

Numéro 1 - 1995

SOMMAIRE

7 Actualité

EPIDEMIOLOGIE

Observation clinique

17 CHOLLET (J.-Y.). Fortes prévalences sérologiques de l'anaplasmose bovine dans le Nord-Cameroun

Communications

18 DELAFOSSE (A.), BENGALY (Z.), DUVALLET (G.). Absence d'interaction des infections à *Trypanosoma theileri* avec le diagnostic des trypanosomoses animales par détection des antigènes circulants

21 DIA (M.L.). Comparaison du pouvoir pathogène pour la souris d'un stock de *Trypanosoma evansi* de Mauritanie avec celui de stocks en provenance du Kenya, du Niger, du Tchad et de la Chine

25 YERUHAM (I.), ELAD (D.), NYSKA (A.). Enquête sur la dermatophilose des bovins laitiers en Israël (en anglais)

VIROLOGIE

Communications

31 ADEYEFA (C.A.O.), HAMBLIN (C.). Permanence de la prévalence de la peste équine africaine au Nigeria (en anglais)

33 KEMBI (F.A.), DELANO (O.O.), OYEKUNLE (M.A.). Effet de trois voies différentes d'administration sur le pouvoir immunisant des vaccins contre la bursite infectieuse (en anglais)

BACTERIOLOGIE

Communications

37 MARTRENCAR (A.), BOUCHEL (D.), NJANPOP (B.M.), YAYA (A.). Utilisation de la souche B19 dans la prophylaxie médicale de la brucellose bovine au Nord-Cameroun. Etude de l'effet de la dose sur le taux et la durée de séroconversion chez des femelles zébus

41 AWA (D.N.), PAXTON (E.A.), SUMPTION (K.J.). Comparaison de deux anticoagulants pour la production de l'antigène de *Cowdria ruminantium* dans une culture de neutrophiles (en anglais)

ENTOMOLOGIE

45 VREYSEN (M.J.B.), VAN DER VLOEDT (A.M.V.). Stérilisation par irradiation de *Glossina tachinoides* Westw. pupae. I. Effet des doses fractionnées et de l'azote pendant l'irradiation à mi-course de la phase pupale (en anglais)

53 VREYSEN (M.J.B.), VAN DER VLOEDT (A.M.V.). Stérilisation par irradiation de *Glossina tachinoides* Westw. pupae. II. Effets combinés du froid et des rayons gamma (en anglais)

MICROBIOLOGIE

63 LAWRENCE (J.A.), TJORNEHOJ (K.), WHITELAND (A.P.), KAFUWA (P.T.). La réponse sérologique à l'immunisation contre la cowdriose constitue un indicateur effectif du degré de protection immunitaire (en anglais)

NUTRITION et ALIMENTATION

67 YO (T.), PICARD (M.), GUERIN (H.), DAUVILLIERS (P.). Alimentation séparée (céréales graines entières + aliment complémentaire granulé + coquilles d'huître) des poulettes et des poules pondeuses en climat chaud

ZOOTECHE, GENETIQUE et REPRODUCTION

77 HALL (S.J.G.), GNAHO (L.K.), MEGHEN (C.). Une enquête sur la race bovine Somba au Bénin

85 LE BEL (S.), CHARDONNET (P.), DULIEU (D.), SALAS (M.). Impact de la castration du daguet rusa sur les performances de croissance, d'abattage et sur la qualité biologique de la viande à 24 et 30 mois

95 MEYER (C.), YESSO (P.). Etude des chaleurs des vaches trypanotolérantes N'Dama et Baoulé en Côte d'Ivoire. II. Composante hormonale (LH)

PRODUCTIONS et INDUSTRIES ANIMALES

101 DEBRAH (S.), SISSOKO (K.), SOUMARÉ (S.). Etude économique de la production laitière dans la zone périurbaine de Bamako au Mali

AGROPASTORALISME

Communication

111 BÉREAU (M.), XANDÉ (A.), GAUCHER (B.). Modifications entraînées par le fanage et évolution au cours de la conservation de la qualité du foin de *Brachiaria decumbens* et de *Digitaria swazilandensis* en Guyane française

115 Informations

117 Analyses bibliographiques

118 Recommandations aux auteurs

Part 1 - 1995

CONTENTS

7 Current topics

EPIDEMIOLOGY

Clinical observation

17 CHOLLET (J.-Y.). High serological prevalence rates of bovine anaplasmosis in Northern Cameroon

Communications

18 DELAFOSSE (A.), BENGALY (Z.), DUVALLET (G.). Absence of interaction by *Trypanosoma theileri* with the diagnosis of animal trypanosomoses using antigen-detection enzyme immunoassays

21 DIA (M.L.). Comparison of the pathogenicity to mice of a stock of *Trypanosoma evansi* from Mauritania with that of stocks from Kenya, Niger, Chad and China

25 YERUHAM (I.), ELAD (D.), NYSKA (A.). A survey of dermatophilosis in Israeli dairy cattle

VIROLOGY

Communications

31 ADEYEFA (C.A.O.), HAMBLIN (C.). Continuing prevalence of African horse sickness in Nigeria

33 KEMBI (F.A.), DELANO (O.O.), OYEKUNLE (M.A.). Effect of three different routes of administration on the immunogenicity of infectious bursal disease vaccine

BACTERIOLOGY

Communications

37 MARTRENCAR (A.), BOUCHEL (D.), NJANPOP (B.M.), YAYA (A.). The use of the *Brucella abortus* strain 19 in the medical prophylaxis of bovine brucellosis in northern Cameroon : study of the effect of the vaccinal dose on seroconversion rate and duration in zebu females

41 AWA (D.N.), PAXTON (E.A.), SUMPTION (K.J.). Comparison of two anticoagulants for production of antigens of *Cowdria ruminantium* in neutrophils

ENTOMOLOGY

45 VREYSEN (M.J.B.), VAN DER VLOEDT (A.M.V.). Radiation sterilization of *Glossina tachinoides* Westw. pupae. I. The effect of doses fractionation and nitrogen during irradiation in the mid-pupal phase

53 VREYSEN (M.J.B.), VAN DER VLOEDT (A.M.V.). Radiation sterilization of *Glossina tachinoides* Westw. pupae. II. The combined effects of chilling and gamma irradiation

MICROBIOLOGY

63 LAWRENCE (J.A.), TJORNEHOJ (K.), WHITELAND (A.P.), KAFUWA (P.T.). The serological response to heartwater immunization in cattle is an indicator of protective immunity

FEEDING

67 YO (T.), PICARD (M.), GUERIN (H.), DAUVILLIERS (P.). Free choice feeding (whole-grain maize + complementary pellet concentrate + oyster shells) of pullets and laying hens in a hot climate

