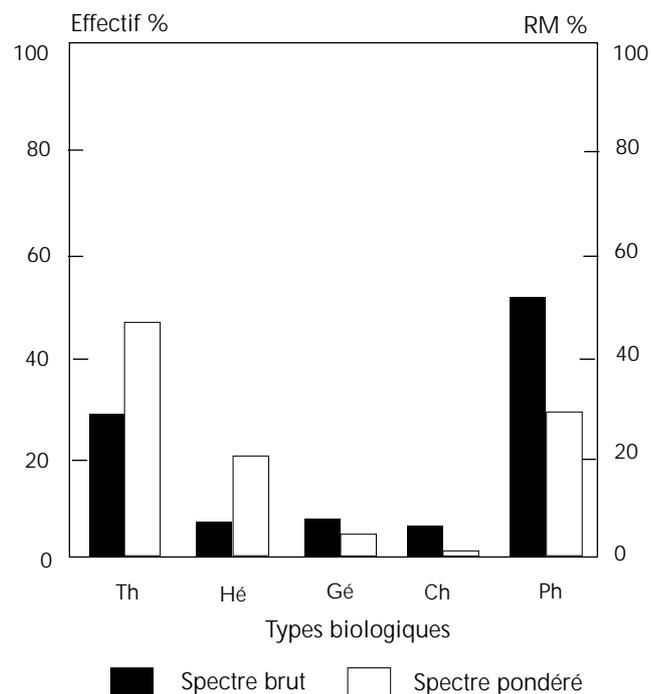


Figure 3 : spectres biologiques du pâturage à *Andropogon schimperi* et *A. chinensis*.

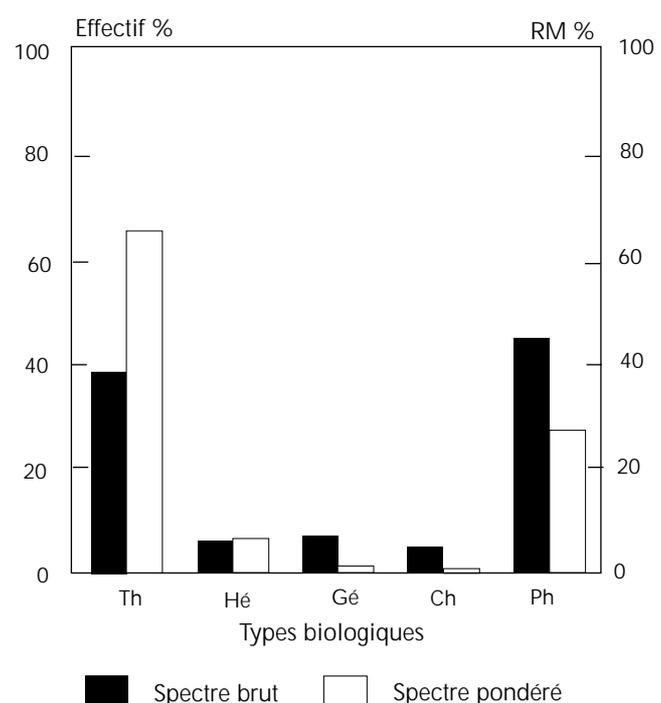


Figure 5 : spectres biologiques du pâturage à *Pennisetum polystachion* et *Andropogon gayanus*.

Phytomasse

La production de matière sèche était très variable d'un type de pâturage à l'autre. La phytomasse a varié entre 3,4 et 5,2 t MS/ha. La disponibilité en eau du sol, directement liée à la position topographique, a joué un rôle important (5, 8, 12). Ainsi, la savane herbeuse à *Schizachyrium sanguineum* et *Sorghastrum bipennatum* située dans les bas-fonds et donc relativement humide, avait la phytomasse la plus élevée, soit 5,2 t MS/ha. De plus, le sol avait une forte teneur en éléments fins (tableau II).

Le tableau III présente les résultats, exprimés en poids de matière sèche au pic de biomasse.

D'une manière générale, la phytomasse herbacée est d'autant plus élevée que le sol est riche en fractions fines et que le couvert ligneux est faible. La valeur de la phytomasse la plus faible,

3,4 t MS/ha, était celle du pâturage à *Pennisetum unisetum* et à *Chasmopodium caudatum*. Ce pâturage pousse sur plateau, sous un couvert ligneux important (45 p. 100). Ceci limite vraisemblablement la densité des touffes quoique *Pennisetum unisetum* ait une tendance sciaphile en zone soudanienne (13). Cette différence de la phytomasse selon la situation topographique est attribuable à la composition floristique en rapport avec les conditions du sol (approvisionnement en eau, caractères physiques et chimiques des sols) et à la structure des groupements végétaux herbacés (11).

D'une façon générale, les données de phytomasse de la zone étudiée s'inscrivent dans le même ordre de grandeur que celles obtenues par différents auteurs à des latitudes similaires dans les régions soudano-guinéennes : 3 à 10 t MS/ha à Ouango-Fitini à 9°35 N (5) et 3,3 à 7,4 t MS/ha au Nigeria (1).

Tableau II

Constitution texturale, teneur en matière organique et texture des sols des différents types de pâturage

Pâturage à	Humidité (%)	MO (%)	Granulométrie (%)			
			Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable
<i>Schizachyrium sanguineum</i> et <i>Sorghastrum bipennatum</i>	1,05	3,23	12,66	14,59	6,48	61,53
<i>Andropogon schirensis</i> et <i>A. chinensis</i>	0,79	2,70	7,10	9,25	5,04	74,52
<i>Pennisetum unisetum</i> et <i>Chasmopodium caudatum</i>	0,89	2,68	6,18	7,09	4,85	77,48
<i>Pennisetum polystachion</i> et <i>Andropogon gayanus</i>	0,57	2,13	5,62	5,78	2,16	83,36

MO = matière organique

Tableau III

Comparaison des phytomasses des différents types de pâturage selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5 p. 100

Types de pâturage	Moyennes (g MS/m ²)	Groupes homogènes
Variable : graminées		
Pâturage à <i>Schizachyrium sanguineum</i> et <i>Sorghastrum bipennatum</i>	490,43	A
Pâturage à <i>Andropogon schirensis</i> et <i>A. chinensis</i>	480,99	A
Pâturage à <i>Pennisetum unisetum</i> et <i>Chasmopodium caudatum</i>	405,65	B
Pâturage à <i>Pennisetum polystachion</i> et <i>Andropogon gayanus</i>	340,69	C
Variable : biomasse totale		
Pâturage à <i>Schizachyrium sanguineum</i> et <i>Sorghastrum bipennatum</i>	519,95	A
Pâturage à <i>Andropogon schirensis</i> et <i>A. chinensis</i>	511,96	A
Pâturage à <i>Pennisetum unisetum</i> et <i>Chasmopodium caudatum</i>	411,37	B
Pâturage à <i>Pennisetum polystachion</i> et <i>Andropogon gayanus</i>	345,32	C

Les résultats de l'analyse statistique des données de productivité sont présentés dans le tableau III en distinguant la biomasse des graminées de la biomasse totale au niveau des quatre types de pâturage. Les résultats de l'analyse de variance révèlent une différence significative au seuil de 5 p. 100 entre les types de pâturage.

L'analyse de ces résultats permet de distinguer trois types de pâturage du point de vue de la productivité de phytomasse. Ceci est à la fois valable pour les graminées et pour la biomasse totale. Ainsi, les phytomasses des pâturages à *Schizachyrium sanguineum* et *Sorghastrum bipennatum* des savanes herbeuses de dépression, et à *Andropogon schirensis* et *A. chinensis* des savanes arborées sur plateau ne présentent pas de différence significative au seuil de 5 p. 100.

La faible productivité des pâturages de savanes à *Pennisetum unisetum* et *Chasmopodium caudatum* et des jachères à *Pennisetum polystachion* et *Andropogon gayanus* était liée à la pauvreté chimique de leurs sols, notamment en matière organique et en argile.

Capacité de charge

La capacité de charge en biomasse animale est proportionnelle à la biomasse végétale. Les capacités de charge théorique des deux principales formations végétales (jachère et savane) étaient respectivement de 0,86 UBT/ha/an soit 1,16 ha/UBT/an et de 0,60 UBT/ha/an soit 1,66 ha/UBT/an au pic de biomasse.

Pendant la saison pluvieuse, la valeur des pâturages était en général satisfaisante et la phytomasse produite pouvait supporter des charges de l'ordre de 1,93 UBT/ha. A cette période, le taux de charge de la région devient faible par rapport à la disponibilité de fourrages, ce qui se traduit sur le terrain par une sous-exploitation des pâturages (11).

Au début de la saison sèche, les touffes de graminées qui n'étaient pas broutées se sont lignifiées et 90 p. 100 de la biomasse produite a été détruite par les feux de brousse.

Pendant la saison sèche (novembre à mars) il a fallu 6,25 ha/UBT, soit une charge de 17 200 UBT pour toute la forêt classée, si l'on considère qu'il ne reste qu'un dixième de la biomasse après le passage des feux de brousse.

Ces résultats expliquent les difficultés que rencontraient les éleveurs dans leur recherche de fourrage pour leur troupeau pendant la saison sèche, la zone d'étude ayant constitué pendant cette période un lieu d'accueil des troupeaux transhumants en provenance des pays limitrophes du Bénin. Les troupeaux nigériens allaient pour la plupart au Togo pour rejoindre l'important marché à bétail d'Anié situé à une cinquantaine de kilomètres de Tchêti (sous-préfecture de Savalou) à la même latitude que la zone d'étude.

Malgré l'occupation de la forêt classée de Wari Maro par les troupeaux domestiques, la faune sauvage y est relativement bien représentée (7). La flore est à la fois aussi bien fournie au niveau de la strate arborescente qu'herbacée. Ceci est un atout pour la production animale au sens large. En effet, les plantes non consommées par les bovins domestiques peuvent être exploitées par certains ruminants (6). Il peut en résulter un potentiel de charge plus élevé avec la présence conjointe d'ongulés domestiques et sauvages.

Composition chimique de la strate herbacée

Le tableau IV présente les résultats d'analyse bromatologique de quelques espèces constituantes des pâturages étudiés. D'une manière générale, les espèces analysées ont présenté une faible valeur fourragère, fonction de l'anatomie des feuilles, du poids des chaumes et de la démographie foliaire de chaque espèce (2, 5, 13). L'analyse des résultats a révélé que la teneur en matières azotées totales (MAT) des espèces fourragères était proportionnelle à l'indice de qualité (4, 13). L'espèce *Andropogon gayanus* qui avait la plus forte teneur en MAT (2,85 p. 100) parmi les espèces analysées était manifestement celle qui était la plus recherchée par les bovins. De même l'espèce *Sorghastrum bipennatum*, avec une faible teneur en MAT (0,13 p. 100), était peu broutée.

Cette concordance entre les indices de qualité (définis de manière empirique) et les teneurs en nutriments montre bien que le choix d'une espèce fourragère par les animaux est souvent en corrélation positive avec sa valeur alimentaire.

Exploitation traditionnelle des pâturages

Les suivis périodiques des troupeaux bovins à travers les différentes formations végétales ont permis une meilleure connaissance du mode d'exploitation des pâturages de la région d'étude pendant la saison pluvieuse. La figure 6 montre comment les différentes formations végétales ont été exploitées.

D'une façon générale, les jachères étaient les milieux les plus exploités pendant la saison des pluies. Le temps de pâture était plus élevé dans les jachères que dans les savanes de juin à septembre avec un écart maximum de 21 p. 100 en août (période de floraison d'*Hyparrhenia involucrata* qui dominait la majorité des pâturages). Avant la floraison, cette espèce végétale était bien appréciée et l'essentiel de l'alimentation des animaux se faisait au niveau de la strate herbacée. En juin, les distances parcourues par les éleveurs pour nourrir le bétail ne dépassaient guère 5 km/jour. Les jachères constituaient les milieux les plus fréquentés de par leur situation assez proche des villages. Du point de vue structural,

Tableau IV

Résultats d'analyse de quelques espèces dominantes des différents types de pâturage dans la zone d'étude (dates de récolte : 28-30/08/95)

Espèces	MS (%)	Cendre (%)	Matières azotées totales (%)	Cellulose brute (%)
<i>Hyparrhenia involucrata</i>	90,7	7,9	0,9	44,33
<i>Schizachyrium sanguineum</i>	89,3	8,8	1,9	41,16
<i>Andropogon gayanus</i>	89,4	6,4	2,8	41,33
<i>Andropogon schirensis</i>	90,5	10,7	0,9	43,09
<i>Sorghastrum bipennatum</i>	93,1	10,2	0,1	39,83

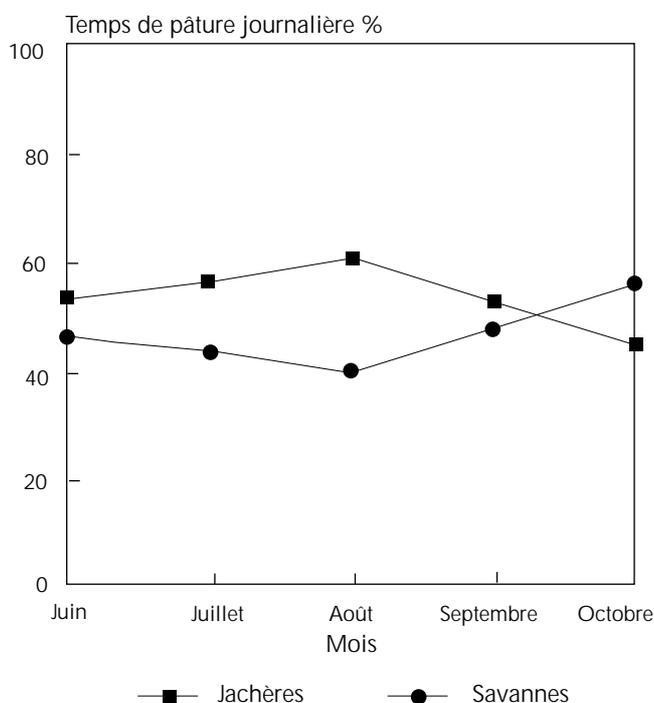


Figure 6 : répartition des temps de pâture journalière dans les savanes et les jachères.

le pâturage des jachères est demeuré assez ras durant une bonne partie de la période humide. Dans les dépressions, les graminées étaient au début de la montaison et leur taille ne dépassait guère 50 cm, ce que préféraient généralement les bovins. Pendant cette première phase de la période humide (juin-juillet), les espèces les plus consommées dans les jachères étaient des graminées telles que *Andropogon gayanus*, *Brachiaria falcifera*, *Hyparrhenia involucrata*, etc. Dans les savanes de dépression proches des lieux d'abreuvement des animaux, les espèces comme *Schizachyrium sanguineum* et *Sorghastrum bipennatum* étaient appréciées. A partir de la fin du mois de juillet, les bovins ont aussi pâture la nuit. Ce phénomène de pâture nocturne est particulièrement remarquable chez les bovins de race Zébu.

Au mois d'août, diverses dicotylédones fourragères ont été consommées, notamment les légumineuses fourragères telles que *Tephrosia bracteolata*, *Indigofera paniculata*, *Chamaecrista mimosoides*, *Crotalaria microcarpa*, etc. Les autres espèces appréciées étaient *Tridax procumbens*, *Hibiscus asper*, etc.

En septembre, les préférences alimentaires n'étaient pas très différentes de celles du mois de juillet. Le problème d'abreuvement ne s'est guère posé. Dans les savanes où les graminées ont dominé la strate herbacée, les espèces ont été consommées à des stades de développement et à des degrés divers. Les espèces les plus consommées étaient les graminées telles que *Andropogon gayanus*, *Andropogon schirensis*, *A. chinensis* et *Brachiaria falcifera*. Les jachères ont été exploitées en raison de la qualité de leur fourrage due essentiellement aux espèces telles que *Pennisetum polystachion*, *Andropogon gayanus*, *Chasmopodium caudatum* et *Tridax procumbens*. Les graminées ont été préférées pendant cette période dans les jachères comme dans les savanes et ont constitué la majeure partie de la phytomasse ingérée.

La pâture nocturne est un fait courant et elle s'explique pour diverses raisons. Elle a lieu habituellement entre 3 et 7 h du matin. Elle présente, selon les agro-éleveurs, un double avantage : d'une part, l'abreuvement des animaux n'est pas indispensable grâce à la présence de la rosée sur les espèces fourragères prélevées et à la douceur de la température de la nuit ; d'autre part, les animaux pâturent aisément du fait de l'absence de mouches tsé-tsé pendant la nuit. En définitive, la pâture nocturne pratiquée par les agro-éleveurs est liée aux contraintes climatiques et écologiques du milieu.

En octobre, les graminées qui ont constitué les espèces les plus exploitées étaient dans leur majorité lignifiées. Mais, paradoxalement, les savanes de la forêt classée de Wari Maro étaient les milieux les plus exploités par les troupeaux autochtones et transhumants qui y ont trouvé des pâturages entretenus par la fréquentation régulière. Les animaux se sont toujours alimentés au niveau de la strate herbacée au cours de ce mois. Le Lingué *Afzelia africana* et le Caïlcédrat *Khaya senegalensis* qui sont les ligneux les plus consommés pendant la saison sèche (11) n'étaient pas jusque là émondés.

L'arrivée de la saison sèche, avec l'allumage généralisé des feux de brousse, a limité la disponibilité fourragère de la strate herbacée. Les résidus de récolte auxquels s'est ajouté le fourrage des ligneux fourragers, malgré leur richesse en protéine et en énergie fourragère, ne sont pas arrivés à résoudre le problème d'alimentation pour les troupeaux autochtones et pour les transhumants étrangers à la région : la densité des arbres fourragers était trop faible face à l'afflux grandissant des troupeaux et à leurs besoins d'entretien.

■ CONCLUSION

L'analyse des résultats phytosociologiques des pâturages naturels a permis l'établissement d'une typologie des pâturages soudano-guinéens de la forêt classée de Wari Maro. Quatre types de pâturage se sont différenciés :

- le pâturage à *Schizachyrium sanguineum* et *Sorghastrum bipennatum* des dépressions à sols riches en éléments fins et ayant la phytomasse la plus élevée ;
- le pâturage à *Andropogon schirensis* et *A. chinensis* des savanes arborées ;
- le pâturage à *Pennisetum unisetum* et *Chasmopodium caudatum* des savanes boisées et des forêts claires ayant la phytomasse la plus faible sous un couvert ligneux ;
- le pâturage à *Pennisetum polystachion* et *Andropogon gayanus* des jachères.