ZOOTECNY, GENETICS and REPRODUCTION

77 HALL (S.J.G.), GNAHO (L.K.), MEGHEN (C.). Studies on the Somba breed of cattle in Benin

85 LE BEL (S.), CHARDONNET (P.), DULIEU (D.), SALAS (M.). Impact of castration of rusa stags on growth rate, slaughtering and meat quality at 24 and 30 months

95 MEYER (C.), YESSO (P.). Study of oestrus of N'Dama and Baoulé trypanotolerant cows in Côte d'Ivoire. II. Hormonal component (LH)

ANIMAL PRODUCTS

101 DEBRAH (S.), SISSOKO (K.), SOUMARÉ (S.). Economic study of dairy production in the area around Bamako (Mali)

RANGE MANAGEMENT

Communication

111 BÉREAU (M.), XANDÉ (A.), GAUCHER (B.). Modifications caused by tedding and evolution during storage of the quality of hay made from *Brachiaria decumbens* and *Digitaria swazilandensis* in French Guiana

115 News

117 Book reviews

118 Instructions to authors

Número 1 - 1995

SUMARIO

7 Actualidad

EPIDEMIOLOGIA

Observación clínica

17 CHOLLET (J.-Y.). Fuertes prevalencias serológicas de anaplasmosis bovina en el norte de Camerún

Notas

18 DELAFOSSE (A.), BENGALY (Z.), DUVALLET (G.). Ausencia de interacción de las infecciones por *Trypanosoma theileri* con el diagnóstico de las tripanosomosis animales mediante la detección de antígenos circulantes

21 DIA (M.L.). Comparación de la patogenicidad en el ratón de un stock de *Trypanosoma evansi* de Mauritania, con respecto a los stocks provenientes de Kenia, de Níger, de Chad y de China

25 YERUHAM (I.), ELAD (D.), NYSKA (A.). Encuesta sobre la dermatofilia en el ganado lechero israelí

VIROLOGIA

Notas

31 ADEYEFA (C.A.O.), HAMBLIN (C.). Prevalencia continua de la peste equina africana en Nigeria

33 KEMBI (F.A.), DELANO (O.O.), OYEKUNLE (M.A.). Efecto de tres vías diferentes de administración sobre la inmunogenicidad de la vacuna de la bursitis infecciosa

BACTERIOLOGIA

Notas

37 MARTRENDAR (A.), BOUCHEL (D.), NJANPOP (B.M.), YAYA (A.). Utilización de la cepa B19 en la profilaxis médica de la brucelosis bovina en el norte de Camerún. Estudio del efecto de la dosis sobre la tasa y la duración de la seroconversión en las hembras de cebú

41 AWA (D.N.), PAXTON (E.A.), SUMPTION (K.J.). Comparación de dos anticoagulantes para la producción de antígenos de *Cowdria ruminantium* en neutrófilos

ENTOMOLOGIA

45 VREYSEN (M.J.B.), VAN DER VLOEDT (A.M.V.). Esterilización por radiación de *Glossina tachinoides* Westw. pupas. I. Efecto de una dosis fraccionada y del nitrógeno durante la irradiación en la fase pupal media

53 VREYSEN (M.J.B.), VAN DER VLOEDT (A.M.V.). Esterilización por radiación de *Glossina tachinoides* Westw. pupas. II. Efectos combinados del enfriamiento y de la irradiación gamma

MICROBIOLOGIA

63 LAWRENCE (J.A.), TJORNEHOJ (K.), WHITELAND (A.P.), KAFUWA (P.T.). Repuesta serológica a la inmunización contra cowdriosis en ganado, como índice de inmunidad de protección

NUTRICION y ALIMENTACION

67 YO (T.), PICARD (M.), GUERIN (H.), DAUVILLIERS (P.). Alimentación libre (granos enteros de cereales + suplemento granulado + concha de ostra) para pollitas y ponedoras en clima cálido

ZOOTECNIA, GENETICA y REPRODUCCION

77 HALL (S.J.G.), GNAHO (L.K.), MEGHEN (C.). Una encuesta sobre la raza bovina Somba en Benin

85 LE BEL (S.), CHARDONNET (P.), DULIEU (D.), SALAS (M.). Impacto de la castración del ciervo rusa sobre las características del crecimiento y de la matanza y sobre la calidad biológica de la carne, a los 24 y 30 meses

95 MEYER (C.), YESSO (P.). Estudio de los celos en las vacas tripanotolerantes N'Dama y Baulé en Côte d'Ivoire. II. Componente hormonal (LH)

PRODUCCIONES e INDUSTRIAS ANIMALES

101 DEBRAH (S.), SISSOKO (K.), SOUMARÉ (S.). Estudio económico de la producción de leche en la zona peri-urbana de Bamako en Mali

AGROPECUARIA

Nota

111 BÉREAU (M.), XANDÉ (A.), GAUCHER (B.). Implicaciones del henaje y evolución en el tiempo de la conservación de la calidad del heno de *Brachiaria decumbens* y de *Digitaria swazilandensis* en la Guyana Francesa

115 Informaciones

117 Comentarios bibliográficos

118 Instrucciones a los autores

ACTUALITE

La fièvre aphteuse en Asie du Sud-Est Situation et plan de lutte

Dans toutes les régions du monde, la fièvre aphteuse constitue de nos jours l'une des principales menaces, sinon la plus importante, pour l'élevage bovin. Aussi, les autorités vétérinaires nationales et les organisations internationales telles que l'OIE¹ et la FAO² considèrent-elles comme prioritaires la prévention et la lutte contre cette affection.

En Asie du Sud-Est, la fièvre aphteuse est un sujet de préoccupation dans tous les pays et la FAO/APHCA³ a fourni des efforts ininterrompus pour lutter contre la maladie, depuis son apparition en 1976. Plusieurs missions ont été organisées sur place et un examen général de la situation ainsi que des recommandations ont été publiés en 1984⁴. Une proposition a été présentée en vue d'organiser une campagne internationale en Asie, dans la région de l'APHCA, mais celle-ci ne s'est pas encore matérialisée.

Bien que des progrès sensibles aient été réalisés dans certains pays insulaires de l'Asie du Sud-Est⁵ tels que l'Indonésie, la plupart des pays asiatiques qui ont des frontières communes continuent de subir les conséquences de l'importation d'animaux contaminés. Les conflits civils et militaires, en Indochine par exemple, ont entraîné l'interruption, pendant plusieurs années, des programmes de prophylaxie dans la sous-région.

Alors que le contexte politique et économique commençait à s'améliorer, les déplacements légaux et illégaux d'animaux d'un pays à l'autre se sont considérablement accrus et la situation de la fièvre aphteuse s'est aggravée dans certains pays du Sud-Est asiatique.

C'est dans ces circonstances que s'est tenu à Pattaya, en Thaïlande, en novembre 1990, le symposium de l'OIE consacré à la lutte contre les principales maladies du bétail en Asie et qu'a été discutée la stratégie de la prophylaxie anti-aphteuse en Asie du Sud-Est. Au cours du symposium, il a été recommandé que l'OIE crée une sous-commission pour la lutte contre la fièvre

1. OIE : Office international des Épizooties.

2. FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations - Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

3. APHCA : Regional Animal Production and Health Commission for Asia, the Far East and the South-West, Pacific - Commission régionale de la production et de la santé animales pour l'Asie et le Pacifique.

4. Rapport du Groupe de travail FAO/APHCA sur la fièvre aphteuse et sa prophylaxie dans la région de l'APHCA (Bangkok, 3-8 octobre 1983). Publié en 1984.

5. L'Asie du Sud-Est regroupe les pays de l'Indochine (Cambodge, Laos, Malaysia, Myanmar, Singapour, Thaïlande et Viêt-nam) et de l'Insulinde (Brunéi, Indonésie et Philippines). Seuls sept de ces pays sont intéressés par le plan de lutte contre la fièvre aphteuse.

aphteuse en Asie du Sud-Est, dans le but de promouvoir dans la sous-région des campagnes faisant l'objet d'une coordination internationale.

Cette recommandation a été approuvée par le Comité international de l'OIE en 1991 et la première réunion du Groupe de coordination pour la lutte contre la fièvre aphteuse en Asie du Sud-Est s'est déroulée en février 1992, à Bangkok (Thaïlande), dans le cadre du programme du fonds OIE/Japon et avec la participation de la FAO.

La seconde réunion du même Groupe s'est tenue en février 1993. Le Cambodge, le Laos, la Malaysia, le Myanmar, les Philippines, la Thaïlande et le Viêt-nam étaient représentés. Les participants ont décidé qu'une stratégie globale commune devrait être suivie par ces pays pour la prophylaxie et/ou l'éradication de la maladie. Ils sont également convenus de mettre au point des plans nationaux reposant sur la stratégie fixée. Ces plans ont été discutés au cours de la troisième réunion du Groupe de coordination qui s'est tenue en Malaysia en février 1994.

L'élevage dans la région

Le secteur de l'élevage en Asie du Sud-Est est principalement constitué de petits exploitants qui élèvent plusieurs espèces en petit nombre. L'objectif est essentiellement de subvenir aux besoins familiaux, d'élever des animaux de trait et, parfois, de revendre du bétail. Il existe également un secteur semi-industriel à vocation totalement commerciale dont l'expansion très rapide s'explique par l'amélioration sensible de la situation économique. C'est pourquoi les systèmes d'élevage utilisés en Asie du Sud-Est, qui sont inclus dans un environnement complexe et dynamique, présentent des interactions avec de nombreux autres systèmes à l'intérieur et à l'extérieur du pays, notamment les marchés internationaux et les systèmes de production à technologie avancée.

L'importance des cheptels concernés est présentée dans le tableau I. Le nombre exact d'animaux abattus et la quantité de viande produite ne sont pas toujours connus, mais on peut espérer que la consommation de viande, de lait et de produits laitiers augmentera rapidement à mesure que ces pays progresseront.

TABLEAU I
Populations animales sensibles à la fièvre aphteuse
(Source : Annuaire zoo-sanitaire FAO/OIE/OMS, 1992)

(unité : × 1 000)

Pays	Bovins	Buffles	Porcs	Ovins	Caprins
Cambodge	2 100	750	1 585	—	—
Laos	842	1 072	1 372	—	139
Malaysia	667	206	2 678	206	332
Myanmar	9 298	2 060	2 243	276	1 036
Philippines	1 629	2 765	7 990	30	2 132
Thaïlande	5 669	4 694	4 728	162	121
Viêt-nam	3 202	2 871	12 221	—	413
Total	23 407	14 418	32 817	674	4 173

Les échanges de bovins et de buffles

Étant donné les modifications récentes de la situation politique dans la région, les déplacements internationaux s'intensifient dans plusieurs directions, en fonction de la valeur marchande des animaux et des produits qui en sont tirés. À l'exception des Philippines, tous les pays ont de grandes frontières ouvertes avec un ou plusieurs États voisins et la plupart des échanges internationaux de bétail se déroulent dans l'illégalité.

Lors de la seconde réunion du Groupe de coordination en février 1993, les représentants des différents pays ont présenté les principales tendances des échanges de bovins et de buffles dans la sous-région. On constate une multiplication des voies d'échanges internationaux, légaux et illégaux, ainsi que du nombre d'animaux commercialisés récemment, principalement en raison d'une augmentation de la demande de viande en Thaïlande, en Malaysia et à Singapour.

Au tableau II figure le nombre d'animaux commercialisés en 1990, mais il n'existe aucun chiffre fiable pour les animaux commercialisés illégalement au cours de ces dernières années. Certains rapports informels indiquent que ce nombre est très supérieur à certains chiffres du tableau. Les éleveurs de la région sont cependant de plus en plus conscients du potentiel d'exportation en animaux et en produits d'origine animale vers des pays situés dans la région ou en dehors. A titre d'exemple, le Japon a importé, en 1993, 567 000 tonnes de viande de boeuf désossée (à un prix variant, selon la qualité, de 3 870 à 9 100 \$ US la tonne) et ce tonnage était en augmentation de 34 p. 100 par rapport à 1992.

TABLEAU II
Chiffres officiels du commerce des animaux en 1990
(Source : Annuaire FAO du commerce, 1990)

(Nombre de têtes)

Pays	Bovins		Porcs		Ovins/caprins	
	Importation	Exportation	Importation	Exportation	Importation	Exportation
Laos	—	90 000	—	—	—	—
Malaysia	29 000	500	1 400	580 000	39 000	—
Philippines	24 135	—	1 650	—	320	—
Thaïlande	24 340	450	1 160	30	40	12 090

Conséquences et impact économique de la fièvre aphteuse

La fièvre aphteuse est aujourd'hui la maladie virale la plus redoutée des éleveurs du monde entier en raison de son impact économique sur la productivité et de son effet désastreux sur le commerce des animaux et des produits d'origine animale. Elle a également des conséquences graves en raison de la perte des animaux de trait nécessaires à la culture et au transport de différents produits. Les épisodes de fièvre aphteuse survenant pendant la saison des travaux agricoles et des récoltes posent enfin de graves problèmes aux éleveurs les plus modestes qui sont dépendants des animaux de trait.