Pendant la saison pluvieuse, le pâturage à *Pennisetum polystachion* et *Andropogon gayanus* des jachères était le plus exploité. Après le passage des feux de brousse de saison sèche, la capacité de charge saisonnière de la zone est devenue très faible et il fallait plus de six hectares pour couvrir les besoins d'entretien d'une UBT. Cette faible capacité de charge saisonnière explique les difficultés que rencontraient les éleveurs dans leur recherche de fourrage pour leurs troupeaux pendant la saison sèche. Le déplacement des troupeaux vers les savanes, ou transhumance, est devenu une nécessité en saison sèche et c'étaient les aires protégées qui, dans la majorité des cas, ont subi de fortes pressions de pâture par les troupeaux domestiques.

BIBLIOGRAPHIE

1. AFOLAYAN T.A., 1978. Grass biomass production in Northern Guinea savanna ecosystem. *Oecol. Plant.*, **13**: 375-386.
2. BOUDET G., 1984. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères, 4^e ed. Paris, France, Ministère des relations extérieures, coopération et développement, 266 p. (Coll. Manuels et précis d'élevage)
3. BRAUN-BLANQUET J., 1932. Plant sociology. The study of plant communities. New York, USA, London, UK, Mc Gray Hill, 439 p.
4. DAGET P., POISSONET J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. *Ann. Agron.*, **22** : 5-41.
5. FOURNIER A., HOFFMANN D., DEVINEAU J.L., 1982. Variations de la phytomasse herbacée le long d'une toposéquence en zone soudano-guinéenne, Ouango-Fitini (Côte d'Ivoire). *Bull. IFAN*, **44** (1-2) : 71-77.
6. FRITZ H., DUNCAN P., 1993. Large herbivores in rangelands. *Nature*, **364**: 292-293.
7. HEYMANS J.C., PETIT J.M., 1985. Etude et aménagement de la forêt classée des Monts Kouffé (République du Bénin). Note préliminaire. *Tropicicultura*, **3** : 88-92.
8. LE HOUEROU H.N., 1989. The grazing land ecosystems of the African Sahel. Berlin, Germany, Springer-Verlag, 228 p.
9. PAGOT J., 1985. L'élevage en pays tropicaux. Paris, France, Maisonneuve et Larose, ACCT, 526 p.
10. RIVIERE R., 1977. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Paris, France, Ministère de la coopération, 523 p. (Coll. Manuels et précis d'élevage n° 9)
11. SINSIN B., 1991. Exploitation des pâturages naturels dans un système traditionnel d'élevage bovin dans le périmètre Nikki-Kalalé. In : Actes IV^e Congr. int. des terres de parcours, Montpellier, France, 22-26 avril 1991, p. 660-662.
12. SINSIN B., 1991. Influence de la topographie sur la production pluviale des pâturages herbacés des savanes soudaniennes du Nord-Bénin. In : Actes Sémin. int. Gestion agroclimatique des précipitations, Bamako, Mali, 9-13 décembre 1991.
13. SINSIN B., 1993. Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, production et capacité de charge des pâturages naturels du périmètre Nikki-Kalalé au Nord-Bénin. Thèse Doct., Université Libre de Bruxelles, Belgique, 390 p.
14. SINSIN B., OUMOROU M., OGOUBYI V., 1996. Les faciès à *Andropogon pseudapricus* des groupements post-cultureux et des savanes arbustives du Nord-Bénin : dissemblance floristique et caractères communs. In : Van der Maesen L.J.G., Van der Burgt, Van Medenbach de Rooy J.M., eds., The biodiversity of African plants. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, p. 231-238.
15. TCHIWANOU M., 1994. Les Fulbé éleveurs face aux nouvelles stratégies de gestion participative des ressources forestières au Bénin. *Nature Info Bénin* (2-3) : 14-15.

Reçu le 12.8.97, accepté le 15.12.98

Summary

Agonyissa D., Sinsin B. Productivity and carrying capacity of natural grassland in Benin

This study was carried out in the Sudano-Guinean grassland of Wari Maro protected forest in the central region of Benin. Four pasture types were distinguished based on the results of phytosociological relevés. They were *Schizachyrium sanguineum* and *Sorghastrum bipennatum* of grass savanna sunken sites, *Andropogon schirensis* and *A. chinensis* savannas, *Pennisetum unisetum* and *Chasmopodium caudatum* savannas and, finally, *Pennisetum polystachion* and *Andropogon gayanus* fallows. At the end of the rainy season, biomass varied from 3.45 ± 0.50 to 5.19 ± 0.86 t DM/ha. *Schizachyrium sanguineum* and *Sorghastrum bipennatum* in sunken pastures produced the highest biomass. The periodic carrying capacity of pastures after bush fire was estimated as 0.16 tropical livestock unit per hectare (TLU/ha), or a dry season capacity of 17,200 TLU for 107,500 ha. In the wet season cattle management and grassland exploitation depended on phytomass and water availability in the extensive husbandry system of the studied area.

Key words: Grazing - Biomass - Carrying capacity - Woodland - Savanna - Cattle - Livestock management - Benin.

Resumen

Agonyissa D., Sinsin B. Productividad y capacidad de carga de los pastizales naturales en Benin

El presente estudio se llevó a cabo en los pastizales sudano-guineenses del bosque clasificado de Wari Maro, en el centro de Benin. En base a los resultados obtenidos a partir de colectas fitosociológicas, se determinaron cuatro tipos de pastizales. Se trata de savanas herbáceas con *Schizachyrium sanguineum* y *Sorghastrum bipennatum* de las depresiones, de savanas de *Andropogon schirensis* y *A. chinensis*, de savanas de *Pennisetum unisetum* y de *Chasmopodium caudatum* y finalmente de tierras baldías con *Pennisetum polystachion* y *Andropogon gayanus*. La biomasa producida al final de la estación lluviosa varió de 3,45 ± 0,50 a 5,19 ± 0,86 t MS/ha. La biomasa más elevada se obtuvo en los pastizales con *Schizachyrium sanguineum* y *Sorghastrum bipennatum* de las depresiones. La capacidad de carga periódica después de los fuegos de monte se estimó en 0,16 unidades de ganado tropical por hectárea (UBT/ha), o sea una carga en la estación seca de 17 200 UBT, para una superficie de 107 500 ha. En la estación húmeda, el paso de los hatos y la explotación de los pastizales estuvieron ligados a la evolución de la fitomasa y a la disponibilidad de agua en el sistema de crianza extensivo utilizado en la zona estudiada.

Palabras clave: Pastoreo - Biomasa - Capacidad de carga - Formación boscosa - Savana - Ganado bovino - Manejo del ganado - Benin.

Equivalents lait et rendements en produits laitiers : modes de calculs et utilisation

C. Meyer¹ G. Duteurtre¹

Mots-clés

Lait - Produit laitier - Beurre - Fromage - Sous-produit laitier - Composition - Rendement - Méthode statistique - Ethiopie - Afrique.

Résumé

Pour des besoins statistiques, il peut être parfois utile de comparer des quantités de produits laitiers entre elles en les ramenant à des quantités équivalentes de lait. Pour cela, des coefficients de conversion sont utilisés. Les coefficients sont différents selon leur mode de calcul basé sur la composition du lait et des produits laitiers (équivalent lait) ou sur l'efficacité des modes de fabrication (rendement). Ainsi, les rendements des produits et des sous-produits du lait servent dans les études de filière à estimer la production de lait qui en est à l'origine. Les quantités de lait correspondant à un produit laitier ne s'additionnent pas à celles correspondant à ses sous-produits. Leur valeur est de l'ordre de 5 pour les fromages frais, 7,6 pour les laits en poudre, 10 pour les fromages secs, 22 pour le beurre, 25 pour l'huile de beurre (beurre liquide). Par contre, les équivalents lait proprement dits sont en général utilisés à une échelle plus large pour comparer des marchés et les quantités obtenues peuvent s'additionner les unes les autres. Mais celles-ci sont sous-estimées car tous les produits et sous-produits ne sont pas toujours commercialisés ni pris en compte dans les statistiques. Les équivalents lait les plus utilisés et ceux qui posent le moins de problèmes sont ceux basés sur la matière sèche. Leur valeur est de l'ordre de 2 pour les laits condensés, 2 pour les fromages frais, 4,4 pour les fromages secs, 6,6 pour le beurre solide, 8 pour l'huile de beurre et 7,6 pour les laits en poudre. Mais comme les autres coefficients basés sur les matières grasses, la matière sèche non grasse ou combinés, ils sont toujours biaisés. Lorsque ces coefficients sont employés, la méthode choisie et les coefficients utilisés doivent toujours être mentionnés.

■ INTRODUCTION

Les coefficients de conversion des divers produits laitiers en équivalents lait permettent de remplacer une quantité donnée de produits laitiers par une quantité de lait équivalente. Leur principe revient à évaluer la quantité de lait ayant été nécessaire à la fabrication des produits considérés. Cette conversion permet alors d'estimer et de comparer les quantités de produits disponibles ou consommés à l'échelle d'un marché urbain, national ou régional, ou au niveau du marché mondial. Pour cela, les coefficients de conversion s'appliquent non seulement au lait en nature, mais aussi aux produits laitiers tels que la crème, le beurre et le fromage et aux sous-produits tels que le babeurre et le lactosérum (encadré 1).

Or, il apparaît des différences importantes dans ces coefficients ou facteurs de conversion utilisés par différents auteurs. Aussi, Metzger et coll. (11) font remarquer qu'il serait souhaitable qu'ils soient employés avec discernement et avec une valeur identique dans toutes les études. Richarts et Mikkelsen (20) expliquent cependant que la détermination d'équivalents lait corrects pour toutes les situations est quasi impossible. Le but de cette note est d'éclairer ce problème.

Les coefficients relevés dans la littérature, parfois très différents pour un même produit laitier, sont analysés. Après un rappel des étapes de la transformation du lait et donc de la filiation des produits laitiers et sous-produits à partir du lait, l'historique des modes de calcul des équivalents lait dégage les différents types de coefficients. Le choix de ceux-ci est alors discuté en fonction de diverses situations illustrées par deux exemples.

1. Cirad-emvt, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

Encadré 1

Caillé, lait fermenté et autres produits laitiers

Le **lait fermenté** (*fermented milk* ou *sour milk*) est un produit largement consommé en Afrique subsaharienne. Il résulte de la fermentation lactique du lait. Cette fermentation peut provenir de l'ajout de ferments par ensemencement du lait. Mais elle peut aussi résulter de la présence naturelle des bactéries lactiques dans le milieu (14). En Afrique et ailleurs se rencontrent une grande diversité de laits fermentés. Le **yaourt** est un lait fermenté standardisé obtenu par l'action de deux ferments : *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Le **kéfir** (ou képhir) est un lait fermenté liquide dans lequel se sont développées, en plus des bactéries lactiques, des levures produisant de l'alcool (8).

La **coagulation** du lait entier ou écrémé ou du babeurre correspond à des modifications physico-chimiques de la caséine sous l'action d'acides et/ou d'enzymes protéolytiques. Ces modifications entraînent la formation d'un réseau protéique appelé **coagulum** (4). Les substances coagulantes peuvent être issues de fermentation (c'est le cas de l'acide lactique). En Afrique, le latex de *Calotropis procera* est souvent utilisé comme coagulant dans la fabrication fromagère (13). La **présure** est une enzyme coagulante issue de la caillette des veaux.

Le **caillé** (*curd*) est obtenu par l'égouttage du coagulum. Il consiste en la séparation du lactosérum après rupture mécanique du coagulum, par moulage ou par pression. Suivant les maturations ou les traitements physiques qu'il subit, le caillé peut être consommé sous forme de fromage frais ou fromage caillé (*fresh cheese* ou *curd cheese*) ou bien transformé en d'autres types de fromages plus élaborés (4). Le fromage blanc (*cottage cheese*) est une variété de fromage caillé.

L'usage du terme **lait caillé** pour qualifier un lait fermenté est imprécis. Il peut conduire à confondre le lait fermenté et le fromage frais (caillé).

Le **lactosérum** ou petit-lait de fromagerie (*whey*) est le sous-produit de la fabrication du fromage à partir du lait ou du babeurre.

Le **beurre cosmétique** est utilisé en Ethiopie par une grande majorité de femmes pour l'entretien des cheveux, même en zone urbaine. C'est du beurre solide, très frais, en principe d'origine rurale. Son application permet un graissage des cheveux, une hydratation du cuir chevelu et soulagerait aussi certains maux de tête.

Le **babeurre** (*buttermilk*) est le résidu liquide sous-produit de la fabrication du beurre à partir de lait ou de crème. Lactosérum, babeurre et lait écrémé sont appelés petit-lait.

Les **huiles de beurre** (*butteroils*) sont des produits définis par des normes internationales. Ils résultent de l'extraction quasi totale de l'eau et de l'extrait sec non gras du lait de vache. Sont différenciés par ordre de qualité décroissante les matières grasses laitières anhydres (MGLA) (*anhydrous milkfat*), le *butteroil* anhydre ou matières grasses butyriques anhydres (MGBA) (*anhydrous butteroil* ou *anhydrous butterfat*) et le *butteroil* ou matières grasses butyriques (MGB) (*butteroil* ou *butterfat*). Cette qualité dépend de la fraîcheur de la matière première utilisée ainsi que de la teneur finale en matières grasses (7).

Le **ghee** (*ghee*), lui aussi défini par des normes, résulte de l'extraction quasi totale de l'eau et de l'extrait sec de lait, de crème ou de beurre provenant de différentes espèces animales. Il possède une structure physique particulière (7). Le terme ghee provient du terme hindi *ghi* : beurre clarifié semi-solide fabriqué en Inde et dans les pays voisins, en général à partir de lait de bufflesse.

Le **beurre fondu** liquide ou beurre clarifié (*melted butter* ou *clarified butter*) résulte du chauffage du beurre. Il ne répond à aucune norme précise. En Afrique, les beurres fondus liquides sont parfois épicés (14).

Les **laits concentrés** ou laits condensés ou laits évaporés (*concentrated milk*, *condensed milk* ou *evaporated milk*) résultent d'une déshydratation partielle du lait par évaporation. Les laits concentrés sucrés sont distingués du lait concentré non sucré (9). Ils peuvent être obtenus à partir de lait entier, de lait écrémé ou de lait partiellement écrémé.

La **poudre de lait** ou lait en poudre ou lait sec (*powder milk*, *milk powder* ou *dry milk*) résulte du séchage d'un lait évaporé. Les poudres obtenues à partir de lait entier (*whole milk powder*, *WMP*), de lait écrémé (*skim milk powder*, *SMP*) ou de lait partiellement écrémé sont différenciées. Il existe aussi du babeurre sec (*dry buttermilk*), du petit-lait sec (*dry whey*) et de la crème en poudre.

Lexique complémentaire français-anglais :

caillette = *abomasum*
ensemencement = *inoculation*
ferments = *starter*
présure = *rennet*, *rennin*, *runnet*

■ LES DIFFERENTS TYPES D'EQUIVALENTS LAIT

Les divers coefficients de conversion

Selon les auteurs et les usages, différents coefficients de conversion ont été utilisés (tableau I). Une hétérogénéité est constatée pour certains produits. Ainsi, pour les beurres, il y a quatre groupes de coefficients et les valeurs extrêmes obtenues dans des groupes différents sont 0,12 et 21,8, soit un rapport de 1 à 182. Pour les fromages, la variation va de 2 à 10,04, soit un rapport extrême de 1 à 5.

Filiation des produits laitiers et des sous-produits à partir du lait

Les techniques de transformation utilisées en Afrique diffèrent souvent des schémas industriels. Avant d'aborder toute dis-

cussion sur les coefficients de conversion, il est bon de rappeler la filiation des produits laitiers et des sous-produits à partir du lait.

Dans le cas d'une laiterie industrielle, les opérations de transformation peuvent être représentées schématiquement par la figure 1. En même temps que le beurre (produit laitier recherché), on obtient du lait écrémé et du babeurre (qui sont des sous-produits). Le lait écrémé peut être utilisé en l'état ou transformé en poudre de lait écrémé. En même temps que le fromage, un sous-produit, le lactosérum, est obtenu. Lactose et protéines du lactosérum sont utilisés. Dans le cas de la fabrication de fromage, il est possible de partir de lait entier ou de lait de mélange obtenu avec du lait entier et du lait écrémé.

Tableau I
Facteurs de conversion des produits laitiers en lait relevés dans la littérature

	EL selon les MG				EL selon la MS					MS non grasse			EL combiné	
	Références : 20a	20b	23	5	10	25	11	1	23	20c	20d	20e	20	
Lait entier frais	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Yoghourt														
Lait écrémé				0,7			1,0	1,2						
Lactosérum				0,5	1,0									
Lait condensé entier	2,15			2,1	2,0	2,0	2,0	2,2		2,09		2,1	2,285	
Lait condensé écrémé				1,9	2,0									
Fromage frais ou caillé				2,0	3,2	4,4								
Fromages	7,49	6,15		4,4	3,2	4,4	4,4	4,4	6,00*	9,99	10,04*	8,333	7,55	
Lactosérum en poudre				7,6	7,6				6,00					
Lait en poudre entier	7,36	6,79		7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,30	8,26	8,17	8,26	7,995	
Lait en poudre écrémé	0,22	0,154	0,07	7,6	7,6	7,6		7,04		11,58	11,64	10,87	10,803	
Crème													1,00	
Beurre	21,8	21,15	19,56	6,6	7,3	6,6	6,6	6,6	8,99	0,12	19,58	1,00	1,00	
Huile de beurre				8,0	7,3	8,0								
Babeurre									8,96					
Caséine		33		7,4					11,74		34,45	33	33	

EL = équivalent lait ; MG = matières grasses ; MS = matière sèche

* Cheddar

1. Centres, 1995

5. Fao, 1978

10. Mbogoh, 1984

11. Metzger et coll., 1995

20. Richarts et Mikkelsen, 1996

20a. United States Department of Agriculture (USDA) selon la matière sèche. In : Richarts et Mikkelsen, 1996

20b. IDF C-Doc 174 Eurostat. In : Richarts et Mikkelsen, 1996

20c. USDA selon la matière sèche non grasse. In : Richarts et Mikkelsen, 1996

20d. Australian Dairy Corporation, Dairy Compendium, 1993. In : Richarts et Mikkelsen, 1996

20e. IDF C-Doc 174 Produktschap voor Zuivel (Pays-Bas). In : Richarts und Mikkelsen, 1996

23. Van't Riet, 1996

25. Von Massow, 1990

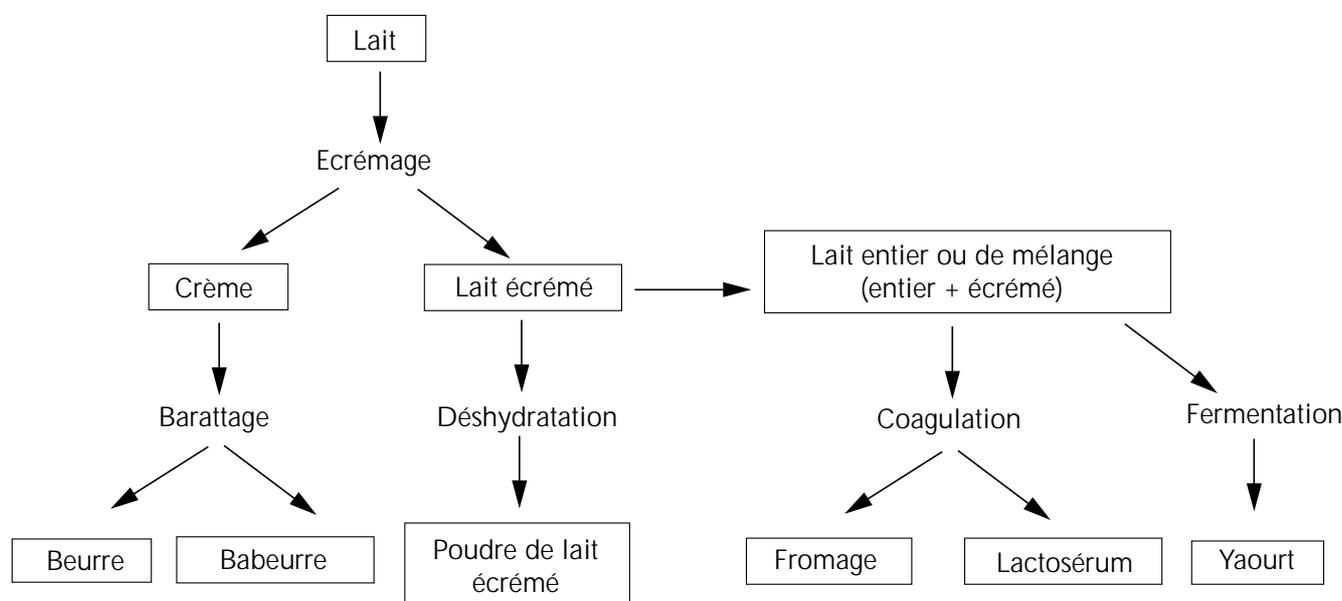


Figure 1 : diagramme de transformation du lait en laiterie industrielle.