La maladie affecte très sérieusement les bovins, les porcs, les ovins et les caprins. Elle provoque des pertes directes car :

- elle entraîne l'avortement chez environ 25 p. 100 des femelles gravides ;
- elle provoque une chute de 25 p. 100 de la production de viande lorsqu'elle est endémique ;
- elle réduit de 50 p. 100 la production laitière dans les élevages touchés ;
- elle abaisse de 25 p. 100 la production de laine dans les élevages infectés ;
- elle est associée à une mortalité d'environ 5,5 p. 100 des animaux atteints.

Au total, dans les pays touchés, elle est à l'origine d'une réduction annuelle de production d'environ 25 p. 100 par rapport à la production attendue des animaux sains.

Au décours de la maladie, les animaux peuvent présenter une surinfection chronique des lésions buccales, nasales ou podales. La déformation des onglons peut entraîner une boiterie irréversible. L'atteinte de la mamelle se traduit par une mammite chronique ou une réduction de la production laitière. Il est fréquent que les animaux restent amaigris et ne reprennent pas de poids. Ce tableau est parfois associé à des lésions cardiaques. Des anomalies de l'oestrus ou de la reproduction peuvent persister pendant de longs mois. En général, les plus gros préjudices sont enregistrés dans les races de bovins et de buffles à forte productivité, par suite des pertes subies sur le lait et la viande. Les programmes de développement des élevages laitiers dans les pays de la région seront considérablement freinés par leur contamination.

Situation en Asie du Sud-Est au cours des dernières années

A mesure que se multiplient les échanges d'animaux par-delà les frontières, la vitesse de propagation et le nombre de foyers semblent s'accroître dans les pays tels que la Thaïlande et la Malaisie, du fait du prix élevé du bétail dans ces pays. La situation de la fièvre aphteuse dans les pays concernés est la suivante :

Cambodge

Les populations d'animaux sensibles sont concentrées dans les provinces du Nord-Ouest et du Centre. Les principaux transferts de bovins qui influent sur la propagation de la maladie se résument comme suit :

- déplacements des provinces centrales vers celles limitrophes de la Thaïlande et du Viêt-nam et, au-delà, vers ces deux pays ;
- déplacements vers le centre du Cambodge avec les familles qui fuient les zones de conflits civils.

En 1992, les principaux épisodes de fièvre aphteuse se sont produits dans le nord-est et le centre du pays. Le type viral, déterminé par le Laboratoire mondial de référence de Pirbright était O₁. Les virus analysés au cours de ces dernières années étaient Asia-1 en 1988, O₁ en 1989, Asia-1 en 1991 et O₁ en 1992.

Un vaccin trivalent est utilisé (A₂₂, O₁, Asia-1) mais on comprendra que, dans de nombreux secteurs, il est difficile de vacciner les animaux. La couverture vaccinale de la population sensible est tombée à 5,5 p. 100 en 1992.

Laos

La fièvre aphteuse est endémique au Laos et entraîne des pertes économiques considérables. Le nombre de foyers a diminué en 1992 en raison des nombreuses vaccinations qui ont été effectuées. Vingt foyers de type Asia-1 ont cependant été rapportés au cours de cette année-là. Les virus présents étaient de type A, O et Asia-1. Environ 50 000 doses de vaccin bivalent (O, Asia-1) sont importées d'Inde chaque année. Les animaux qui pénètrent dans le pays proviennent de la République Populaire de Chine, du Viêt-nam et du Cambodge. Ils sont exportés vers la Thaïlande à partir de nombreuses régions.

Malaysia

Les zones les plus préoccupantes sont les États péninsulaires contigus à la Thaïlande (notamment Perlis, Kedah et Kelantan). Une zone tampon a été prévue le long de la frontière mais la couverture vaccinale a diminué au cours de ces dernières années car il était difficile de continuer à mobiliser les éleveurs en faveur de la vaccination puisque la maladie était absente depuis 1986. La Malaysia a également tenté de réduire volontairement la vaccination dans le but de déclarer la partie péninsulaire indemne de fièvre aphteuse. Des foyers ont éclaté en 1992 car il était difficile d'empêcher totalement les transferts frauduleux. La propagation consécutive a été difficile à contenir en raison de l'importance de la population animale non immunisée et de l'impossibilité d'obtenir des vaccins en quantités et au moment voulus.

Le foyer du Kelantan, dû au type O₁, a éclaté en juin 1992 ; à la mi-février 1993, 744 cas avaient été enregistrés. Les cas les plus récents ont été d'importance mineure. La vaccination est pratiquée et des contrôles routiers sont effectués à tous les points critiques, dans les États contigus au Kelantan.

L'épisode du Perlis, provoqué par le virus de type Asia-1, a débuté le 5 décembre 1992. Vingt et un foyers et 151 cas ont été dénombrés. Il a été maîtrisé à la mi-janvier 1993. La vaccination a été intensifiée (couverture de 77 p. 100). Les contrôles et la surveillance ont été renforcés le long des principales voies de transfert et dans les zones à risques connues.

Ces deux foyers ont été imputés à des déplacements illégaux de bovins provenant de Thaïlande. Il faut souligner qu'il est extrêmement difficile d'empêcher ces entrées. Les pertes économiques directes et indirectes en 1992 sont estimées à environ 1,6 million de \$ US.

Myanmar

La fièvre aphteuse reste endémique chez les bovins et les buffles mais n'a jamais été rapportée chez des porcs ou des animaux sauvages. L'incidence est maximale pendant la saison des pluies (de mai à août). On estime que 0,19 p. 100 des bovins et des buffles ont été infectés en 1991-92. Soixante-huit épisodes ont été rapportés, 21 771 animaux ayant été atteints au cours

de cette période. Les virus identifiés au Myanmar étaient de type O, A et Asia 1. En 1992, deux foyers de type Asia-1 ont été rapportés.

Le Myanmar a une capacité de production d'un million de doses de vaccins et il est prévu d'établir une zone tampon dans l'État des Kachins qui borde le Bangladesh.

Des déplacements d'animaux ont lieu durant presque toute l'année, sauf pendant les deux mois où se déroulent les travaux agricoles. Les déplacements se font principalement à pied d'un marché à l'autre. Des déplacements incontrôlés ont lieu à destination de la Thaïlande, de la République Populaire de Chine, du Bangladesh et de l'Inde. Pratiquement aucun animal ne pénètre au Myanmar.

Les Philippines

La fièvre aphteuse est endémique dans certaines divisions administratives (Régions III, IV et V de l'île de Luçon ainsi que dans la province insulaire de Masbate (Région V)). Un foyer de type C a affecté des porcs d'un abattoir d'Albay, dans l'île de Luçon, en janvier 1993. Les ministres de l'Agriculture et des Forêts des pays de l'ASEAN⁶ ont reconnu jusqu'à présent le statut des zones déclarées indemnes de fièvre aphteuse. Il s'agit des provinces du Palauan (Région IV), du Mindanao occidental (Région IX) et du Mindanao du Nord (Région X) ainsi que des provinces insulaires du Basilan, du Sulu, du Tawitawi (Région IX) et des Batanes (Région II).

Thaïlande

En 1992, 476 foyers de fièvre aphteuse ont été rapportés (98 de type O, 19 de type A, 240 de type Asia-1 et 119 de type non défini). La majorité des foyers est survenue en octobre-novembre. Un foyer grave a touché les porcs dans la Région administrative 7. Pour la plupart, les bovins se trouvent dans les Régions 3 et 6, les buffles dans les Régions 3 et 4 et les porcs dans les Régions 2, 6 et 7. Les animaux sont déplacés du Nord et du Nord-Est vers les provinces centrales et Bangkok. Certains déplacements ont lieu vers la zone péninsulaire du Sud et inversement.

La Thaïlande dispose de toutes les infrastructures nécessaires au diagnostic. Des vaccins obtenus sur des cultures cellulaires, parfois additionnés d'adjuvant huileux, sont produits dans le pays : 4,8 millions de doses de vaccins monovalents et 6,75 millions de doses de vaccins trivalents (types O, A et Asia-1).

Viêt-nam

La fièvre aphteuse est confinée au Viêt-nam du Sud. Deux foyers seulement (207 animaux infectés) ont été signalés en 1992. Quatre prélèvements effectués en 1992 contenaient le virus Asia-1. La maladie avait principalement touché des buffles et des bovins mais également quelques porcs et caprins. En 1993, aucun foyer n'a été enregistré. Le virus en cause était de type Asia-1. Les programmes de prophylaxie font actuellement l'objet d'une attention toute particulière et il est

6. ASEAN : Association of South-East Asian Nations - Association des nations de l'Asie du Sud-Est.

prévu d'établir une zone indemne autour de Ho Chi Minh-Ville. Les déplacements intérieurs tendent à aller du nord vers le sud ainsi que vers Ho Chi Minh-Ville. Des déplacements internationaux ont lieu à partir du Laos et du Cambodge. Quelques trousseaux ELISA ont été reçus pour le typage des virus.

Production de vaccins en Asie du Sud-Est

Seuls deux pays de la région, la Thaïlande et le Myanmar, produisent les vaccins. En Thaïlande, des vaccins ont été fabriqués à Pakchong depuis la fin des années 70. À l'heure actuelle, ils sont préparés en grandes quantités dans deux unités de production qui ont une capacité d'environ 40 millions de doses. Il existe trois formules différentes : vaccins trivalents A/O/Asia-1 pour bovins, vaccins monovalents pour bovins, et vaccins monovalents pour porcs .

Les quantités nécessaires pour les bovins et les buffles en Thaïlande sont estimées à 22,5 millions de doses (vaccin trivalent) par an. Le gouvernement prévoit d'augmenter la capacité de production de 20 millions de doses trivalentes.

Au Myanmar, les vaccins sont produits par l'Institut de Recherche vétérinaire d'Insein. L'unité de production a été créée dans le cadre d'un projet FAO au début des années 80. Elle a une capacité annuelle d'un million de doses mais la quantité actuellement produite est limitée.

Aucun vaccin de type C n'est produit en Asie du Sud-Est et il faut s'adresser aux producteurs extérieurs.

À l'heure actuelle, la région ne dispose d'aucun laboratoire pour effectuer le contrôle de qualité des vaccins de la fièvre aphteuse importés. Le tableau III indique la quantité de vaccins nécessaires chaque année dans les différents pays pour assurer une prophylaxie efficace de la maladie chez les bovins et les buffles. Ce tableau montre que les quantités de vaccins produites en Asie du Sud-Est sont très inférieures aux besoins. Aussi, des vaccins produits hors de la région devront-ils être utilisés pour les campagnes de vaccination tant que la capacité des unités de production n'aura pas été considérablement accrue .

Services vétérinaires

Les services vétérinaires des sept pays en sont à un stade de développement différent. À l'exception d'un ou deux d'entre eux, la plupart ont besoin de ressources supplémentaires pour renforcer leur potentiel. La description détaillée figure dans les rapports de la FAO/APHCA ainsi que dans le compte rendu de l'atelier de l'ADB⁷/OIE sur la déclaration des maladies animales⁸.

Une bonne infrastructure est nécessaire à des campagnes efficaces. Elle suppose : a) une distribution adaptée des hommes et des autres ressources ; b) des systèmes de transport et de communication fiables ; c) des systèmes de surveillance et de déclaration des maladies ; d) des services de diagnostic

7. ADB : Asian Development Bank - Banque asiatique pour le développement.

8. Compte rendu d'un atelier régional sur la déclaration des maladies animales. Publié par l'ADB (vol. I et II), juin 1990.

fiables et efficaces ; e) le contrôle rigoureux des déplacements d'animaux ainsi que des circuits de commercialisation corrects ; f) une législation sur la santé animale ; g) les fonds nécessaires aux campagnes de prophylaxie des maladies ; h) des relations entre les secteurs public et privé ; i) l'existence d'une chaîne du froid et j) la disponibilité des vaccins nécessaires répondant aux normes de qualité définies par le "Manual of Standards for Diagnostic Tests and Vaccines" de l'OIE.

TABLEAU III
Besoins annuels en vaccins de la fièvre aphteuse
(estimations approximatives)

Pays	Population de buffles et de bovins (en millions)	Bovins et buffles adultes (2 vaccins/an) (en millions)	Jeunes bovins et buffles (3 vaccins/an) (en millions)	Nombre total de doses trivalentes nécessaires par an (en millions)	Types de vaccins
Cambodge	3,27	$2,45 \times 2 = 4,90$	$0,82 \times 3 = 2,46$	7,36	A, O, Asia-1
Laos	2,17	$1,63 \times 2 = 3,26$	$0,55 \times 3 = 1,65$	4,91	A, O, Asia-1
Malaysia (Etats du Nord)	0,20	$0,15 \times 2 = 0,30$	$0,05 \times 3 = 1,15$	0,45	A, O, Asia-1
Myanmar	9,00	$7,00 \times 2 = 14,00$	$2,00 \times 3 = 6,00$	20,00	A, O, Asia-1
Philippines (régions 1, 2, 3, 4, 5)	1,00	$0,75 \times 2 = 1,50$	$0,25 \times 3 = 0,75$	2,25	A, O, C
Thaïlande	10,00	$7,50 \times 2 = 15,00$	$2,50 \times 3 = 7,50$	22,50	A, O, Asia-1
Viêt-nam (Sud)	2,23	$1,67 \times 2 = 3,34$	$0,56 \times 3 = 1,68$	5,02	A, O, Asia-1
Total	27,87	42,30	20,19	62,49	

Le tableau IV indique le nombre de vétérinaires et le nombre d'auxiliaires sanitaires présents dans les pays du groupe de coordination.