Dans le cas des transformations traditionnelles en Afrique (figure 2), le beurre est obtenu directement à partir de lait acidifié entier et non pas à partir de crème. Le babeurre peut servir alors à la fabrication de fromage maigre qui est parfois déshydraté. Le lactosérum est consommé par la famille ou donné aux veaux. Le beurre lui-même est souvent transformé en huile de beurre par clarification. Ainsi, dans les deux cas, le même lait peut servir à la fabrication de beurre et aussi de fromage.

Historique des modes de calcul des équivalents lait

Les auteurs utilisent les termes d'équivalent lait, d'équivalent lait liquide ou d'équivalent lait entier (EqL, EqL, ou mieux EL). En anglais, il s'agit de *milk equivalent* ou *liquid milk equivalent* (M-E, M.E. ou ME), termes souvent employés, même lorsqu'il s'agit de rendement.

L'historique des modes de calcul des coefficients de conversion montre quatre types d'équivalents lait basés sur la composition des produits ou sous-produits du lait (19, 20).

Les premiers coefficients de conversion des produits laitiers en équivalent lait liquide utilisés au début du Marché commun en Europe étaient basés sur le taux de matières grasses (MG) du lait liquide et des produits qui en étaient tirés. Le beurre était responsable de la plus grande valeur commerciale de cet ensemble. Les autres sous-produits du lait pouvaient alors être négligés. Ainsi, le lait écrémé, produit en grande quantité, était beaucoup utilisé pour l'alimentation des animaux. Pour calculer le coefficient équivalent lait d'un produit laitier avec cette méthode, son taux de matières grasses est divisé par celui du lait d'origine. Les équivalents obtenus ainsi pour le beurre étaient de 22 (82 p. 100 / 3,7 p. 100) en Union européenne et de 20,5 (82 p. 100 / 4,0 p. 100) aux Etats-Unis. Ils étaient de 7 (lait à 3,7 p. 100 MG) ou de 6,5 (lait à 4,0 p. 100 MG) pour la poudre de lait.

Mais cette méthode conduit à négliger le lait écrémé et ses sous-produits et s'applique mal aux fromages. Pour beaucoup de fromages, en effet, le taux de matières grasses est inférieur à celui du lait

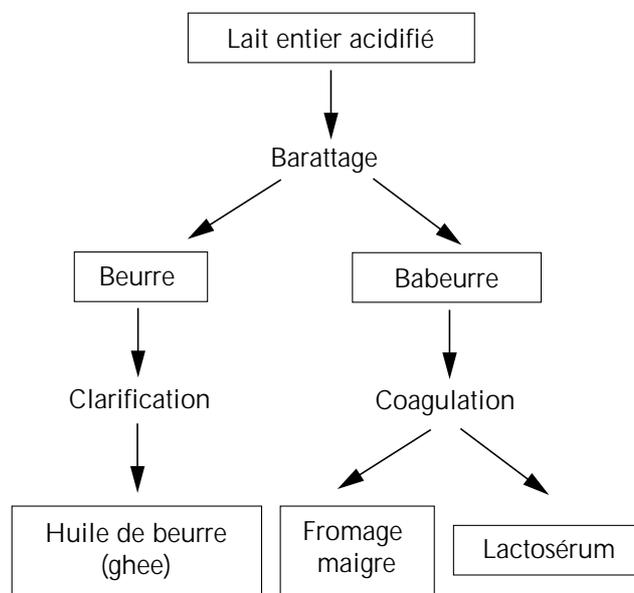


Figure 2 : diagramme de transformation traditionnelle du lait en Afrique (d'après O'Mahony et Peters, 1987).

d'origine, ce qui donne un coefficient inférieur à 1. De plus, le coefficient à utiliser n'est pas le même pour la production, les importations et les exportations au niveau d'un pays (par exemple 20,5 pour un beurre fabriqué en Amérique du Nord et 22 pour un beurre européen selon les taux de matières grasses du lait à l'origine).

Par la suite, d'autres coefficients ont été obtenus en se basant sur le taux de matière sèche du lait et des produits et sous-produits laitiers. Le coefficient est de l'ordre de 4 pour les fromages et de 6,6 (82 ou 83 / 12,5) pour le beurre. Les coefficients obtenus d'après la matière sèche sont peu adaptés au beurre et aux

fromages, à taux élevés de matières grasses ou de protéines. Ils conviennent bien pour décrire la situation générale de demande et d'approvisionnement d'un pays lorsque la demande est équilibrée en sous-produits. Mais, lorsque celle-ci est déséquilibrée (Italie qui importe beaucoup de fromages, Royaume-Uni qui importe beaucoup de beurre), des biais subsistent.

Malgré cela, la Fao a proposé des coefficients basés sur la matière sèche (tableau II). Mais dans les statistiques des pays, certains produits ne sont pas distingués : lait condensé entier et écrémé, fromages frais et non frais, beurre et huile de beurre. Pour ces ensembles, un coefficient moyen est considéré. Par exemple, pour les fromages en général un chiffre moyen est considéré : $(2,0 + 4,4)/2 = 3,2$. Le tableau I (référence 10) donne les coefficients utilisés par Mbogoh pour exploiter les données statistiques des pays.

Par ailleurs, les coefficients basés sur la matière sèche non grasse (*nonfat solids*) sont parfois utilisés. Ils sont calculés en divisant le taux de matière sèche non grasse du produit par celui du lait d'origine. Ces coefficients ne sont pas non plus entièrement satisfaisants puisqu'ils sous-estiment l'importance des produits à haute teneur en matières grasses tels que le beurre.

Enfin, une méthode combinant le taux de matières grasses et la matière sèche non grasse a été proposée. Elle est recommandée par la FIL (Fédération internationale laitière) à titre de compromis entre les pays membres (20). La méthode consiste à combiner des calculs séparés sur la base des matières grasses et sur la base de la matière sèche non grasse. Le coefficient permet de mieux rendre compte de l'importance des différents produits mais sous-estime encore les quantités de beurre. D'ailleurs, il est assez peu utilisé en pratique, contrairement à l'équivalent lait basé sur la matière sèche.

Tableau II

Facteurs de conversion des produits laitiers en EL basés sur la matière sèche (Fao, 1978)

Type de produit laitier	Matière sèche	Facteur de conversion %
1. Lait liquide entier	12,5	1,0
2. Lait liquide écrémé	8,5	0,7
3. Lactosérum (petit lait)	6,2	0,5
4. Lait condensé et évaporé		
- entier	26,0	2,1
- écrémé	24,0	1,9
5. Lait en poudre (entier et écrémé)	95,0	7,6
6. Lactosérum en poudre	95,0	7,6
7. Caséine	90,0	7,4
8. Fromage frais (<i>cottage cheese</i>)	25,0	2,0
9. Fromages (sauf frais)	55,0	4,4
10. Beurre	82,0	6,6
11. Huile de beurre	100,0	8,0

■ LIMITES DES EQUIVALENTS LAIT ET UTILITE DES RENDEMENTS

L'utilisation de l'équivalent lait peut être délicate

Il est important de considérer les produits laitiers produit par produit dans les analyses sur les marchés laitiers. En effet, les stratégies commerciales des producteurs, les techniques de transformation, les circuits de la commercialisation et les caractéristiques de la consommation sont le plus souvent radicalement différentes d'un produit à l'autre. La décomposition de l'analyse produit par produit est recommandée autant que possible, en prenant en compte les différents itinéraires techniques des produits dans la filière et la segmentation de la demande entre différents produits non substituables. L'équivalent lait doit être utilisé le moins possible. Il ne doit pas être employé sans justification.

L'équivalent lait dépend de la composition du lait de départ

De par leur mode de calcul, les équivalents lait dépendent de la teneur en matières grasses, en matière sèche ou en matière sèche non grasse du produit laitier envisagé et du lait de départ. Par exemple, le coefficient calculé selon les matières grasses pour la poudre de lait est de 7 pour un lait à 3,7 p. 100 de matières grasses et de 6,5 pour un lait à 4,0 p. 100 de matières grasses (19). Or, les taux de matières grasses et de protéines varient avec les espèces, les races et même les individus. Au sein d'une même race, la composition du lait varie aussi sous l'effet de nombreux facteurs externes liés aux saisons et à l'alimentation, ce qui induit là encore des risques dans l'utilisation des coefficients.

En ce qui concerne les espèces, le taux de matières grasses du lait de chèvre est de 4,5 p. 100 en moyenne. Celui du lait de bufflesse est le plus élevé : 7,7 p. 100 en moyenne (22).

En ce qui concerne les races, le taux de matières grasses moyen au contrôle laitier de 1995 en France a été de 4,06 p. 100 en race Prim'Holstein et de 5,86 p. 100 en race Jersiaise, mais seulement de 3,33 p. 100 en race Salers (18). Les zébus, qui constituent la majorité du cheptel africain, ont souvent un lait plus riche en matières grasses que celui des taurins européens : 5,0 p. 100 au lieu de 3,9-4,1 p. 100 en moyenne (15).

L'équivalent lait est lié à un produit et à un itinéraire technique

Les équivalents lait standards de la Fao traduisent la transformation du lait entier en différents produits laitiers selon l'utilisation théorique optimale de la matière sèche de ce lait. Ces coefficients rendent compte d'une manière relativement pertinente des transformations du lait dans le cadre de procédés industriels rationalisés comme ceux qui sont employés dans l'industrie laitière où l'ensemble de la matière sèche du lait fait l'objet d'une valorisation commerciale. Par exemple, sur le marché européen des produits de l'industrie laitière, si l'ensemble des produits sont affectés du coefficient EL de la Fao, un chiffre total assez proche de la production laitière à l'origine de ces produits est trouvé. Cependant, en Afrique, l'utilisation du lait est souvent beaucoup moins rationnelle et des techniques différentes sont utilisées aboutissant à un nombre limité de produits. De ce fait, un ajustement des coefficients de la Fao est alors nécessaire.

En fait, des équivalents lait propres à chaque mode de fabrication pourraient être calculés. Il faudrait alors détailler les coefficients pour tous les types de beurres et de fromages. La matière sèche des fromages varie par exemple de 25-30 p. 100 dans les fromages frais à 55-62 p. 100 dans les fromages à pâte pressée.

L'utilisation de l'équivalent lait tend à sous-estimer les produits non commercialisés

Enfin, l'utilisation de l'équivalent lait est particulièrement délicate dans les marchés africains où seulement une partie de la production est commercialisée. Ainsi, un nombre important de producteurs ruraux africains vendent du beurre ou de l'huile de beurre sans commercialiser systématiquement ni le babeurre, sous-produit du barattage, ni d'éventuels fromages fabriqués à partir de ce babeurre. C'est là une situation qui a prévalu jusqu'à la révolution laitière dans certaines régions d'Europe où seules les matières grasses du lait faisaient l'objet d'une commercialisation. Il est alors très difficile de calculer le pourcentage du babeurre ayant fait l'objet d'une transformation en fromage. Le petit lait n'est, pour ainsi dire, jamais commercialisé (figure 3).

Pour les producteurs des zones urbaines et périurbaines, au contraire, l'ensemble de la production est commercialisé sous forme de lait cru, soit pour être consommé directement, soit pour être transformé en laiterie. Les produits laitiers traditionnels ne sont que très rarement fabriqués par ces producteurs périurbains. Dans les laiteries urbaines qui sont industrielles ou artisanales, le plus gros de la matière sèche du lait fait l'objet d'une commercialisation, le fromage étant systématiquement vendu. Le petit lait est même parfois valorisé. De ce fait, une différence fondamentale sépare les producteurs ruraux des producteurs périurbains. Pour les premiers, les produits traditionnels présents sur les marchés urbains ne représentent qu'une partie seulement de la matière sèche du lait ayant servi à leur fabrication. Au contraire, les produits laitiers commercialisés par les producteurs périurbains représentent la quasi-totalité de la matière sèche du lait ayant servi à leur fabrication. Si alors la production laitière à l'origine des produits laitiers est calculée à l'aide des équivalents lait les plus couramment utilisés, l'importance de la production rurale par rapport à la production périurbaine est sous-estimée.

L'utilité des rendements

Dans les cas où la transformation laitière est réalisée sur l'exploitation dans un mode traditionnel, il paraît intéressant d'utiliser un coefficient qui affecterait à une quantité de produit la quantité de lait (en kilogrammes ou en litres) réellement nécessaire à la fabrication d'un kilogramme de produit. Ce coefficient est déjà utilisé en technologie laitière où il est appelé rendement. Il est beaucoup plus adapté aux analyses sur les produits laitiers d'origine rurale en Afrique.

Le rendement beurrier ou fromager est souvent exprimé en kilogrammes de produit pour 100 kg ou 100 l de lait entier ou de lait de mélange (tableaux III et IV). Un produit principal (celui qui a la plus grande valeur marchande) et des sous-produits sont définis. Le rendement du produit principal est égal à la production de lait nécessaire à la fabrication du produit principal et des sous-produits. De cette manière, une production dont la matière sèche n'a été que partiellement commercialisée n'est pas sous-estimée. En effet, le rendement d'un produit tel que le beurre contient ceux de ses sous-produits, le fromage maigre par exemple. De ce fait, à la différence des équivalents lait, les rendements des sous-produits ne s'additionnent pas à ceux des produits. Le tableau V représente le cas d'un marché où 1 000 t de beurre, 200 t d'huile de beurre et 200 t de fromages sont vendus en un an. Le calcul effectué en utilisant les équivalents lait basés sur la matière sèche sous-estime de près de 58 p. 100 la production de lait à l'origine de ces produits laitiers.

A titre d'exemple, en France, il est estimé que pour fabriquer 1 kg de fromage de type « pâtes pressées » comme le saint-paulin, l'édam, la mimolette et le gruyère, il faut en moyenne 10 l de lait (9). Ce

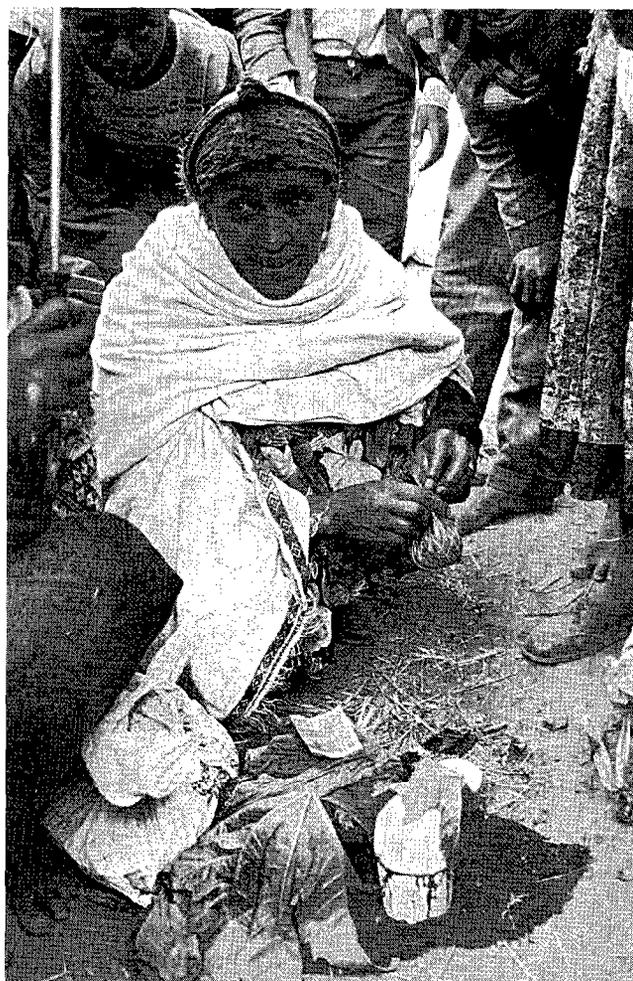


Figure 3 : vendeuse de beurre fermier sur un marché rural en Ethiopie. Seules les matières grasses font l'objet d'une commercialisation.

rendement varie beaucoup avec le type de fromage fabriqué. Veisseyre (24) donne quelques exemples de rendements moyens pour des fromages européens ; les quantités moyennes de fromage fabriquées avec 100 l de mélange ont été transformées en litres de lait de mélange nécessaires par kilogramme de produit (tableau IV).

Le rendement de la fabrication de fromage à partir de lait de dromadaire est plus faible qu'à partir de lait de vache (17). Ainsi, en Tunisie, avec la même technique de transformation, pour obtenir 1 kg de fromage sec, il a fallu 20,4 kg de lait de dromadaire au lieu de 17,9 kg de lait de vache (8).

Pourquoi utiliser les équivalents lait et les rendements ?

Le tableau VI récapitule les équivalents lait et les rendements les plus utilisés.