TABLEAU IV
Nombre de vétérinaires et d'assistants des services de santé animale
(Source : Annuaire FAO/OIE/OMS de santé animale, 1992)

Pays	Nombre de vétérinaires	Nombre d'auxiliaires
Cambodge	99	738
Laos	83	3 680
Malaysia (péninsulaire)	686	1 754
Myanmar	2 283	764
Philippines	2 765*	1 686*
Thaïlande	5 127	6 358
Viêt-nam	2 350	13 100

* Chiffres de 1990.

Plan de lutte à long terme pour toute la région

Un plan de lutte d'une durée de 12 ans contre la fièvre aphteuse a été décidé par les autorités sanitaires des sept pays intéressés, réunis en 1992 et 1993 à Bangkok sous l'égide de l'Office international des Epizooties. Son objectif est de renforcer l'infrastructure de base des Services vétérinaires dans les pays concernés, afin de leur permettre de lutter plus efficacement contre la maladie et d'accroître la production animale. En effet, seuls quelques pays, telles la Malaysia et la Thaïlande, disposent de cette infrastructure et peuvent améliorer leur efficacité en apportant leurs ressources financières et humaines propres. Les autres États requièrent une assistance extérieure importante pour la bonne exécution du plan. A plus long terme, celui-ci vise à éradiquer la maladie de certains pays ou de certaines zones, de façon à faciliter le commerce des animaux et des produits d'origine animale dans la région.

La stratégie retenue consiste à établir un Laboratoire régional de référence ainsi qu'un Centre de coordination régionale qui renforce la coopération entre tous les pays lors de la mise en place des opérations de surveillance épidémiologique (diagnostic) et de prophylaxie (vaccination). Celles-ci se dérouleront en trois phases :

- phase préparatoire (4 ans) : réduction du nombre de foyers,*
- phase de contrôle (5 ans) : création de zones libres de la maladie,*
- phase d'éradication (3 ans) : éradication et protection des pays ou zones libérées.*

Leur exécution sera assurée avec l'appui scientifique de la Sous-commission de l'OIE pour la fièvre aphteuse et bénéficiera d'une contribution financière de plusieurs Pays membres, et notamment du Japon.

La réalisation du plan de lutte contre la fièvre aphteuse en Asie du Sud-Est, accepté par les plus hautes autorités sanitaires des pays intéressés, constitue un grand espoir pour l'élevage et l'avenir de la production animale dans la région. L'amélioration globale de la santé animale et la disparition progressive des foyers de fièvre aphteuse dans les différents pays d'Asie du Sud-Est devraient, en effet, donner un nouvel élan au commerce international des animaux et des produits d'origine animale de cette région et contribuer à une amélioration sensible de son économie.

Dr Jean Blancou

Directeur général de l'OIE
12, rue de Prony
75017 Paris, France.

Dr Yoshihiro Ozawa

Représentant régional de l'OIE
pour l'Asie et le Pacifique
East 311, 1-1-1 Minamiaoyama
Minato-Ku, Tokyo 107, Japon.

Observation clinique

Fortes prévalences sérologiques de l'anaplasmose bovine dans le Nord-Cameroun

J.-Y. Chollet^{1*}

CHOLLET (J.-Y.). Fortes prévalences sérologiques de l'anaplasmose bovine dans le Nord-Cameroun. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 17-18

De 1989 à 1994, les cas d'anaplasmose bovine aiguë ont rarement été diagnostiqués au Nord-Cameroun. Pourtant, le test d'agglutination rapide sur carte de Becton-Dickinson a permis de mettre en évidence des prévalences sérologiques élevées, surtout dans les provinces du Nord et de l'Extrême-Nord. L'anaplasmose bovine pourrait être cliniquement importante dans les régions où une plus grande proportion de bovins sont non immuns.

Mots clés : Bovin - Anaplasmose - *Anaplasma marginale* - Réaction d'agglutination - Epidémiologie - Cameroun.

Les prévalences sérologiques de l'anaplasmose bovine des zébus dans le Nord du Cameroun ont été évaluées grâce au test d'agglutination rapide sur carte (anaplasmosis card test) (1) de Becton-Dickinson. Le tableau I rapporte les échantillons étudiés et les résultats obtenus.

- dans le cadre d'un suivi bimensuel, réalisé pendant un an et demi sur des troupeaux sentinelles des provinces du Nord et de l'Extrême-Nord, les 79 frottis effectués sur les animaux présentant un taux d'hématocrite inférieur à 25 p. 100 n'ont permis de diagnostiquer qu'un seul cas d'anaplasmose clinique.

En revanche, les frottis lus à ces occasions ont plus fréquemment révélé des infections sub-cliniques ; ainsi, sur les 94 frottis du service de diagnostics du LANAVET évoqués précédemment, 12 ont été enregistrés comme permettant la mise en évidence d'*Anaplasma marginale* parasitant de faibles pourcentages d'hématies. Ce nombre de 12 est en fait en deçà de la réalité, la mention d'anaplasmose n'ayant pas toujours été enregistrée lorsque la parasitémie était très faible. De même, la présence d'anaplasmose sub-clinique a été démontrée sur le troupeau de zébus du LANAVET grâce à un taurillon qui développa une anaplasmose aiguë après avoir subi une splénectomie ; cet animal mourut 33 jours après la splénectomie, avec 6 p. 100 de taux d'hématocrite.

Il est donc vraisemblable, au moins dans le Nord, et sans doute dans l'Extrême-Nord, qu'une forte proportion d'animaux soit infectée par *A. marginale*, mais qu'une immunité solide empêche, la plupart du temps, toute expression clinique de la maladie.

TABLEAU I

Prévalences sérologiques de l'anaplasmose bovine des zébus dans le Nord-Cameroun : échantillons étudiés et résultats obtenus

Provinces	Extrême-Nord		Nord	Adamaoua	Ensemble des 3 provinces
Départements	Mayo-Kani	Mayo-Louti	Bénoué	Vina	
Périodes de prélèvements	Mai 93	Juin 93	Mai et Juin 93	Juillet 93	
Nombre de sérums	44	89	165	73	371
Pourcentages de sérums positifs*	100 p. 100 (92-100)	91 p. 100 (85-97)	94 p. 100 (91,4-97,6)	62 p. 100 (51-73)	87,6 p. 100 (84,2-91)
Pourcentages de sérums douteux*	0 p. 100 (0-0)	7 p. 100 (2-12)	3 p. 100 (0,4-5,6)	7 p. 100 (1-13)	4,3 p. 100 (2,3-6,3)

* Intervalles de confiance entre parenthèses.

Les prévalences sérologiques calculées sur ces échantillons sont élevées, par opposition aux cas d'anaplasmose clinique (*Anaplasma marginale*) qui semblent rares :

- en 5 ans, les 94 frottis sanguins pratiqués par le service de diagnostics du LANAVET sur des animaux suspects d'hétoparasitose n'ont révélé des pourcentages d'hématies parasitées significatifs que pour 4 bovins, dont 3 dans la province de l'Adamaoua ;

Dans l'Adamaoua, la prévalence sérologique de l'anaplasmose semble plus faible et/ou plus hétérogène : 12 animaux positifs sur 30 du Centre de Recherches zootechnique et vétérinaire de Wakwa, et 33 positifs sur 43 bovins tout-venant de l'abattoir de Ngaoundéré. Les tailles de ces échantillons étant très faibles, il est difficile de conclure. Néanmoins, ces chiffres peuvent être rapprochés de l'hypothèse d'une plus grande fréquence des cas d'anaplasmose clinique dans cette province.

Une étude, portant sur un plus grand nombre de sérums de différentes localités de l'Adamaoua, mais également d'autres provinces où l'élevage de bovins est important (Ouest, Nord-Ouest, Est), permettrait de vérifier l'hypothèse de prévalences hétérogènes et de préciser le risque épidémiologique d'anaplasmose clinique.

1. Laboratoire national vétérinaire de Boklé, BP 503, Garoua, Cameroun.

* Adresse actuelle : DSV, 108 ave de la 1ère Armée française, 32020 Auch Cedex 9, France.

Reçu le 21.3.1995, accepté le 11.4.1995.

Observation clinique

Remerciements

Le Heifer Project International nous a gracieusement fourni les kits de Becton-Dickinson (anaplasmosis card test). Le Dr F. Stachurski-Kühlman a réalisé pour nous les prélèvements de sang provenant de l'Adamaoua.

Bibliographie

1. AMERHAULT T.E., ROBY T.O., 1968. A rapid card agglutination test for bovine anaplasmosis. *J. Am. vet. Med. Assoc.*, 153: 1828-1834.

CHOLLET (J.-Y.). High serological prevalence rates of bovine anaplasmosis in Northern Cameroon. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, **48** (1): 17-18

Between 1989 and 1994, cases of acute bovine anaplasmosis were rarely diagnosed in Northern Cameroon. However, the Becton-Dickinson anaplasmosis card test revealed high prevalence rates, especially in the North and Far North provinces. Bovine anaplasmosis might be clinically important in areas where the proportion of non-immune cattle is higher.

Key words : Cattle - Anaplasmosis - *Anaplasma marginale* - Agglutination test - Epidemiology - Cameroon.

Communications

Absence d'interaction des infections à *Trypanosoma theileri* avec le diagnostic des trypanosomoses animales par détection des antigènes circulants

A. Delafosse¹

Z. Bengaly¹

G. Duvallet^{1*}

DELAFOSSÉ (A.), BENGALY (Z.), DUVALLET (G.). Absence d'interaction des infections à *Trypanosoma theileri* avec le diagnostic des trypanosomoses animales par détection des antigènes circulants. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, **48** (1) : 18-20

Ce travail reprend des données accumulées au Centre international de Recherche-Développement sur l'Élevage en Zone subhumide (CIRDES) lors de suivis épidémiologiques. Les prévalences de *Trypanosoma vivax*, *Trypanosoma congolense* et *Trypanosoma brucei* obtenues à l'aide du test ELISA de détection des antigènes circulants ont été comparées chez des animaux infectés ou non par *Trypanosoma theileri*. Le but était de mettre en évidence l'existence d'éventuelles réactions sérologiques croisées entre *T. theileri* et les trypanosomes pathogènes. Les résultats obtenus montrent l'absence d'interaction des infections à *T. theileri* avec le diagnostic des trypanosomes pathogènes par détection des antigènes circulants.

Mots clés : Trypanosomose - *Trypanosoma theileri* - Test ELISA - Diagnostic - Burkina Faso.

Introduction

Trypanosoma theileri est un parasite cosmopolite des Bovidés. Il est réputé ne pas présenter de pouvoir pathogène (11). Une enquête parasitologique intensive, utilisant la double microcentrifugation (12), menée en 1989 au pays Lobi (région située au sud-ouest du Burkina Faso), a permis de détecter 52 bovins porteurs de ce trypanosome sur 188 prélevés (5).

La prévalence apparente de *T. theileri* dans cette zone était donc de 27 p. 100 alors qu'elle n'était que de 5,9 p. 100 pour l'ensemble des trypanosomes pathogènes. La grande fréquence de *T. theileri* pose le problème des réactions croisées éventuelles avec les trypanosomes pathogènes (*T. vivax*, *T. congolense* et *T. brucei*)

1. Centre international de Recherche-Développement sur l'Élevage en Zone subhumide (CIRDES), Unité Épidémiologie et Biotechnologie appliquée, 01 BP 454, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

* Adresse actuelle : CIRAD-EMVT, 10 rue Pierre Curie, 94704 Maisons-Alfort Cedex, France.

Reçu le 15.11.1994, accepté le 9.5.1995.

lors de l'utilisation de tests sérologiques pour le diagnostic de la trypanosomose animale africaine (TAA). Au pays Lobi, entre mai 1990 et mars 1992, de 30 à 50 p. 100 des bovins étaient positifs au test ELISA de détection des antigènes circulants (ELISA-ag) pour *T. brucei* alors que ce trypanosome n'a été décelé que deux fois par l'examen parasitologique.

Les tests ELISA et immunofluorescence indirecte (IFI), utilisés depuis longtemps pour la détection des anticorps anti-trypanosomes, ont déjà été évalués (3, 8). Des réactions croisées ont été observées avec le test ELISA-anticorps sur 5 sérums de bovins trouvés porteurs de *T. theileri* dans le département des Landes en France (résultats non publiés). En ce qui concerne le test ELISA-ag (10), en cours d'évaluation au CIRDES, des résultats préliminaires sur les 5 sérums provenant des Landes ont montré l'absence de réactions croisées.