Les usages sont pour comparer des chiffres globaux : l'équivalent lait est utilisé par exemple pour comparer les consommations par habitant et par an, les quantités de produits commercialisés et importés, pour comparer des marchés, mais pas des productions.

Pour comparer les productions, certains produits pouvant ne pas être commercialisés, comme souvent en Afrique et dans certains pays utilisant les transformations traditionnelles du lait, la méthode précédente peut sous-estimer les quantités de lait réellement à l'origine des produits. Les rendements, utilisables pour tous les produits, peuvent alors servir à comparer des productions.

Tableau III

Exemples de rendements relevés dans la littérature

	Europe				Ethiopie	
	Références :	2	24	16	12	14
Lait entier frais	1	1	1	1	1	1
Lait fermenté acide					1	
Yaourt				1	1	
Lait demi écrémé					1,1	
Crème glacée			1,8			
Lait condensé entier	2,5		2,3 ***			
Lait cond. non sucré		1,81				
Lait cond. sucré		2,8				
Fromage frais				3		
Fromage blanc maigre = From. caillé (<i>curd</i>)			6,25		8	
Fromages	10	10	10	4-12	6-9,5	5-10
Lait en poudre entier		8,35 *	7,6			
Crème				10		
Crème en poudre			19			
Beurre traditionnel dur	23	21 **	22,8	20	20	
Beurre local clarifié					23	
Ghee					25	

* avec du lait à 3,1 % de MG ; ** avec du lait à 4 % de MG ; *** les auteurs distinguent aussi le lait évaporé entier avec un rendement de 2,4

2. Craplet et Thibier, 1973

12. Meyer et Denis, 1998

13. O'Connor, 1993

14. O'Mahony et Peters, 1987

16. Potter et Hotchkiss, 1995

24. Veisseyre, 1975

Tableau IV

Exemples de rendements fromagers moyens divers

Produit laitier	Extrait sec %	Rendement l/kg	Source
Suisse	30	3,8 à 4	24*
<i>Wara</i> (fromage blanc de 60 g)		5	13
<i>Domiat</i> (fromage blanc dur)		6	14
<i>Gybna beyda</i> (fromage blanc dur)		7	13
<i>Ayib</i> (fromage trad. éthiopien, caillé)		8	13, 14
<i>Queso blanco</i> (fromage blanc pressé)		8	13, 14
Saint-paulin	47	8,7 à 9,1	24*
Bleu	50	8,7 à 9,1	24*
<i>Feta</i> (fromage blanc saumuré)		9	14
<i>Gybna beyda</i> (fromage blanc dur)		9	14
<i>White cheese</i> (fromage blanc)		9	14
<i>Halloumi</i> (fromage blanc mariné)		9	13
Idem		9,5	14
Cantal	58	9,1 à 10	24*
Hollande	47	9,1 à 10	24*
<i>Scamorza</i> (fromage à pâte fleurie)		10	13
Munster	44	10,0 à 11,1	24*
Emmental	62	11,1 à 12,5	24*

* Rendements obtenus à partir de laits de mélange à 24-25 g ou 25-26 g de matières grasses par litre en France

Tableau V

Exemple pratique : cas d'un marché

Produit	Quantité (t/an)	Coefficient	Quantité de lait à l'origine (t)
Calcul 1 d'après les équivalents lait - MS			
Beurre	1 000	6,6	6 600
Huile de beurre	200	8,0	1 600
Fromage maigre	200	2,0	400
Total			8 600*
Calcul 2 d'après le rendement			
Beurre et huile de beurre (produit principal)	1 200	20	20 400*

* La différence 11 800 t, soit près de 58 p. 100, vient des sous-produits de la fabrication du beurre qui ne sont pas commercialisés

Tableau VI

Récapitulatif simplifié des équivalents lait (EL) basés sur la matière sèche et des rendements

	EL selon la MS (5,10)	Rendement (kg de lait par kg de produit)
Lait liquide entier	1	1
Lait liquide écrémé	0,7	1,1
Lait condensé non sucré	2,0	2,3-2,5
Lait condensé sucré		2,8
Fromages *		
fromages frais	2,0	3,0
autres fromages	4,4	10,0
Beurre *	6,6	20
Huile de beurre	8,0	25
Lait en poudre	7,6	7,6 ou 8,35

* Dans les cas où le type de fromage ou de beurre n'est pas connu, la moyenne est considérée

■ EXEMPLES PRATIQUES

Comparaisons internationales

Dans un premier exemple, une comparaison de la production de lait par continent est recherchée à partir des quantités de lait frais et des quantités transformées recensées par la Fao. Pour les quantités de lait frais, les quantités de lait provenant des différentes espèces animales (vache, bufflesse, brebis et chèvre) sans transformation sont additionnées (bien que la composition du lait varie selon les espèces). Pour les laits transformés, les statistiques de la Fao indiquent chaque année les quantités de fromages (de toutes sortes), de beurre et ghee, de lait évaporé et condensé, de lait de vache entier sec, de lait écrémé sec ou babeurre sec et de petit lait (lactosérum) sec produits pays par pays et continent par continent. Le détail n'est pas donné (par type de fromage par exemple). La comparaison ne peut être effectuée qu'en utilisant des EL moyens pour chaque grande catégorie. Les quantités correspondantes sont additionnées les unes aux autres pour donner un total en EL. Ces totaux peuvent être alors comparés entre eux et rapportés en pourcentage de la production mondiale. Il apparaît alors que l'Afrique ne représente que près de 2 p. 100 des laits transformés dans le monde (tableau VII).

Tableau VII

Exemple d'utilisation des EL. Comparaison des quantités de lait transformé par continent en 1996 (d'après Fao, Productions 1996) (x 1 000 t)

Produit laitier	Fromages	Beurre	Lait cond.	Lait de vache sec	Lait écrémé + babeurre secs	Petit lait sec	Total en EL
Coef EL utilisé	3,2	7,3	2,0	7,6	7,6	7,6	
Europe	7 327	2 102	1 501	1 019	1 536	1 063	69 289,8* 42,6 %
Amérique du Nord	4 091	687	1 263	143	604	578	30 702,3 18,9 %
Asie	898	2 282	868	85	244		23 768,6 14,6 %
Ex-Urss	1 023	712	544	192	576	1	15 403,6 9,5 %
Océanie	497	422	107	437	449	66	12 120,2 7,5 %
Amérique du Sud	641	181	229	482	53		7 896,5 4,9 %
Afrique	517	179	41	28	15	1	3 377,5 2,1 %
Monde	14 994	6 565	4 553	2 386	3 477	1 709	162 558,5 100,0 %

* (7 327 x 3,2) + (2 102 x 7,3) + (1 501 x 2) + ((1 019 + 1 536 + 1 063) x 7,6) = 69 289,8

Le résultat est, bien sûr, approximatif. De toutes façons, dans ce cas l'utilisation des rendements n'est pas indiquée. En effet, par exemple, le petit lait et certains fromages peuvent être produits en même temps que le beurre et seraient comptés deux fois. Rien ne permet dans les statistiques générales de distinguer les fromages produits directement à partir de lait (figure 1) de ceux qui constituent des sous-produits de la fabrication du beurre (figure 2).

L'exemple d'Addis-Abeba

Dans un deuxième exemple, il est apparu intéressant d'illustrer nos propos par le cas du marché en produits laitiers de la ville d'Addis-Abeba (Ethiopie). L'étude de ce marché amène à se poser deux questions. La première est de savoir comment l'importance globale de ce marché par rapport à d'autres villes peut être évaluée malgré l'hétérogénéité des produits laitiers. La seconde question consiste à s'interroger sur la contribution des différents systèmes de production à l'approvisionnement en produits laitiers de la ville.

Les statistiques nationales complétées par la littérature récente (3, 6, 21) permettent d'évaluer les quantités de lait et de produits laitiers consommées annuellement dans la capitale éthiopienne (tableau VIII). Le lait cru est commercialisé par les producteurs laitiers situés en zone intra-urbaine ou en périphérie proche. Le lait pasteurisé, les fromages italiens et le beurre pasteurisé sont confectionnés par des unités de transformation artisanales ou industrielles qui s'approvisionnent presque exclusivement auprès de ces producteurs urbains et périurbains. Les produits traditionnels (beurre de cuisine, beurre cosmétique et fromage caillé) sont fabriqués à la ferme dans les exploitations d'agriculture-élevage des zones rurales.

L'utilisation des coefficients de conversion en équivalent lait permet d'évaluer l'importance globale du marché de la ville selon la même méthode que dans l'exemple précédent. Un total de 75 998 t EL est obtenu. Aujourd'hui la population d'Addis-Abeba est évaluée à environ 2,5 millions d'habitants, d'où une consommation moyenne de 30,4 kg EL par habitant par an. Ce niveau de consommation est très légèrement supérieur à la moyenne des pays d'Afrique subsaharienne (26).

De plus, la part des produits laitiers traditionnels dans la consommation paraît singulièrement importante par rapport à d'autres villes d'Afrique. Ramenées à des équivalents lait, les quantités de produits laitiers commercialisés par les exploitations traditionnelles s'élèvent à environ 43 000 t EL. Ces produits contribuent donc à 57 p. 100 de l'apport en matière sèche laitière des consommateurs urbains. Les importations contribuent à 5 p. 100 de cet apport et les produits issus des exploitations urbaines à 38 p. 100.

Mais pour calculer de manière précise les quantités de lait réellement à l'origine des produits, il faut faire appel aux rendements. Les produits principaux et les chaînes de fabrication des produits et des sous-produits sont alors identifiés.

Pour les producteurs urbains et périurbains, le lait cru, le fromage italien et le beurre pasteurisé peuvent être considérés comme produits principaux des chaînes de fabrication. Pour les producteurs ruraux, le beurre sera retenu comme le produit principal des chaînes traditionnelles de fabrication.

Le tableau III donne des rendements de 1, 10 et 20 respectivement pour le lait cru, le fromage italien (type hollandais) et le beurre. Ainsi, les quantités de lait calculées réellement à l'origine des produits laitiers consommés à Addis-Abeba sont de 161,6 millions de litres par an. Les produits traditionnels représentent environ 78 p. 100 de ces quantités. La part des produits laitiers traditionnels en terme de quantité de lait réellement produites pour le marché d'Addis-Abeba (78 p. 100) est donc très supérieure à la part des produits laitiers traditionnels estimée par l'usage des coefficients de conversion en équivalent lait basés sur la matière sèche (57 p. 100).

■ CONCLUSION

Ainsi, il existe différentes méthodes de calcul des coefficients de conversion des produits laitiers en lait qui correspondent à deux types d'usage :

1. Des équivalents lait à employer lorsque tous les sous-produits possibles du lait sont considérés simultanément, par exemple à l'échelle d'un pays. Ils peuvent être additionnés les uns aux autres

Tableau VIII

Exemple d'utilisation des équivalents lait. Origines et quantités des produits laitiers consommés à Addis-Abeba en 1996-1997

Origine des produits	Types de produits	Quantités (t/an)	Quantités (t EL/an)	Quantités de lait à l'origine (millions de l)
Producteurs laitiers urbains et périurbains	Lait cru	25 000	25 000	25 000
	Lait pasteur. demi écrémé	2 000	1 400	0 (s.-p.)
	Fromages italiens	340	1 496	3 400
	Beurre pasteurisé	150	990	3 000
Producteurs ruraux traditionnels	Beurre fermier de cuisine	6 000	39 600	120 000
	Beurre fermier cosmétique	320	2 112	6 400
	Fromage caillé traditionnel	800	1 600	0 (s.-p.)
Importations	Poudre de lait	500	3 800	3 800
Total		-	75 998	161 600

s.-p. = sous-produit

Les quantités de crème fraîche et de crème glacée sont négligeables

Les quantités de yaourt et de lait fermenté sont incluses dans les quantités de lait

contrairement aux rendements. En attendant l'établissement éventuel de nouvelles normes de la Fao produit par produit (23), il est recommandé d'utiliser les normes initiales de la Fao basées sur la matière sèche (tableau VI).

2. Des rendements à utiliser pour évaluer la quantité de lait nécessaire à la fabrication d'un produit isolé ou d'un produit et de l'ensemble de ses sous-produits. Ils conviennent bien pour comparer des productions entre elles, telles que les contributions des différents systèmes de production à l'approvisionnement d'un marché en Afrique. Un certain nombre de valeurs de rendements ont été signalées dans le tableau VI.

Il faut donc veiller à être très clair et très explicite lorsqu'un coefficient est utilisé, c'est-à-dire préciser son objectif, son utilité et ses limites. Toute utilisation des équivalents lait doit être accompagnée d'une mention de la méthode choisie et des coefficients utilisés et si possible des teneurs moyennes en matières grasses, en matière sèche ou en matière sèche non grasse du lait selon le coefficient utilisé.

BIBLIOGRAPHIE

1. CENTRES J.M., 1995. Stratégies de développement de la production laitière en Afrique ; tome 1, Synthèse des études. Paris, France, Gret, 121 p.
2. CRAPLET C., THIBIER M., 1973. La vache laitière. Paris, France, Editions Vigot Frères, 726 p. (Traité d'élevage moderne, tome V)
3. DUTEURTRE G., 1993. Etude des stratégies de développement de la production laitière en Afrique. La filière d'approvisionnement en produits laitiers de la ville d'Addis-Abeba (Ethiopie). Maisons-Alfort, France, Cirad-emvt, 112 p.
4. ECK A. 1987. Le fromage. Paris, France, Technique et Documentation, Lavoisier, 539 p.
5. FAO, 1978. Milk and milk products: Supply, demand and trade projections 1985. Fao Commodity projections 1985. Rome, Italy, Fao.
6. GRAVIER S., 1997. Etude des transformateurs laitiers de la ville d'Addis-Abeba (Ethiopie). Montpellier, France, Cirad-emvt, 69 p. (Mémoire Dess Productions animales en régions chaudes)
7. IDF (International dairy federation), 1977. International standard 68A: 1977 Anhydrous milkfat, anhydrous butteroil or anhydrous butterfat, butteroil or butterfat, ghee: standards of identity. Brussels, Belgium, IDF.
8. KAMOUN M., BERGAOUI R., 1989. Un essai de production et de transformation de lait de dromadaire en Tunisie. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **42** : 113-115.
9. LUQUET F.M., 1985. Lait et produits laitiers. 2. Les produits laitiers. Paris, France, Technique et Documentation, Lavoisier, 633 p. (Coll. Sciences et techniques agro-alimentaires)
10. MBOGOH S.G., 1984. Dairy development and internal dairy marketing in sub-Saharan Africa: performance, policies. Addis-Abeba, Ethiopia, ILCA, 94 p. (LPU paper 5)
11. METZGER R., CENTRES J.-M., THOMAS L., LAMBERT J.C., 1995. L'approvisionnement des villes africaines en lait et produits laitiers. Rome, Italie, Fao/Paris, France, Gret, 102 p. (Etude production et santé animales n° 24)
12. MEYER C., DENIS J.-P. eds, 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Montpellier, France, Cirad, 316 p.
13. O'CONNOR C., 1993. Traditional cheesemaking manual. Addis-Abeba, Ethiopia, ILCA, 43 p.
14. O'MAHONY F., PETERS J., 1987. Techniques de traitement du lait adaptées aux petites exploitations de l'Afrique sub-saharienne. Addis-Abeba, Ethiopie, Cipea, p. 2-18. (Bulletin n° 27)
15. O'MAHONY F., PETERS J., 1987. Transformation du lait. Options pour les petits producteurs. *Revue mond. Zootech.*, **62** : 16-62.
16. POTTER N.N., HOTCHKISS J.H., 1995. Food science, 5th ed. Hants, UK, Chapman & Hall, 606 p.
17. RAMET J.P., 1989. L'aptitude fromagère du lait de dromadaire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **42** : 105-111.
18. Résultats de contrôle laitier des espèces bovine et caprine (France - 1995), 1996. Paris, France, Institut de l'élevage, Département génétique et contrôle des performances, 49 + 17 p.
19. RICHARTS E., 1994. How to calculate milk equivalents. In: International Dairy Federation (IDF) file, group C3. Brussels, Belgium, IDF, 5 p.
20. RICHARTS E., MIKKELSEN P., 1996. Milk equivalents. Brussels, Belgium, IDF, p. 30-35. (Bulletin No. 309)
21. STAAL S.J., 1995. Periurban dairying and public policy in Ethiopia and Kenya. PhD Dissertation, University of Florida, Gainesville, USA, 275 p.
22. STEPHAN G.M., 1971. Le lait de bufflesse. Production, collecte et transport. Composition - Conservation - Commercialisation. Thèse méd. vét., Université de Créteil, Maisons-Alfort, France, 135 p.
23. VAN'T RIET M., 1996. A method for consistent Milk-Equivalent figures. In : Communication à la réunion annuelle de la Fédération internationale laitière, Washington DC, USA, 12 avril 1996, 7 p. + annexes.
24. VEISSEYRE R., 1975. Technologie du lait, 3^e ed. Paris, France, La Maison Rustique, 714 p.
25. VON MASSOW V.H., 1990. Les importations laitières en Afrique sub-saharienne : problèmes, politiques et perspectives. Addis-Abeba, Cipea, 52 p. (Rapport de recherche n° 17)
26. WALSH M.J., GRINDLE J., NELL A., BACHMANN M., 1991. Dairy development in sub-Saharan Africa. Washington DC, USA, The World Bank, 94 p.

Reçu le 5.2.98, accepté le 15.10.98

Summary

Meyer C., Duteurtre G. Milk equivalent and yield of milk products. Calculation methods and use

For statistical purposes, it may be sometimes useful when comparing milk product amounts with one another to use their milk equivalent (ME) amounts. This can be accomplished via coefficients of conversion. The coefficients vary depending on whether the calculation method is based on milk and milk product composition, i.e. ME, or the efficiency of milk product process (yield). In subsector analyses yields of milk products and byproducts allow to estimate the original amount of milk needed. The amount of milk needed to process a milk product cannot be added to that of its byproducts. Yield values are about 5 for fresh cheeses, 7.6 for milk powder, 10 for dry cheeses, 22 for butter, 25 for butteroil. However, MEs are generally used on a larger scale to compare markets and these values can then be added to one another. They are nonetheless underestimated since not all products and byproducts are systematically put on the market, nor included in statistics. MEs used the most with the least difficulty are those based on solid contents. Their values are about 2 for condensed milk, 2 for fresh cheeses, 4.4 for dry cheeses, 6.6 for solid butter, 8 for butteroil and 7.6 for milk powder. They are, however, always biased as are other coefficients based on fat content, nonfat solids or combined. When these coefficients are used, the chosen method and used coefficients must always be mentioned.

Key words: Milk - Milk product - Butter - Cheese - Milk byproduct - Yield - Statistical method - Ethiopia - Africa.