Deux suivis immunoparasitologiques, menés en 1986-87 dans la zone pastorale de Sidéradougou (1) (située au sud-est de Bobo-Dioulasso) et au pays Lobi, ont permis au CIRDES d'accumuler des données sur de nombreux animaux trouvés porteurs de *T. theileri* et soumis au test de détection des antigènes circulants. La présente communication vise à montrer, à l'aide d'un test du χ^2 , que les prévalences des trypanosomes pathogènes ne sont pas significativement supérieures chez les animaux infectés par *T. theileri*. Cela confirme l'absence d'interaction des infections à *Trypanosoma theileri* avec le diagnostic des trypanosomoses animales par détection des antigènes circulants par ELISA.

Matériel et Méthodes

L'analyse porte sur 1 473 sérums prélevés au pays Lobi et 950 sérums à Sidéradougou (4). Ils proviennent de bovins sur lesquels le diagnostic parasitologique a été effectué après une centrifugation en tube capillaire et observation du "buffy coat" (9). Les sérums ont été testés avec le test ELISA-ag pour les trois espèces de trypanosomes pathogènes (10). Les anticorps monoclonaux spécifiques ont été fournis par l'International Laboratory for Research on Animal Diseases (ILRAD, Nairobi, Kenya).

Les valeurs des densités optiques retenues comme seuils de positivité étaient de 0.05 pour *T. brucei* et *T. congolense* et de 0.02 pour *T. vivax*, selon le protocole mis au point au CIRDES (6). A Sidéradougou, 118 bovins étaient infectés par *T. theileri*, soit 12.5 p. 100 de l'échantillon. Au pays Lobi, cette proportion n'était que de 2.8 p. 100, ce qui correspond à 41 bovins. On a comparé, à l'aide d'un test du χ^2 , dans les deux sites, la séroprévalence de la TAA chez les bovins infectés par *T. theileri* et chez ceux qui sont exempts de ce parasite.

Résultats

En prenant comme hypothèse l'existence de réactions croisées liées à l'infection par *T. theileri*, on devrait avoir des différences significatives entre les prévalences trouvées dans chacune des sous-populations citées précédemment. Les résultats (tabl. I) montrent que dans les deux sites, la valeur du χ^2 calculée n'excède jamais 3,38, ce qui n'est pas significatif pour un intervalle de confiance égal à 95 p.100 (degrés de liberté = 2).

TABLEAU I
Répartition des prélèvements réalisés à Sidéradougou (a) et au pays Lobi (b) en fonction du résultat au test de détection des antigènes circulants et de l'infection par *T. theileri*

a)		Elisa-ag <i>T. vivax</i>		Elisa-ag <i>T. brucei</i>		Elisa-ag <i>T. congolense</i>	
		+	-	+	-	+	-
<i>T. theileri</i> +		11	107	8	110	14	104
<i>T. theileri</i> -		79	753	77	755	92	740
Test du χ^2		$\chi^2 = 0,00$ p = 0,952		$\chi^2 = 0,78$ p = 0,378		$\chi^2 = 0,007$ p = 0,79	
b)		Elisa-ag <i>T. vivax</i>		Elisa-ag <i>T. brucei</i>		Elisa-ag <i>T. congolense</i>	
		+	-	+	-	+	-
<i>T. theileri</i> +		16	25	17	24	19	22
<i>T. theileri</i> -		374	1 058	548	884	621	811
Test du χ^2		$\chi^2 = 3,38$ p = 0,066		$\chi^2 = 0,17$ p = 0,68		$\chi^2 = 0,14$ p = 0,71	

Communication

Discussion

Les résultats obtenus au CIRDES confirment l'absence d'interférence des infections à *T. theileri* sur le diagnostic des trypanosomes pathogènes par détection des antigènes circulants (ELISA-ag). Cette absence de réactions croisées est en faveur de l'utilisation de ce test pour le diagnostic de la TAA, notamment dans le cadre de l'épidémiologie. Les discordances observées dans certaines régions entre les résultats de la parasitologie directe et ceux obtenus avec le test de détection des antigènes circulants (2, 7), ne semblent donc pas pouvoir être attribuées à la présence de *T. theileri* dans les cheptels.

Remerciements

Nous tenons à remercier l'ILRAD pour la fourniture des réactifs du test Elisa-Ag. Ce travail a été financé par le Centre de Coopération internationale en Recherche agronomique pour le Développement (CIRAD/ATP 70/92) et le CIRDES.

Bibliographie

1. BAUER B., PETRICH-BAUER J., KABORE I., KOUROUMA B., MATTAUSH M., SOME J., TAMBOURA I., 1988. Epidemiological survey in the pastoral zone of Sideradougou, Burkina Faso. CRTA/GTZ, rapport d'activités. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, CIRDES, 7 p.
 2. BENGALY Z., GAUTHIER J., ARGIRO L., DELAFOSSE A., DUVALLET G., 1994. Evaluation of antigen detection ELISA for the diagnosis of trypanosomiasis in experimentally and naturally infected livestock. In: First Research Coordination Meeting on "Use of immunoassay methods for improved diagnosis of trypanosomiasis and monitoring tsetse and trypanosomiasis control programmes", Nairobi, Kenya, ILRAD, 7-11 février 1994.
 3. BOCQUENTIN R., DUVALLET G., 1990. Amélioration de la reproductibilité du test ELISA adapté à la détection d'anticorps anti-*Trypanosoma congolense* chez les bovins. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 43 (2) : 179-186.
 4. DELAFOSSE A., 1993. Impact de la lutte contre les glossines sur la santé et les productions animales au Burkina Faso : enquête sérologique. Mémoire du DESS de productions animales en régions chaudes, Maisons-Alfort, France, CIRAD-EMVT, 60 p.
 5. DUVALLET G., BOCQUENTIN R., 1989. Résultats préliminaires sur la trypanosomose en pays Lobi. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, CRTA. (Rapport interne non publié)
 6. KANWE A.B., BENGALY Z., SAULNIER D., DUVALLET G., 1992. Evaluation du test de détection des antigènes circulants de trypanosomes à l'aide d'anticorps monoclonaux : infections expérimentales et naturelles. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 45 (3-4) : 265-271.
 7. KOMOIN-OKA C., TRUC P., BENGALY Z., FORMENTY P., DUVALLET G., LAUGINIE F., RAATH J.P., N'DEPO A.E., LEFORBAN Y., 1994. Etude de la prévalence des infections à trypanosomes chez différentes espèces d'animaux sauvages du parc national de la Comoé en Côte d'Ivoire : résultats préliminaires sur la comparaison de trois méthodes de diagnostic. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 47 (2) : 189-194.
 8. LUCKINS A.G., MEHLITZ D., 1978. Evaluation of an indirect fluorescent antibody test, enzyme-linked immunosorbent assay and quantification of immunoglobulins in the diagnosis of bovine trypanosomiasis. *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 10: 149-159.
 