Resumen

Meyer C., Duteurtre G. Equivalentes en leche y rendimientos en productos lácteos: formas de cálculo y utilización

Algunas veces, para usos estadísticos, puede ser útil comparar cantidades de productos lácteos entre ellas, nivelándolas concantidades equivalentes de leche. Para esto, se utilizan coeficientes de conversión. Los coeficientes difieren según el tipo de cálculo, basado sobre la composición de leche y de los productos lácteos (equivalente en leche) o sobre la eficiencia de los tipos de fabricación (rendimiento). De manera que los rendimientos de los productos y de los sub productos de leche sirven en los estudios de filial para estimar la producción de leche original. Las cantidades de leche correspondientes a un producto lácteo no se suman a las correspondientes de los subproductos. El valor es del orden de 5 para los quesos frescos, 7,6 para la leche en polvo, 10 para los quesos secos, 22 para la mantequilla, 25 para el aceite de mantequilla (mantequilla líquida). Por el contrario, los equivalentes en leche propiamente dichos son generalmente utilizados en una escala más amplia para comparar los mercados y las cantidades obtenidas pueden sumarse entre ellas. Sin embargo, estas son sub estimadas, porque no todos los productos y los sub productos son siempre comercializados o tomados en cuenta en las estadísticas. Los equivalentes en leche más utilizados y los que presentan menor problema son aquellos basados sobre la materia seca. El valor es del orden de 2 para las leches condensadas, 2 para los quesos frescos, 4,4 para los quesos secos, 6,6 para la mantequilla sólida, 8 para el aceite de mantequilla y 7,6 para las leches en polvo. Pero al igual que los otros coeficientes basados en la materia grasa, la materia seca no grasa o combinada, éstos se encuentran siempre alterados. Al estos coeficientes, siempre debe mencionarse el método escogido y los coeficientes utilizados.

Palabras clave: Leche - Producto lacteo - Mantequilla - Queso - Subproducto de la leche - Composición - Rendimiento - Método estadístico - Etiopia - Africa.

Compétitivité prix et hors-prix sur le marché des produits laitiers d'Addis-Abeba (Ethiopie)

La production fermière face à ses nouveaux concurrents

Guillaume Duteurtre

Résumé de la thèse de Doctorat en agro-économie
soutenue le lundi 19 octobre 1998

à l'Ecole nationale supérieure d'agronomie de Montpellier (354 pages)

Mots-clés * : Ethiopie - Addis-Abeba - Lait - Produit laitier - Beurre - Production - Traitement - Qualité - Commercialisation - Economie - Consommation - Marché.

En Ethiopie, la ville d'Addis-Abeba représente un débouché d'importance primordiale pour les producteurs laitiers situés en périphérie proche ou éloignée de la ville. Cette mégapole de 2,5 millions d'habitants consomme en effet chaque année près de 77 millions de litres équivalent lait de produits laitiers divers, soit 40 millions de dollars US. Le beurre et le fromage traditionnels fabriqués dans les petites exploitations rurales sont acheminés jusqu'à la capitale par des réseaux marchands de longue distance. Ces produits comptent pour 65 p. 100 de la valeur de ce marché. La ceinture laitière, composée d'unités intensives urbaines et périurbaines, participe pour 23 p. 100 à cet approvisionnement. Cette ceinture commercialise du lait cru, mais aussi du beurre et du fromage. Les importations de poudre de lait, de beurre et de fromage contribuent pour 12 p. 100 à l'approvisionnement de la capitale.

L'étude de la littérature montre que les mécanismes de concurrence entre ces différentes formes d'approvisionnement sont insuffisamment analysés. En l'absence de connaissance fine de la réalité de ces circuits largement informels, la plupart des études semblent remettre en question la compétitivité de la production fermière, du fait de sa faible *productivité*. Elles anticipent donc une baisse de la production laitière rurale au profit de la ceinture laitière et des importations. L'objectif de cette thèse est de tester cette hypothèse à partir d'enquêtes de terrain.

* Des modifications ont été effectuées pour correspondre aux normes de la Revue

L'étude de la comptabilité économique des diverses opérations qui composent la filière montre que certains produits fermiers possèdent des avantages prix qui reposent sur des modes de production extensifs et sur le faible niveau des marges prélevées par les réseaux commerciaux. L'étude comptable montre aussi qu'il existe des différentiels importants entre les prix au consommateur des divers produits commercialisés à Addis-Abeba. Le prix du beurre varie en particulier du simple au triple suivant le type de vendeur. Ces différentiels soulignent que l'ajustement de l'offre et de la demande en produits laitiers ne se fait pas seulement sur le prix, mais aussi sur des mécanismes « hors-prix ».

L'étude des modes de consommation du beurre par les ménages, par les institutions de restauration et par les salons de coiffure permet de comprendre ces mécanismes hors-prix. Les enquêtes montrent que le beurre est consommé suivant diverses situations d'usage : utilisation du beurre dans les sauces traditionnelles, graissage et entretien des cheveux, consommation en tartines et usage en pâtisserie.

Ces enquêtes consommation montrent que les caractéristiques des produits (ou attributs) *perçues* par les consommateurs sont liées aux diverses situations d'usage. L'adéquation entre les caractéristiques *objectives* des différents types de beurre et les attributs *recherchés* apparaît donc à la base de la valorisation des produits sur le marché. Cette adéquation d'un produit à l'attente du consommateur définit sa *qualité*. Des analyses en laboratoire confirment cette hypothèse d'adéquation produits - usages, en soulignant que les divers types de beurre différenciés sur le marché présentent des caractéristiques *objectives* particulières. La compétitivité hors-prix des systèmes de production ruraux reposerait donc sur la préférence des consom-

mateurs pour le beurre fermier dans les usages « traditionnels » (confection des sauces et entretien des cheveux).

Or, la perception des caractéristiques *objectives* des produits se révèle impossible par une évaluation directe du produit sur le lieu de vente. Il apparaît que les ménagères s'appuient sur des *repères* qui les renseignent *a priori* sur les qualités des produits commercialisés. Ainsi, la spécificité des produits fermiers est garantie aux consommateurs par des emballages particuliers, par des modes d'organisation des marchés physiques, par la personnalité des vendeurs et par des réputations. Ces repères et les procédures de qualification qui y sont associées définissent des *conventions de qualité*. Ces conventions permettent de réduire l'incertitude sur la qualité des beurres commercialisés et de favoriser ainsi la coordination des échanges.

Ces résultats montrent que les perspectives de compétitivité des producteurs fermiers sont liées aux progrès de productivité, mais aussi et surtout à la valorisation de la spécificité de leurs produits. Cette valorisation passe par une *construction sociale de la qualité*, c'est-à-dire par le jeu des structures de production, des institutions publiques et des savoirs des acteurs dans la production d'une *confiance* des consommateurs en une qualité spécifique. Le raisonnement conclut que la production rurale apparaît durablement compétitive sur le marché d'Addis-Abeba, à condition que les conventions fermières puissent résister aux suspensions de frelatage et aux diverses pressions extérieures. Cette logique de compétitivité se distingue de celle de la ceinture laitière industrielle, qui repose sur des gains de productivité et sur la production de produits standardisés qui répondent à la diversification des modes de consommation. Des perspectives de renforcement de la spécificité des produits fermiers sont envisagées.

Evaluation of goat milk produced in the Highlands of Cameroon for cheese making

A. Kameni ¹ H. Imele ¹ R. Formunyam ² D. Djoko ³

Key words

Goat - Milk - Cheese making - Central Africa - Cameroon.

Summary

Fresh goat milk produced from a flock of dairy goats at the Mankon Station of the Institute of Animal and Veterinary Research (IRZV) Cameroon was evaluated for its suitability for cheese making. The goats involved were the Toggenberg, Saanen and Nubian breeds. Chemical analysis revealed that milk produced in the rainy season (April to October) had a fat content between 27 to 44 g/l, a protein content between 29 to 39 g/l and a dry matter content between 109 to 127 g/l. Milk was used successfully to manufacture fresh white cheese, feta-type cheese and pressed-type cheese. The mean fat contents were 9.8, 19.0 and 24.6% w/w for fresh white cheese, feta-type and pressed-type cheeses, respectively. Similarly, cheese total dry matter were 42.2% w/w for fresh white cheese, 50.0% w/w for feta and 56.8% w/w for pressed-type cheese.

■ INTRODUCTION

Goat milk contributes considerably to human nutrition as a good source of protein. Total goat milk production represents 1.6% of the global milk production in the world (8). In North Africa, goat milk plays a very important role as feeding ingredient in the diet of the population. Feta cheese from goat milk is quite popular and well appreciated. In sub-Saharan Africa, despite the presence of large flocks of goats, milk production from these animals remains very limited. In Cameroon, goats are kept solely for meat and cultural festivals. They are seldom milked. The Sahel dairy goats were recognized as a breed of dairy goats from the size of their udders in the Northern part of Cameroon.

In the early '80s, the Hieber Project International (HPI) introduced some high producing dairy goats in the Mid- and High-Altitude Zone of Cameroon. The exotic breeds comprising Toggenberg, Saanen and Nubian goats were reared at the Mankon Station of the Institute of Animal and Veterinary Research (IRZV). The aim was to improve the potential and productivity of the local dwarf goat. Consequently, fresh goat milk became available to this population who still had to become familiar with goat milk. The need to transform and preserve the milk became urgent and some technology for cheese making was introduced. This work is intended to evaluate the production of some cheese varieties from goat milk suitable to the climatic conditions of the Mid- and High-Altitude of Cameroon.

■ MATERIALS AND METHODS

Milk

Fresh morning milk from hand-milking was collected from a flock of mixed breeds of dairy goats comprising Toggenberg, Saanen and Nubian goats. Immediately after hand-milking, fresh milk from various breeds was mixed and analytical samples were taken in glass bottles and stored at 5°C. It was used the next day for analysis and cheese making at the Dairy Technology Laboratory in Bambui. Three samples were analyzed monthly.

The dairy flock was made of 40 Nubian, 30 Saanen and 30 Toggenberg goats. Five to 10 goats in each breed were milked at a time. Lactation length was 133 days for Nubians and 143 days for Toggenberg and Saanen with a daily milk production of 0.8 to 1.2 kg of milk per animal (14).

The goats were grazing freely on an improved pasture, containing *Brachiaria ruziziensis*, *Melinis minutiflora*, *Pennisetum purpureum*, *Desmodium intortum* and *Trypsacum laxum* (1).

The milking goats were given 250 g of feed supplement containing 40% w/w corn 43% w/w rice bran, 15% w/w cotton seed cake and 2.1% w/w dicalcium phosphate and salt. In the dry season, November to March, goats were given an extra 225 g supplement containing 97% w/w cotton seed cake, 3% w/w bone meal and salt (14).

Starter cultures

The cheese starter cultures used were supplied by New England Cheese Making Supplies Co. (USA). It contained mixed strains of *Lactococcus lactis* and *L. cremoris*. The lyophilized cultures were reactivated by the method of Cox and Lewis (3).

1. Irad, Bambui, PO Box 51, Bamenda, Cameroon

2. Irad Mankon, Cameroon

3. Irad, PO Box 1457, Yaounde, Cameroon

Rennet

Single strength calf rennet (New England Cheese Making Supplies Co.) was used. It was diluted with distilled water before addition to cheese milk.

Cheese making equipment

The equipment used was selected on the basis of its availability on the local market and at the farm level. Some basic kitchen tools comprised aluminum pots, a long knife, muslin cheese cloth, a gas burner, a thermometer, some cheese molds and a large supply of potable water. A standard wheeler press for 1 to 1.5 kg of cheese was also available.

Experimental procedures

Bulk milk for analysis and cheese making was collected thrice a month during the rainy season (April-October) of 1987. This period coincided with high milk production. Three types of cheese were manufactured from the collected milk: feta-type, fresh white cheese similar to saint-maure and a pressed-type cheese similar to queso de malaga. They were selected based on their relatively easy manufacturing at the farm level (feta and fresh cheeses) and the demand of cheese at the local retail outlet (pressed cheese). A total of 16 cheeses were manufactured: 4 fresh cheeses, 7 feta-type and 5 pressed-type cheeses. Ten liters of cheese milk were used for each type of cheese.

Chemical analyses

Prior to analyses, milk samples were warmed to 40°C on a Bunsen burner, and cooled to 20°C in a water bath. The bottles were shaken to ensure proper mixing. Cheese samples were collected for analysis at the end of the maturation period. Fat contents of milk and cheese were estimated by the Gerber procedure, protein and casein in milk by the formalin titration procedure, milk dry matter by calculation following the lactometric method and cheese dry matter by the atmospheric oven method as suggested by Marth (10). Corrections were made for temperature for dry matter in milk. Milk acidity was estimated by the titration procedure of Soxhlet-Henken described by Hensen (6).

Organoleptical characteristics

Milk color, odor and consistency were assessed visually or by the odor of the samples prior to cheese making. Milk was checked for the presence of unusual particles, scent and color.

Cheese making procedures

Prior to cheese making, milk was pasteurized by heating it on a gas burner up to 72°C, holding it for 20 sec, followed by rapid cooling with tap water. Cheeses similar to feta, saint-maure and queso de malaga (pressed-type) were manufactured as described by Kosikowski (7). The manufacturing steps are shown in figure 1.

For pressed-type cheese, started cultures (1 % v/v) were added to pasteurized milk at 31°C followed by rennet solution (3 ml per 10 kg of milk) under manual agitation. It was left quiescent for 1 h until coagulation took place. The curd was cut into small cubes of 1 x 1 x 1 cm with the knife and whey was allowed to separate for 15 min. The curd was heated to 37°C and left at that temperature for 60 min. The whey was poured off, the curd wrapped in the muslin cloth and pressed overnight with the wheeler press. It was removed from the press and salted in 200 g/l brine solution for 10 to 12 h. Cheese was matured for four weeks on the shelves at 20°C.

The feta-type cheese was manufactured as above except that after coagulation the curd was put in the form lined with cheese cloth. Whey was allowed to drain under light weight. The next day it was removed and dipped in a 200 g/l brine solution for 3 days. It was allowed to dry for 3 to 4 days on the shelf at 20°C. It was cut into cubes of about 200 g each ready for consumption. Milk for fresh white cheese was cultured with 2% v/v starter cultures. Rennet (0.1 ml for 10 l) was diluted and added to milk. The next day milk had coagulated and the curd was transferred into a muslin cheese cloth in a mold to allow for whey drainage. After 15 to 18 h, the curd was removed and dry-salted by sprinkling the surface. After maturation the cheese was ready for consumption.

■ RESULTS AND DISCUSSION

Milk composition

The fat, dry matter and protein contents of the collected milk samples are listed in table I. The fat content decreased from 44 g/l in April to its lowest value of 27 g/l in June. It then rose to a relatively constant high value from August to October.

Contrary to fat, the protein content increased from 29 g/l in April to 37 g/l in June. A small decrease was observed in July followed by a tendency to rise again in August and September.

Recorded values for the fat content were similar to those reported by Le Jaouen (8) for Nubian, Saanen and Toggenberg breeds.

The dry matter content was fairly constant throughout the rainy season except for lower values observed in the first months of the rainy season (April-June).

The values observed for the dry matter were much lower than those reported by Kosikowski (7) and Le Jaouen (8), their mean values being well over 140 g/l. The variations observed in the protein and fat composition were not surprising. The fat content of goat milk is influenced by the breed, production level, lactation stage, climatic factors and nutrition (4, 12). All these factors changed as lactation progressed through the rain season.

Variations in climatic conditions and particularly the state of the pastures seemed to affect the milk composition in terms of fat and protein. With rains falling in March, the vegetation changed from dry to green palatable grass. Starting in April goats had enough green pasture to feed on. By the month of July, the pastures were too wet with grass having a low dry matter content, making it difficult for goats to feed well. In October, the pastures became poor as the dry season approached and the grass was over mature. In the dry season there was very little good grass on the pastures for the goats to graze on.

Acidity values for the milk samples fell within the normal range of 6 to 8°SH (Soxhlet Henkel) acceptable for good quality fresh milk.

The milk obtained was whitish with a typical goat scent. The fatty material at the top was whitish confirming the absence of carotene. As no unusual color nor particles were found, it was suggested that milk could be used in cheese making.

The variations observed in the chemical composition could have some effects when the milk was used for cheese making. The low dry matter content of milk in the dry season reduced its coagulating properties as the milk coagulation time increased thus making it difficult to make cheese at this time of the year.

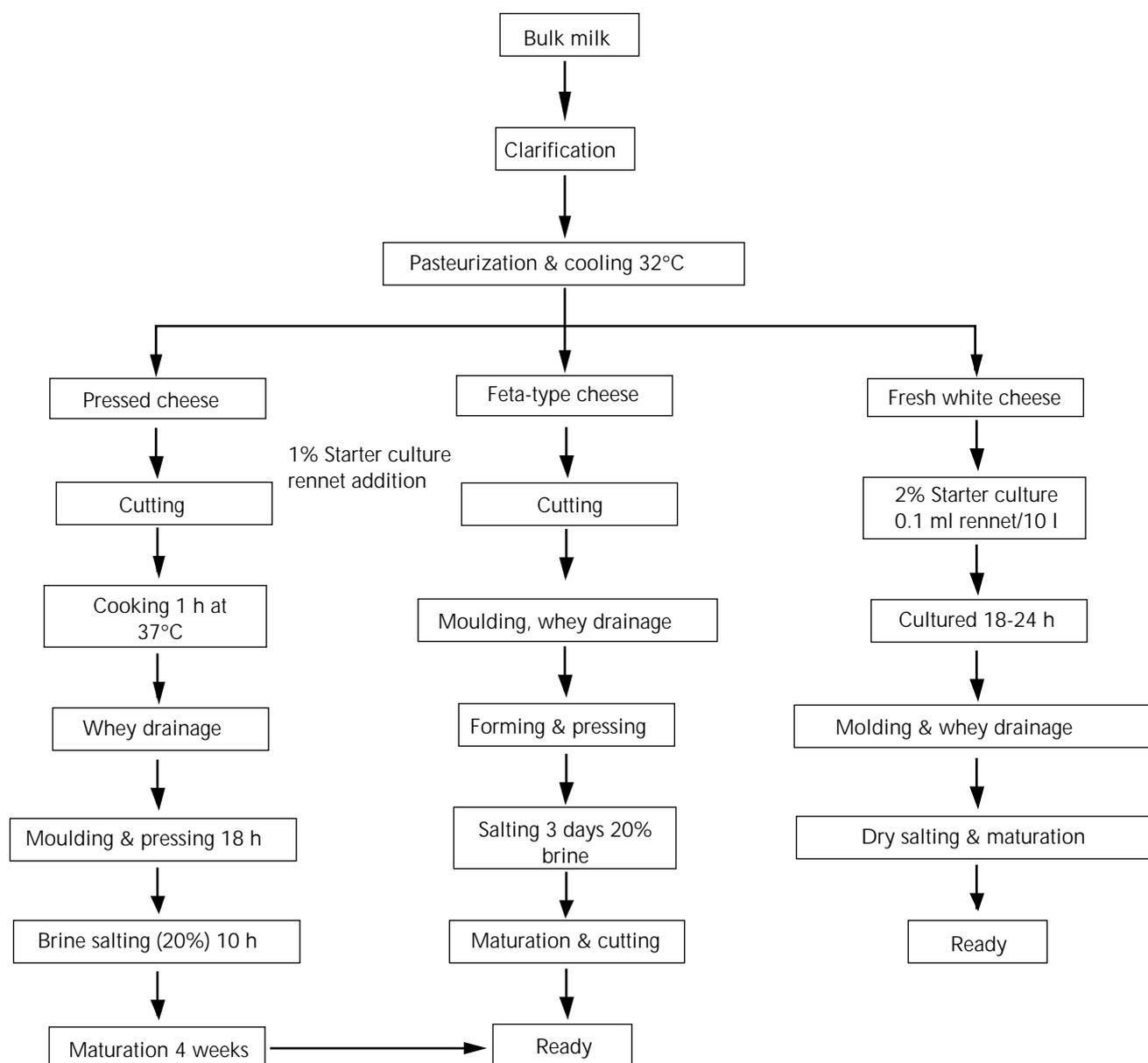


Figure 1: Schematic diagram of cheese making.

Table I

Variations in the composition of goat milk produced in the Highlands of Cameroon (n = 24)

Months	% Total dry matter	% Protein	% Fat	% Casein
	Means (min-max)	Means (min-max)	Means (min-max)	Means (min-max)
Dry season				
February*	9.7 (9.2-11.5)	3.9 (3.7-3.9)	3.6 (3.4-4.7)	2.0 (1.6-2.7)
Rainy season				
April	11.8 (9.9-13.7)	2.9 (2.8-3.0)	4.4 (4.1-4.6)	2.7 (2.6-3.0)
May	11.6 (11.0-11.9)	3.4 (2.9-3.8)	3.1 (3.0-3.3)	2.9 (2.9-3.0)
June	10.9 (10.7-11.2)	3.7 (3.6-3.7)	2.7 (2.5-3.0)	3.1 (2.7-3.6)
July	12.2 (11.6-12.7)	3.8 (3.5-4.2)	3.6 (3.4-3.6)	3.0 (2.9-3.1)
August	12.8 (12.7-12.9)	3.8 (3.7-4.0)	4.3 (4.0-4.4)	3.0 (3.0-3.1)
September	12.6 (12.3-12.9)	3.9 (3.4-4.2)	4.0 (3.7-4.3)	3.0 (3.0-3.1)
October	12.4 (12.2-13.4)	3.1 (2.9-3.4)	4.0 (3.2-4.5)	2.3 (1.9-2.6)

* Sample collected at the peak of the dry season

The reduction in the clotting ability of milk containing less dry matter was reported earlier by Ramet working with camel milk (13).

Cheeses and their composition

Fresh white cheeses similar to saint-maure, feta-type and pressed cheeses similar to queso de malaga were successfully manufactured. Some modifications were introduced to adapt the cheeses to the local environment. Fresh cheese weighed 200 g each and had a small cylinder shape from perforated plastic molds; a light weight was applied to enable it to take its shape. This helped packaging and distribution. Cheese yield and chemical composition are listed in table II.

Cheese yield was expressed as kilograms of cheese per 100 kg of milk as suggested by Gilles and Lawrence (5). For semi-hard cheeses, yields of 10 kg per 100 kg of cheese milk are acceptable (9). Cheese yields were 16.5, 16.8 and 15.0 kg per 100 kg of cheese milk for fresh white cheese, feta-type and pressed-type cheeses, respectively. The manufacturing procedure had some effects on the yield. Pressed cheeses had a lower yield compared to non-pressed cheeses. Pressing reduced the moisture content and openings in the cheese. Drying during maturation also reduced the moisture content and yields.

The yields observed were higher than those reported by O'Mahony and Peters (11) for feta cheese from cow milk and still lower than those for fresh white cheese reported by Veisseyre (15).

The differences observed in cheese yields from cow and goat milk could be attributed to the kind of dry matter, particularly the amount of milk casein. Goat milk is known to have a higher casein content and lower albumin and globulin contents compared to cow milk. In the present study a casein content as high as 35 g/l was observed. Gilles and Lawrence (5) observed increasing yields in cheese with increasing amounts of casein in cheese milk.

Some similarities were observed in the dry matter content of feta cheeses made from cow and goat milk. However the fat content was remarkably low in experimental feta cheeses despite the high fat content of cheese milk. Refrigerated storage of the milk must have allowed some fat separation as a cream layer was formed at the top. This fat was probably lost in the whey although a whey analysis was not carried out to confirm it. The whey was used for pig feeding.

The mean fat contents were 9.8, 19.0 and 25.0% w/w for fresh white cheese, feta-type and pressed-type cheeses, respectively. Similarly, cheese total dry matter was 42.2% w/w for fresh white cheese, 50.0% w/w for feta and 56.8% w/w for pressed-type cheeses. The variations observed in the cheese composition were a

reflection of those observed in the chemical composition of cheese milk. Milk containing less dry matter produced cheese with reduced yield. Milk with a low dry matter content had difficulty to form a firm gel under rennin action. This was the case during the dry season (February), thus restricting cheese making to the rainy part of the year.

These results agree with those reported earlier by Kosikowski (7) and Le Jaouen (8) for cheeses made from goat milk. All the cheeses had a fine texture characteristic of products made with lactic fermentation. However, the pressed-type cheese had the strongest flavor with the typical scent of goat cheese. Fresh cheese was the softest while pressed cheese was the hardest. The strong goat flavor was welcome by consumers who tended to appreciate the piquant and peppery sharp flavor of goat cheeses. The manufactured cheeses were good, and consumers' appreciation was very positive and tended to support the findings of Boor *et al.* (2), who reported no significant difference in acceptance between cow's and goat's milk and cheeses. From the texture, rigidity, hardness and dryness of all the cheeses, consumers' preference favored pressed cheeses first, then feta-type cheeses. Fresh white cheese was too soft and had a low-keeping quality at room temperature. Mold growth on the surface was a major set-back. Consumers preferred to take their cheese home and fresh cheese would tend to spread during transportation. Pressed-type cheeses could easily be carried to distant places and kept for a few days at room temperature (20°C). Its strong taste was in favor of its acceptability.

Shortly after this trial, the dairy goats were distributed to farmers as an attempt to introduce milk production from goats at the farm level. Unfortunately, the pure breed goats later disappeared due to age and no breeding program. A few crosses are still found on the research station today.

These results suggest the possibility of rearing goats for milk production in tropical areas, particularly in Cameroon. The excess milk could be used for cheese making even at the family level as it is the case in North Africa. The relative ease of keeping goats in a tropical environment is in favor of rearing goats for milk production. For a small scale producer, the technology employed is simple and quite reproducible. The equipment selected could be found at any local market. These results confirm the potentials and possibilities for goat milk transformation into cheese in these areas.

REFERENCES

1. ANNUAL REPORT, 1989-90. Institute of Animal and Veterinary Research. Mankon Bamenda, Cameroon, IRZV, Mankon Station, p. 10.
2. BOOR K.J., BROWN A.D., RITZHUGH H.A., 1987. The potentials for goat milk production. *World Anim. Rev.*, **62**: 31-40.

Table II

Cheese composition and yields

Cheese types	% Fat	% Total dry matter	Yield (kg per 100 kg of milk)
	Means (min-max)	Means (min-max)	Means (min-max)
Fresh white cheese (n = 4)	9.8 (8.5-10.6)	42.2 (38.6-45.5)	16.5 (14.0-20.2)
Feta type (n = 7)	19.0 (15.7-25.1)	50.0 (46.6-51.4)	16.8 (15.7-18.7)
Pressed type (n = 5)	24.6 (23.5-25.2)	56.8 (49.8-62.4)	15.0 (12.7-17.1)

n = number of replicates

3. COX W.A., LEWIS J.E., 1972. Safety in microbiology. London, UK, Academic Press, p. 146-150.
4. GALL C., 1981. Milk production. In: Gallmilik C. Ed. London, UK, Academic Press, p. 309.
5. GILLES J., LAWRENCE R.C., 1985. The yield of cheese. *N.Z. J. Dairy Sci. Technol.*, **20**: 205-214.
6. HENSEN E.A., 1982. Dairy technology. Silkeborg, Bogtrykkeri, The Netherlands, Paash and Silkeborg, Maskinfabrikker, p. 7-8.
7. KOSIKOWSKI F.V., 1982. Cheese and fermented milk foods, 2nd ed. New York, USA, Brooktondale, p. 348-365.
8. LE JAOUEN J.C., 1981. Milking and technology of milk and milk products. In: Gall C. Ed., Goat production. London, UK, Academic Press, p. 345-376.
9. LUQUET F.M., LINCZOWSKI Y.B., 1985. Lait et produits laitiers. 2. Transformation et technologies. Paris, France, Tech. Doc. Lavoisier, p. 359.
10. MARTH E.H., 1978. Standard methods for examination of dairy products, 14th ed. Washington DC, USA, American Public Health Association.
11. O'MAHONY F., PETERS K.J., 1987. Techniques de traitement du lait adaptées aux petites exploitations de l'Afrique subsaharienne. Bulletin du 27 Avril 1987. Addis-Abeba, Ethiopie, CIPEA, p. 2-18.
12. PARKASH S., JENNESS R., 1967. Status of zinc in cow's milk. *Dairy Sci. Abstr.*, **5**: 127-134.
13. RAMET J.P., 1989. L'aptitude fromagère du lait de dromadaire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **42** : 105-111.
14. SUMMARY OF RESEARCH RESULTS, 1986. Institute of Animal and Veterinary Research. Mankon Bamenda, Cameroon, IRZV, Mankon Station, p. 12, 13 and 24.
15. VEISSEYRE R., 1975. Technologie du lait. Constitution, récolte, traitement et transformation du lait, 3^e ed. Paris, France, La Maison Rustique, p. 480.

Reçu le 16.10.97, accepté le 10.11.98

Résumé

Kameni A., Imele H., Rubby F., Djoko D. Evaluation du lait de chèvre produit dans les Hauts Plateaux du Cameroun pour la fabrication de fromages

Le lait de chèvre produit par un troupeau de chèvres laitières à la Station de recherches zootechnique et vétérinaire de Mankon (IRZV) au Cameroun a été évalué pour son utilisation dans la fabrication de fromages. Ce troupeau comprenait des chèvres de race Toggenberg, Saanen et Nubienne. Les analyses chimiques ont montré que le lait produit en saison des pluies (avril-octobre) avait un taux de matières grasses compris entre 27 et 44 g/l, un taux de protéine entre 29 et 39 g/l et un taux de matière sèche entre 109 et 127 g/l. Le lait a été utilisé avec succès dans la fabrication de fromage frais, de fromage de type *feta* et de fromage à pâte pressée. Le taux moyen de matières grasses était de 9,8, 19,0 et 24,6 p. 100 respectivement pour le fromage frais, le fromage de type *feta* et le fromage à pâte pressée. Le taux de matière sèche était de 42,2 p. 100 pour le fromage frais, de 50,0 p. 100 pour le fromage de type *feta* et de 56,8 p. 100 pour le fromage à pâte pressée.

Mots-clés : Caprin - Lait - Fabrication fromagère - Afrique centrale - Cameroun.

Resumen

Kameni A., Imele H., Rubby F., Djoko D. Evaluación de la leche de cabra producida en las tierras altas de Camerún, para la fabricación de queso

Se evaluó la conveniencia para la producción de queso, de la leche de cabra fresca, producida por un hato de cabras lecheras en la estación Mankon del Instituto de investigaciones animales y veterinarias de Camerún (IRZV). Las razas de cabras involucradas fueron Toggenberg, Saanen y Nubiana. Los análisis químicos revelaron que la leche producida durante la estación lluviosa (de abril a octubre) presentó un contenido de grasa de 27 a 44 g/l, un contenido proteico de 29 a 39 g/l y un contenido de sólidos totales de 109 a 127 g/l. La leche se utilizó exitosamente para la fabricación de queso fresco, queso blanco fresco, queso tipo *feta* y queso tipo prensado, respectivamente. El contenido medio de grasa fue de 9,8, 19,0 y 24,6%, respectivamente. De la misma forma, los sólidos totales del queso fueron 42,2% para el queso blanco fresco, 50,0% para el tipo *feta* y 56,8% para el queso tipo prensado.

Palabras clave: Caprino - Leche - Fabricación de queso - Africa central - Camerún.

Atelier international sur le chamelon

International workshop on the young camel

24 - 26 octobre 1999

Hotel Karam Palace, Ouarzazate, Maroc/Morocco

Avec la participation /with the participation

- ✓ de la Direction de l'élevage du Maroc
- ✓ de l'Office régional de mise en valeur agricole de Ouarzazate
- ✓ du Ministère de la coopération, Paris, France
- ✓ du Centre technique de coopération agricole et rurale, Bruxelles, Belgique

Partenaires officiels/Official partners:

- ✓ SANOFI Santé nutrition animale
- ✓ BIOPHARMA



Comité d'organisation/ Organization Committee

Pr M. Bengoumi, IAV Hassan II
 Dr A. Tber, Direction élevage
 Dr A. Fikri, Division Santé animale
 Pr J. Berrada, IAVHassan II
 M. M. Belakhal, ORMVA Ouarzazate
 Dr B. Faye, Cirad-emvt
 Dr P. Bonnet, Cirad-emvt
 Pr A. Sghiri, IAV Hassan II
 Dr H.L. Fadil
 ORMVA Ouarzazate

Thèmes/Topics:

Embryologie/Embryology
 Péripartum/Peripartum
 Physiologie et croissance/Physiology and growth
 Elevage du jeune/Camel calf rearing
 Pathologie du jeune/Camel calf diseases
 Divers/Miscellaneous

Ouarzazate est une ville touristique aux confins du Sahara riche en hôtels de qualité. Informations sur les réservations hôtelières disponibles sur demande.
Ouarzazate is a touristic city on the border of the Sahara Desert with many high quality hotels. Information on hotel reservation available upon request.

Frais d'inscription/Registration fees

Secretariat France :

Bernard Faye
 Cirad-emvt
 Campus international
 de Baillarguet, BP 5035
 34032 Montpellier Cedex 1
 France
 Tel +33 (0)4 67 59 37 03
 Fax +33 (0)4 67 59 38 25
 E-mail: dutour@cirad.fr

Secretariat Maroc :

Mohamed Bengoumi
 IAV Hassan II
 BP 6202
 Rabat Institut
 Rabat, Maroc
 Tel +212 7 77 96 84
 Fax +212 7 77 96 84
 E-mail:
 bengoumi@fam.net.ma

2000 DH (1 FF = 1,6 DH)
 si l'inscription a eu lieu avant le 30 juin 1999.
 Une majoration de 30% sera appliquée après cette date.
 2000 DH (\$US 1 = 9DH) for registration prior to June 30, 1999.
 An additional 30% charge will be applied thereafter.

Les frais d'inscriptions couvrent Registration fees include:
 - accès aux salles/conférence room access
 - actes de l'atelier/proceedings
 - pauses-café/coffee-breaks
 - déjeuners/lunches
 - cocktail de bienvenue/welcome refreshment

- dîner de clôture/closing dinner
 - transport local/local transportation
 - excursion/excursion

Frais d'inscription à verser au compte n° 000 16 00 134147 04 Société Générale marocaine des banques Rabat-Grande Poste, Maroc
 Le paiement peut se faire par carte bancaire ou virement
 Registration fees to be sent to account No. 000 16 00 134147 04 Société Générale marocaine des banques Rabat-Grande Poste, Morocco
 Payment possible by credit card or bank transfer

Résumé/Abstract

Titre: 2 lignes maximum
 Title: 2 lines maximum

Auteurs: Nom, initiales du prénom, adresse
 Authors: Last name, first name initials, address

Le nom du conférencier doit être souligné
 Presenting author name will be underlined

Texte : 300 mots maximum (taille 12, caractère Times, double interligne)
 Text: maximum 300 words (font Times, size 12, double space)

Mots-clés : maximum 5
 Key words: 5 maximum

Le résumé doit parvenir au Comité d'organisation avant le 30 mars 1999. Le texte définitif doit parvenir au Comité scientifique avant le 30 juin 1999. Les recommandations pour le texte définitif seront communiquées ultérieurement.
 Abstracts must be sent to the Organization Committee before March 30, 1999. The full text must be sent to the Scientific Committee before June 30, 1999. Recommendations for the full text will be communicated later.

Les participants peuvent solliciter les organismes internationaux (Banque mondiale, FAO, Union européenne...) pour financer leur contribution.

Participants may contact international organizations (World Bank, FAO, European Union...) to fund their contribution.

Résumé/Abstract – Avant le 30 mars 1999/Before March 30, 1999

Titre/Title:

Thème/Topic:

Oral presentation:

Poster:

Nom/Last name:

Prénom/First name:

Institution:

Adresse professionnelle/Professional address:

Ville/City:

Pays/Country:

Tel: Fax:

E-mail:

Transforming wild African herbivores into edible meat for local communities. Sustainable use of impala (*Aepyceros melampus*) in the CAMPFIRE Program, Zimbabwe

E. Féron¹ J.K. Tafira² U. Belemsobgo¹
S. Blomme¹ M. de Garine-Wichatitsky^{1*}

Key words

Aepyceros melampus - Wild animal - Game meat - Sustainability - Mobile unit - Zimbabwe.

Summary

For a long time, African wildlife has been considered a potential source of animal protein for human populations. However, projects aiming at producing bush meat have often been hindered by major constraints such as public health concerns and their cost. The goal of the Nyama project, operating within the CAMPFIRE program in Zimbabwe, had been to supply the people of Omay Communal Land (Nyaminyami District) with affordable impala (*Aepyceros melampus*) meat on a regular basis and in accordance with the national law on public health. This paper describes the technical innovations (mobile butchery and meat distribution points), the procedure followed during the cropping operations and a financial summary of these activities during the initial phase of the project. In 1996, the production system was handed over to the Nyaminyami District Council, who has since been running the project independently.

■ INTRODUCTION

Wild African herbivores have, for a long time, been considered as a potential source of substantial amounts of nutritional protein (4, 6, 10). Plans to harvest the considerable animal diversity of the African savannahs have been numerous, but only few have succeeded in the sustained transformation of wild biomass into edible meat (5, 9). Public health precautions necessary for the organized production of large amounts of meat, added to the technical requirements of harvesting free-ranging non-domesticated animals, have more often than not rendered such operations economically or politically not viable.

When it takes place, meat production from wild animals is often a side activity of the ecological control of prolific species. Notable exceptions are the exemplary cases of the ongoing supply of antelope meat as a quality product to high paying markets: springbok (*Antidorcas marsupialis*) meat exported from South Africa and Namibia to Europe, meat of various herbivores sold to restaurants in Kenya, the elephant (*Loxodonta africana*) and buffalo (*Syncerus caffer*) abattoir and canning factory in Skukuza (Krüger Park, South Africa) that supplied the local market, the cropping of buffalo in the Zambezi delta in the late seventies, the culling of hippopotamus (*Hippopotamus amphibius*) in the Luangwa River (Zambia) for the benefit of local communities, the sustained harvesting of a variety of herbivores in the Nazinga Ranch (Burkina Faso) for the benefit of local communities, and the cropping of impala (*Aepyceros melampus*) and Thomson's gazelle (*Gazella thomsoni*) in Kenya (1).

In 1990, the Nyaminyami District Council, one of the pioneers of the CAMPFIRE Program, sought to optimize its impala meat producing operations to supply the local market. Improvements were necessary in the fields of public health, involvement of the local population, building of local capacity to manage the

1. Cirad-emvt, PO Box 1378, Harare, Zimbabwe

2. Nyaminyami District Council, P/A Siakobvu via Karoi, Zimbabwe

* Corresponding author, present address:

Cirad-emvt, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

Tel.: +33 (0)4 67 61 58 00; Fax.: +33 (0)4 67 59 37 98

E-mail: degarine@cirad.fr

operations independently from outside assistance, reduction of meat export outside District limits, economic viability, and overall increased output. This led to the implementation by the CAMPFIRE Association and Cirad-emvt of the so-called "Nyama Project" ("Meat Project") financed by the French Embassy in Zimbabwe for the benefit of the Nyaminyami Rural District Council to optimize the use of impala. A combined system of purpose-designed mobile abattoir and fixed meat retail facilities utilizing appropriate technologies and local manpower was experimented in 1994 and 1995. The system was deemed satisfactory and its components were approved by the competent authorities. Responsibility for the operations and production means were gradually transferred to the local authority (Nyaminyami District Council) through a capacity building process that was completed in 1996 when outside assistance had ended.

The purpose of this article (based on cropping operations in 1994-1995) was to describe the different stages from animal cropping to meat distribution to the local population, as well as technical innovations which allowed to meet the initial expectations.

■ MATERIALS AND METHODS

Background

At the onset of the CAMPFIRE Program in the Nyaminyami District of Zimbabwe in 1989 (figure 1), considerable thought was given to the possibility of harvesting the large impala population

on the shore of Lake Kariba by and for the benefit of the local population (7, 11). As efforts focused on safari hunting because of large financial profits it generated to be shared among the population by the local district council, meat production activities were limited to professional safari hunters supplying villages with the meat of hunted buffaloes and, more importantly, culling surplus impala three times a year (12).

An investigation of these operations concluded that the possible public health hazards from infectious pathogens and parasites were negligible, but that the sequence of events from the death of the animal to the sale to the consumer was suboptimal: 1) it did not meet the minimum national public standards (no bleeding, extensive contamination of carcasses and very late evisceration) (2); 2) products of culled animals were not completely used (heads and offal were purchased by the local crocodile farm) (12); 3) the operation was not economically viable when subsidies were included in the analysis (11); 4) supplied products could not be stored (sun drying, the preferred local technique, was difficult when carcasses had not been bled) and greater control of meat wastage was required (11); 5) substantial amounts of meat, considered a primary benefit from wildlife by the local population and a potential threat to animal health outside the Foot and Mouth Disease infected District, "escaped" from the District through uncontrolled dealings.

Strategies

The project had to develop a system that would provide meat and offal supply that met legally acceptable standards (i.e. fit for consumption and contamination free) to the local population

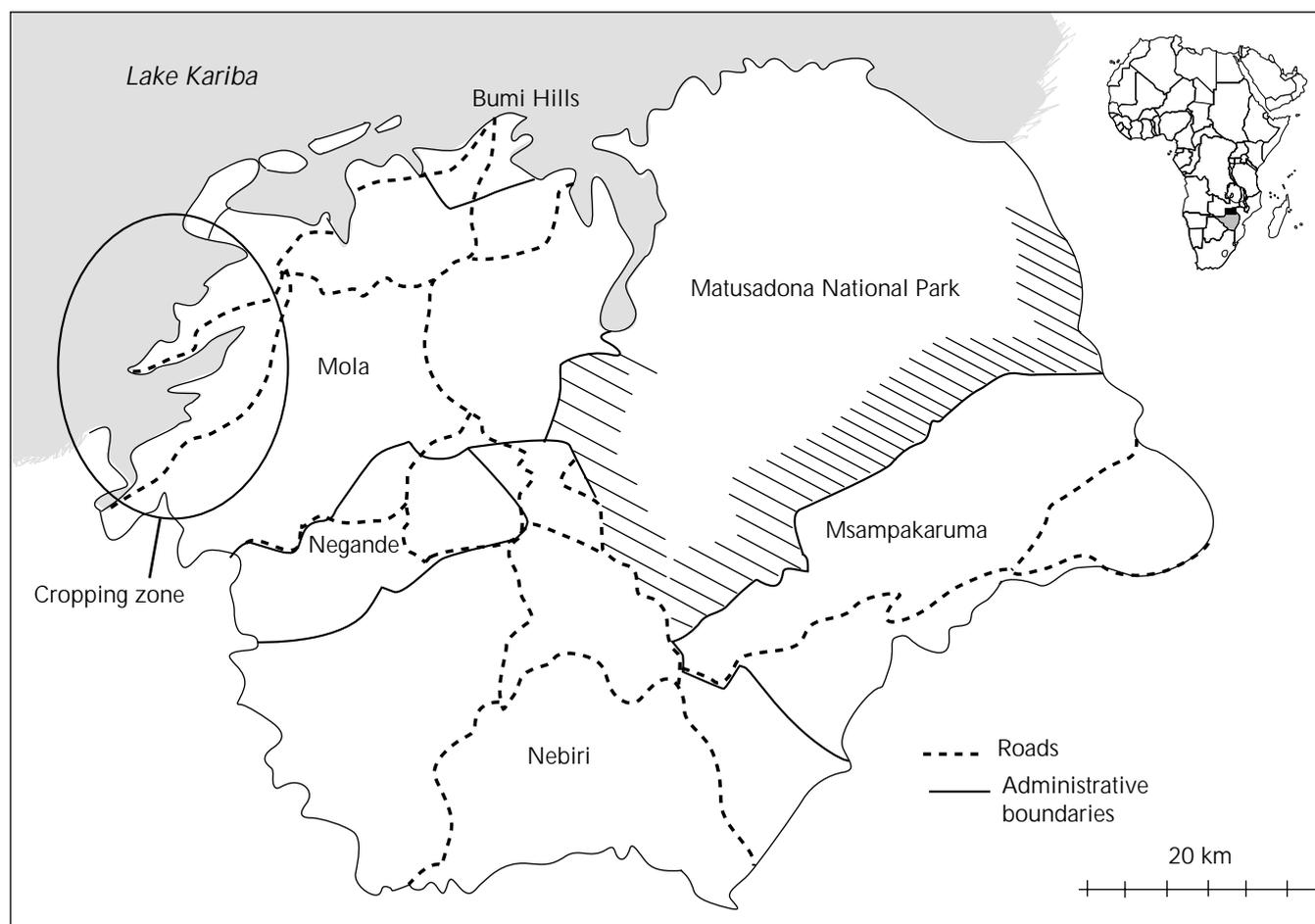


Figure 1: Map of Nyaminyami District. Cropping zone and administrative boundaries.

scattered in ten administrative village areas, some located as far as 80 km from the main impala habitats, use as much local manpower as possible, be versatile enough to crop animals in remote places where only small groups of animals were to be found, make it as difficult as possible for people from outside the protein poor district to purchase large quantities of meat, and be economically viable.

To achieve this, it was decided to work along the possibility of providing small quantities of fresh meat and offal to designated distribution points at frequent intervals. The buyers would then be free to process on their own the product into biltong (sun-dried and spiced meat). This would avoid dealing with the complicated issue of cold storage in places where there is no electricity and, besides, refrigerators would be a health hazard. Moreover, this choice would restrict the public health responsibility of the district council to the rather manageable scope of selling fresh meat within twelve hours of animals' death.

The goal in using impala was to produce retail meat. To accomplish it, considerable awareness on meat management and production issues was needed at all levels of local wildlife management authorities. New skills had to be acquired by the local staff in charge of shooting and management had to integrate this new approach for the operation to be successful.

Materials

Following literature review on comparable activities, it was decided to experiment an adaptation of the procedure used in Australia to cull kangaroos, i.e. a four-wheel drive pick-up vehicle carrying all the equipment and staff necessary to crop the animals, process and inspect the carcasses, and deliver the product. In addition, pre-designated points would be equipped with a receiving and retail structure, the meat distribution point (MA) to be developed, installed and run with the participation of the benefiting communities.

The mobile abattoir

The mobile abattoir (MA) (figure 2) was carefully developed in collaboration with the District Wildlife Management Committee and the District Public Health Services and was officially approved. The result of numerous experiments was a structure adapted to its purpose in the local conditions. It consisted of locally available flat iron bars and tubes assembled by electric welding that could be repaired at the local district council's workshop which was equipped with a generator. The final structure was fitted to a Toyota Land Cruiser 4 x 4 (6-cylinder diesel) equipped with a conventional hunters' roll bar and bull bar. It was easily detachable from the vehicle by a team of six people in no more than ten minutes.

Important additional equipment comprised racks with iron rollers, on their extremities, and chromed mobile hooks, PVC water containers with brass taps fitted to the sides of the structure, spotlights for work at night and a roof rack to store equipment. Debates over the necessity to keep dust away from the meat led to experiment a PVC cover for the whole structure. Results were poor in that more dust was being drawn into the back of the car by the air vortices. The PVC cover was used only in case of rain. Keeping the load into open air led to negligible contamination by dust on the poorly frequented road of the District during the night.

The mobile abattoir could accommodate more than 20 carcasses with 25 considered an operational maximum. The overall cost of building such a structure (without the initial development and experiment costs) was around Z\$ 15,000 (US\$ 1 = Z\$ 8 approx. in 1995).

A similar structure was fitted to a reconditioned Land Rover (Series III, gasoline) provided by the District Council. The arrangement (in this case, the structure was fitted directly and permanently to the vehicle's chassis) proved far less durable and only fit for smaller cropping operations and deliveries within a limited range as long as the area roads remained in very poor condition.

The meat distribution point

The MDP structure (figure 3) was developed in collaboration with the District Wildlife Management Committee, the District Public Health Services and the Public Health Branch of the Department of Veterinary Services, and was officially approved. It consisted of a bolted assembly of pre-constructed iron grills, cast in a concrete platform built by the benefiting community with a wide opening loading gate, a galvanized corrugated iron roof, a sale latch with a galvanized iron plate and various hanging racks and basins for the temporary storage of water and cut pieces. Once erected, the whole structure was wrapped in a synthetic fly mesh to keep insects out. The MDP could be locked with a key. The overall cost of building an MDP (without the initial development and experiment costs) was around Z\$ 20,000.

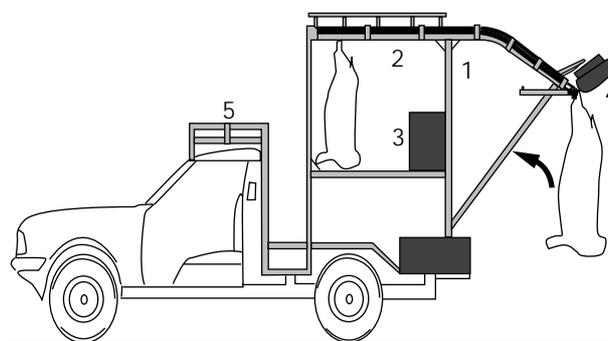


Figure 2: Mobile butchery. Detachable metal structure fitted to a pick-up vehicle - 1) flat iron bars; 2) racks with mobile hooks and iron rollers; 3) PVC water containers; 4) spotlight; 5) roof racks.

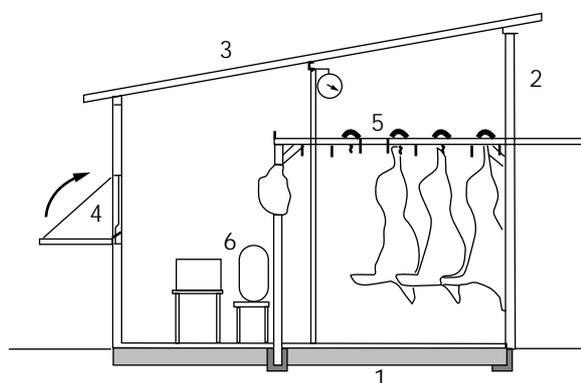


Figure 3: Meat distribution point - 1) concrete platform; 2) iron grills; 3) corrugated iron roof; 4) sale latch; 5) hanging racks; 6) basins for water and temporary storage of cut pieces.

Training

■ Hunters

The fourteen game guards employed by the District Council had to be trained in order to undertake the cropping exercise in a professional manner and ensure that the whole process would eventually be controlled by local authorities. Their initial training on weaponry when joining the Wildlife Management Unit had been limited to handling, cleaning and storage of firearms. Shooting had not been considered relevant to their tasks (law enforcement and problem animal control). Also, unlike other African countries where informal hunters developed some skills through the use of hand-crafted rifles, there was little or no rural tradition of rifle hunting in Zimbabwe and most game guards required basic training.

A training program was initiated to provide the Wildlife Management Unit with a satisfactory proportion of reasonably skilled marksmen, able to perform precision shots in night conditions on a regular basis. Specific paper targets were developed and one of the Council's .22 rifle with scope and silencer was used with ammunition provided by the project. The training was to become an ongoing exercise with weekly sessions leading to the selection of the most appropriate staff for the following cropping exercise.

■ Butchers

The early large scale impala culling exercise had trained around one hundred villagers in the techniques of skinning for the purpose of providing good quality hides to the purchasing tannery. The local authorities initially selected five young men from the target villages who would undergo training in the fields of bleeding, carcass dressing, offal cleaning, equipment maintenance and general hygiene. Training was offered by the small ruminants abattoir in the capital, Harare, 400 km away, and took place during full moon weeks (no cropping). Twelve villagers were to be trained in order to provide each village with at least one individual who could supervise meat retail at the MDPs.

Methods

Preparation

It consisted in selecting dates and sites for cropping, choosing members of the cropping team among the District' game guards and ensure that the trained butchers were present. Full moon nights were systematically avoided as the efficiency of a spotlight on the impala was then reduced. A cropping team was composed of a leader/driver, one or two hunters (local council game guards trained for that purpose) and three to five butchers. The necessary equipment was assembled: vehicle equipped with the dressing and hanging structure, weapons (.222 and .22 caliber rifles with silencers and scopes, .223 with scope), ammunition ("soft nose"), first-aid kit, mobile spotlights (2 x 100-watt spots), butchery equipment (knives, containers, etc.), water containers (up to 80 l) and sundries.

During the preparation, the meat distribution sites had to be agreed upon if the distribution schedule was not followed, and appropriate information had to be sent to the villages by the District Council.

Cropping sites

Several hunting sites have been selected in the District, most of them contiguous and located in the area around Lake Kariba

shores (figure 1). The two main sites represented an area of about 1500 ha each, constituted mainly of savannah woodland (*Brachystegia* spp.), open Mopane (*Colophospermum mopane*) woodland and savannah grassland along the lake shore.

Cropping procedure

Departure from the administrative center of the district was at around 17h00 to reach the cropping sites two hours later after having adjusted the scopes. The sides of the roads or paths were swept with the beam of the spotlight. The animals were spotted by the reflection of the light from their eyes and usually showed little reaction (7). The visibility zone varied from a few meters in undergrowth to a little over 100 m on grassy plains depending on night light and vegetation abundance and type. When a group of animals was spotted, the vehicle stopped or tried to get within shooting distance. The final part of the approach to the animals could be on foot if necessary (although this was avoided whenever possible) when the vegetation was too dense and visibility poor. Targets were chosen based on animals' position and mobility. The marksman generally aimed at an animal which was immobile and clearly visible. If there were two hunters, the first shot was generally fired by the bearer of the smaller caliber rifle, i.e. .22 if distance allowed, or .222.

Based on the annual quota fixed by the Department of National Parks and Wildlife (750 males and 750 females) (12), and although the need to conduct economically and financially profitable operations was kept in mind, the criteria of choice of animals to shoot was fairly variable. Males in bachelor herds were chosen in priority. Females (adults and subadults) were shot when they were not with young, and juvenile males and females were the last choice.

The shot should bring about immediate death of the animal in order to avoid stress, suffering and disappearance of the animal into the vegetation. To achieve this, neck and head were prime targets. It was anticipated that hunters would progressively acquire the necessary skills to increase the proportion of animals killed after one round fired. Between 1 and 3 animals were cropped during one stop; 5 animals maximum were kept in one stop in order to avoid abattoir overloading, which would lead to delays in evisceration.

Abattoir and slaughtering

The animals were collected and transported to the vehicle by the butchers immediately after shooting. Collection of wounded animals was sometimes difficult when it was not clear where the animal had fallen or moved to.

Bleeding was done as soon as possible after shooting, usually within five minutes. The animal was then hanged, head down, to a hook on the side or rear of the vehicle.

Initially, the carcasses were skinned in the field, before evisceration. This allowed considerable cooling and superficial drying of the carcasses. It also allowed some contamination to occur. Experience showed that keeping the skins on for up to 10 h after death did not make skinning more difficult. This option was then adopted as routine in order to save time in the field.

When three to five animals had been hung from the work rack at the back of the vehicle the working lights at the rear of the vehicle were switched on, the engine turned off, and the slaughtering process would start. The operations were made in the following order:

- removal of the four hooves (discarded)

- removal of the head (stored in the vehicle) and preparation of the trachea
- incision of the abdominal cavity
- removal of the small intestine, large intestine and uterus (testicles and penis were removed before the incision of the abdominal cavity)
- removal, cleaning and inspection of the liver
- storage of liver in plastic basin 1
- removal, emptying and cleaning of the rumen
- storage of rumen in plastic basin 2
- removal of the heart and lungs
- storage of heart and lungs in plastic basin 2
- inspection of the carcass and removal of parts contaminated by hemorrhage
- rinsing of the inside of the carcass if needed
- checking the butcher's work and hygiene standards
- storage of the carcass holding rack in the front part of the slaughter structure
- loading of basins
- cleaning of equipment.

The whole rack-plus-suspended-animals with skins on was pushed to the front of the vehicle for storage. This element and the next racks (up to five in one night) would not be tampered with until the morning after at the selling point. Offal and heads were collected for sale. This allowed residual blood to drip from the carcasses, "shaken" during the ferrying of the load.

The stomachs were stored separately in plastic containers after cleaning. Livers and lungs with parasites or in doubtful condition were discarded. Those deemed fit for consumption were washed and stored.

Simple hygiene was considered very important since the District Council responsibility was engaged in case of a public health alert and the main hazard was considered to be meat contamination by polluting agents. During carcass preparation the butchers had to follow a set procedure to limit carcass contamination:

- wash hands and knife before the operation
- wash the knife after incision into the skin
- wash hands and knife after evisceration before continuing preparation
- rinse the inside if there were traces of contamination (e.g. small hemorrhages).

An inspection chart for the carcasses, hygiene during operations and hide quality had been devised to motivate the butchers to respect hygiene procedures and to perform up to standard. The work of individual butchers was graded, and bonuses were used as incentives.

Meat and offal delivery

After slaughter and evisceration of the last animals, the carcasses were transported in the cropping vehicle, directly from the hunting area to the selling point. Transportation took between twenty minutes and two hours depending on the selling point and road conditions. After arrival at the MDP, usually around eight o'clock in the morning, the carcasses were skinned and cut up.

The carcasses were offloaded (the reverse of the loading operation) and transferred to the storage racks inside the MDP. Skinning began immediately. They were cut up on the rack to avoid additional handling. The grade of the skin was estimated according to fixed codes (Grades A to C).

Carcass weights, number of livers, stomachs, etc. delivered to the MDP were recorded. One or two selling points were supplied per cropping night. The MDP manager (chosen by the community) then organized the sale of the products. He was also in charge of informing villagers about meat delivery dates and preparing equipment for the MDP (water tank, containers, etc.).

In 1996, three MDPs had been setup, and seven more were planned in selected areas chosen by the District Council and wards' representatives.

Retail

Retail began immediately after skinning. The MDP manager and one or two assistants took charge of cutting up, weighing and selling meat and offal. Depending on the MDP 5 to 25 carcasses could be sold in a day. In 1995, the price of the meat was Z\$ 2 per kilogram, much lower than that of beef.

All people in the village had access to the meat. Sales of products had to take place the same day, if possible during the morning, since there was no way to store or transform them at the MDPs.

The skins were preserved by salting (performed by the butchers) then sold to a commercial tannery.

■ RESULTS AND DISCUSSION

Catches

In 1995, seventy-seven cropping operations were carried out at regular intervals from the end of March to the end of November, during which 1382 impala were cropped (574 males, 759 females and 49 whose sex was not recorded). In a sample of 46 cropping operations, for which the carcass weight of the animals cropped was accurately recorded, variations in carcass weight were calculated by age groups (determined by National Parks' guards based on animal size and horn curvature for males) and sex (table I).

Table I

Average carcass weight (kg) by age and sex of impala cropped in 1994-1995

Group	Num. Measured	Average	Std. dev.	Minimum	Maximum
Adult male	191	25.5	4.26	14.2	39
Adult female	355	20.4	2.94	12.0	31
Subadult male	74	18.4	3.27	9.0	26
Subadult female	42	16.5	3.57	11.0	24
Juvenile male	78	13.4	2.25	6.0	19
Juvenile female	63	13.4	2.82	6.0	22

To test the influence of age and sex on carcass weight, a non parametric analysis of variance (Kruskall-Wallis, Logithec software) was carried out, as the variances were not homogenous for the different classes, and it showed a significant effect ($p < 0.001$).

Paired comparisons of carcass weights were significantly different between the different age and sex classes ($p < 0.01$), except between male and female juveniles ($p > 0.05$) and between juvenile and subadult females ($p > 0.05$). These results illustrate the sexual dimorphism of impala (subadult and adult), and might also highlight the difficulties of separating juvenile and subadult females, without horn criteria (3).

On one occasion, carcass yields were determined on 14 impala and ranked between 51 and 61% according to age and sex. These results, which compare with those obtained during more detailed studies (3), confirm the high carcass yield of impala. This, combined with the impala gregarious behavior and ability to use various types of pastures (mixed feeder), makes it an adequate butchery animal.

Meat supplies

In 1995, more than 26,700 kg of meat (plus 973 livers, 1294 clean offal and 1303 heads) were delivered to the local community (92 points distributed for 77 cropping operations). Each ward received meat about once a month. Quantities of meat left at each selling point were variable. Depending on the selling point 5 to 25 animals could be left for sale. The products (heads, offal, etc.) sold per ward are shown in table II.

Economics

To calculate the operation cost an account was kept of the following charges: vehicle expenses (gasoline, maintenance and depreciation of the vehicle), salaries and bonuses (guards, driver and butchers) and ammunitions.

During this period, the average cost of a cropping outing was Z\$ 1015.2 ($s = 32.6$) but this cost varied from Z\$ 387.4 to Z\$ 1809.5 and the cost distribution was as follows (figure 4):

- vehicle 59.4% (i.e. Z\$ 603)
- ammunition 29.2% (i.e. Z\$ 296)
- butchers 8.1% (i.e. Z\$ 82)

- wildlife guards 2.2% (i.e. Z\$ 22)
- driver 1.1% (i.e. Z\$11).

Inputs relating to staff varied little between hunts. Ammunition and vehicle were the most variable factors. In particular, as shown in table III, the average total cost increased with the distance between the shooting place and selling point, the cost being the lowest in Mola wards situated close to the cropping zone and the highest in Msampa (figure 1).

It was clear that the cost of ferrying the meat to a place located far away from the cropping site substantially increased the cost of the operation.

CONCLUSION

The mechanism experimented, developed and handed over to the local authorities, makes it possible to regularly supply the local market with impala meat in good hygienic condition under the control of appropriate institutions. The production system, managed by the local authorities with local employees, insures a maximum involvement of the local population. The production costs and the structures put in place (mobile butchery and meat distribution points) are covered by the meat selling price, although the program obviously requires a substantial initial investment. These operations could be adapted for other areas or animal species.

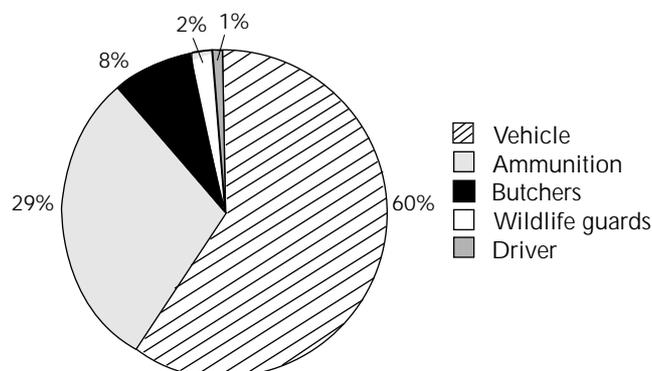


Figure 4: Average cost distribution per cropping outing in 1994-1995.

Table II

Distribution of meat and coproducts per ward in 1995
(64 cropping operations included in the table for a total of 77 completed in 1995)

Name of ward	Num. of distributions	Total meat (kg)	Num. of lungs/hearts	Num. of stomachs	Num. of heads	Population/ward
Mola A	8	3197.9	138	130	140	3995
Mola B	8	2607.0	126	134	133	3381
Negande A	5	2438.6	74	69	76	2331
Negande B	4	767.5	64	76	86	1073
Nebiri A	14	5731.6	223	238	245	1038
Nebiri B	4	1677.8	69	68	71	2541
Msampa A	8	4483.4	144	140	159	1513
Msampa B	6	1861.2	102	111	121	1447
Others	7	1788.3	17	21	20	-
Total	64	24,553.3	957	987	1051	17,319

Table III

Total cost of a cropping outing (Z\$)
according to the meat distribution place in 1995

Selling point	Average cost	Minimum	Maximum
Mola A	889.4	730	1176
Mola B	840.5	511	1113
Msampakaruma A	1271.1	942	1809
Msampakaruma B	1239.4	1081	1531
Nebiri A	925.8	387	1379
Nebiri B	1057.4	804	1268
Negande A	973.8	761	1199
Negande B	1088.9	991	1151
Miscellaneous	1125.1	1002.2	1248
Total	1015.2	387	1809

Close collaboration with the Department of National Parks and other organizations involved in wildlife conservation is essential for a sustainable use of the target animal populations. A study on the impact of off-takes on the dynamics of hunted species populations and periodic counts are advisable to ensure the viability of the animal populations utilized. Simple monitoring methods implemented by the local populations would strengthen their involvement and contribute to the sustainable production of game meat by local populations for themselves.

REFERENCES

1. BLANKENSHIP L.H., PARKER I.S.C., QVORTRUP S.A., 1989. Game cropping in East Africa: the Kekopey experiment. College Station, Texas Agricultural Experiment Station, Texas A&M University, 128 p.
2. BORNE P.M., FERON E.M., 1990. Impala meat production for consumption by local communities: hygiene, quality and conservation. Technical report for Kariba District. Harare, Zimbabwe, French Embassy, 27 p.

3. BOTHMA J. du P. ed., 1996. Game ranch management. Pretoria, South Africa, J.L. Van Schaik, 639 p.

4. CHARDONNET P. ed., 1995. Faune sauvage africaine, la ressource oubliée, 2 vol. Luxembourg, Bruxelles, Belgique, CECA-CE-CEEA, 416 p., 288 p.

5. CUMMING D.H.M., 1991. Developments in game ranching and wildlife utilization in East and Southern Africa. In: Renecker L.A., Hudson R.J. eds., Wildlife production: Conservation and sustainable development. Fairbanks, Alaska, AFES misc. pub. University of Alaska Fairbanks, p. 96-108.

6. FERON E.M., 1995. New food sources, conservation of biodiversity and sustainable development: can unconventional animal species contribute to feeding the world? *Biodiversity Conserv.*, **4**: 233-240.

7. LEWIS A.R., PINCHIN A.M., KESTIN S.C., 1997. Welfare implications of the night shooting of wild impala (*Aepyceros melampus*). *Anim. Welfare*, **6**: 123-131.

8. NYAMINYAMI WILDLIFE MANAGEMENT TRUST, 1987. The wildlife of Nyaminyami. Harare, Zimbabwe, Nyaminyami Wildlife Management Trust, 27 p.

9. PARKER I.S.C., 1984. Perspectives on wildlife cropping or culling. In: Bell R.H.V., McShnae-Caluzi E. eds. Conservation and wildlife management in Africa. Washington DC, USA, Office of Training and Programme Support, US Peace Corps.

10. TALBOT L.M., LEDGER H.P., PAYNE W.J.A., 1962. The possibility of using wild animals for animal production in the semi arid tropics of East Africa. In: Proc. VIII int. Congr. Anim. Prod., Hamburg, Germany, 1961, p. 205-210.

11. TAYLOR R.D., 1991. Socio-economic aspects of meat production from impala harvested in a Zimbabwean communal land. In: Renecker L.A., Hudson R.J. eds., Wildlife production: Conservation and sustainable development. Fairbanks, Alaska, AFES misc. pub. University of Alaska Fairbanks, p. 182-193.

12. TAYLOR R.D., 1993. Wildlife management and utilization in a Zimbabwean communal land: A preliminary evaluation in Nyaminyami. Multispecies animal production systems project. Harare, Zimbabwe, WWF. (Project paper No. 32)

Reçu le 12.8.98, accepté le 18.11.9

Résumé

Féron E., Tafira J.K., Belemsobgo U., Blomme S., De Garine-Wichatitsky M. Transformation des herbivores sauvages africains en viande propre à la consommation pour les communautés locales. Utilisation durable de l'impala (*Aepyceros melampus*) dans le cadre du programme CAMPFIRE, Zimbabwe

La faune sauvage africaine a depuis longtemps été considérée comme une source potentielle de protéines animales pour les populations humaines. Mais les projets visant à la fourniture de viande de brousse se sont souvent heurtés à des contraintes majeures, notamment des problèmes liés à l'hygiène de la viande produite et au coût des mesures de santé publique. Le projet Nyama, qui opère dans le cadre du programme CAMPFIRE au Zimbabwe, avait pour but la fourniture régulière aux populations locales de la zone communale d'Omay (district de Nyaminyami, Zimbabwe) de viande d'impala (*Aepyceros melampus*) dans des conditions d'hygiène satisfaisant la réglementation nationale sur la santé publique. Le présent article décrit les innovations techniques (boucherie mobile et points de distribution de vente), la procédure suivie lors de l'abattage et de la préparation des carcasses et présente un bilan financier de ces activités durant la période de mise au point. En 1996, les moyens de production ont été transférés au Conseil du District qui assure depuis la continuité du projet.

Mots-clés : *Aepyceros melampus* - Animal sauvage - Viande de gibier - Durabilité - Unité mobile - Zimbabwe.

Resumen

Féron E., Tafira J.K., Belemsobgo U., Blomme S., De Garine-Wichatitsky M. Transformación de los herbívoros salvajes africanos en carne comestible para comunidades locales. Uso sostenible del impala (*Aepyceros melampus*) dentro del programa CAMPFIRE, Zimbabwe

Durante mucho tiempo, la vida silvestre africana se ha considerado como una fuente potencial de proteína animal para las poblaciones humanas. Sin embargo, los proyectos con objetivos de producción de carne silvestre han sido a menudo impedidos por obstáculos mayores, como salud pública y costo. El fin del proyecto Nyama, operando dentro del programa CAMPFIRE en Zimbabwe, ha sido el de suplementar a la población de la Tierra Comunal de Omay (distrito de Nyaminyami) con carne de impala (*Aepyceros melampus*), en una forma regular y de acuerdo con la ley nacional de salud pública. El presente artículo describe las innovaciones técnicas (carnicería móvil y puntos de distribución de carne), el procedimiento seguido durante las operaciones de recolección y el resumen financiero de estas actividades, durante la fase inicial del proyecto. En 1996, el sistema de producción fue traspasado al Consejo del Distrito de Nyaminyami, quien ha seguido con el proyecto en forma independiente.

Palabras clave: *Aepyceros melampus* - Animal salvaje - Carne de animal de caza - Sostenibilidad - Unidad móvil - Zimbabwe.

Atelier international sur le chamelon

International workshop on the young camel

24 - 26 octobre 1999

Hotel Karam Palace, Ouarzazate, Maroc/Morocco

Avec la participation /with the participation

- ✓ de la Direction de l'élevage du Maroc
- ✓ de l'Office régional de mise en valeur agricole de Ouarzazate
- ✓ du Ministère de la coopération, Paris, France
- ✓ du Centre technique de coopération agricole et rurale, Bruxelles, Belgique

Comité d'organisation/ Organization Committee

Pr M. Bengoumi, IAV Hassan II
 Dr A. Tber, Direction élevage
 Dr A. Fikri, Division Santé animale
 Pr J. Berrada, IAV Hassan II
 M. M. Belakhal, ORMVA Ouarzazate
 Dr B. Faye, Cirad-emvt
 Dr P. Bonnet, Cirad-emvt
 Pr A. Sghiri, IAV Hassan II
 Dr H.L. Fadil
 ORMVA Ouarzazate

Secretariat France :

Bernard Faye
 Cirad-emvt
 Campus international
 de Baillarguet, BP 5035
 34032 Montpellier Cedex 1
 France
 Tel +33 (0)4 67 59 37 03
 Fax +33 (0)4 67 59 38 25
 E-mail: dutour@cirad.fr

Secretariat Maroc :

Mohamed Bengoumi
 IAV Hassan II
 BP 6202
 Rabat Institut
 Rabat, Maroc
 Tel +212 7 77 96 84
 Fax +212 7 77 96 84
 E-mail:
 bengoumi@iam.net.ma

Résumé/Abstract

Titre: 2 lignes maximum
 Title: 2 lines maximum

Auteurs: Nom, initiales du prénom, adresse
 Authors: Last name, first name initials, address

Le nom du conférencier doit être souligné
 Presenting author name will be underlined

Texte : 300 mots maximum (taille 12, caractère Times, double interligne)
 Text: maximum 300 words (font Times, size 12, double space)

Mots-clés : maximum 5
 Key words: 5 maximum

Le résumé doit parvenir au Comité d'organisation avant le 30 mars 1999. Le texte définitif doit parvenir au Comité scientifique avant le 30 juin 1999. Les recommandations pour le texte définitif seront communiquées ultérieurement.
 Abstracts must be sent to the Organization Committee before March 30, 1999. The full text must be sent to the Scientific Committee before June 30, 1999. Recommendations for the full text will be communicated later.

Les participants peuvent solliciter les organismes internationaux (Banque mondiale, FAO, Union européenne...) pour financer leur contribution.

Participants may contact international organizations (World Bank, FAO, European Union...) to fund their contribution.

Partenaires officiels/Official partners:

- ✓ SANOFI Santé nutrition animale
- ✓ BIOPHARMA



Ouarzazate est une ville touristique aux confins du Sahara riche en hôtels de qualité. Informations sur les réservations hôtelières disponibles sur demande.

Ouarzazate is a touristic city on the border of the Sahara Desert with many high quality hotels. Information on hotel reservation available upon request.

Thèmes/Topics:

Embryologie/Embryology
 Péripartum/Peripartum
 Physiologie et croissance/Physiology and growth
 Elevage du jeune/Camel calf rearing
 Pathologie du jeune/Camel calf diseases
 Divers/Miscellaneous

Frais d'inscription/Registration fees

2000 DH (1 FF = 1,6 DH)
 si l'inscription a eu lieu avant le 30 juin 1999.
 Une majoration de 30% sera appliquée après cette date.

2000 DH (\$US 1 = 9DH) for registration prior to June 30, 1999. An additional 30% charge will be applied thereafter.

Les frais d'inscriptions couvrent/Registration fees include:

- accès aux salles/conference room access
- actes de l'atelier/proceedings
- pauses-café/coffee-breaks
- déjeuners/lunches
- cocktail de bienvenue/welcome refreshment

- dîner de clôture/closing dinner
- transport local/local transportation
- excursion/excursion

Frais d'inscription à verser au compte n° 000 16 00 134147 04 Société Générale marocaine des banques Rabat-Grande Poste, Maroc
 Le paiement peut se faire par carte bancaire ou virement

Registration fees to be sent to account No. 000 16 00 134147 04 Société Générale marocaine des banques Rabat-Grande Poste, Morocco
 Payment possible by credit card or bank transfer

Résumé/Abstract – Avant le 30 mars 1999/Before March 30, 1999

Titre/Title:

 Thème/Topic:
 Oral presentation:
 Poster:
 Nom/Last name:
 Prénom/First name:
 Institution:
 Adresse professionnelle/Professional address:

 Ville/City:
 Pays/Country:
 Tel: Fax:
 E-mail: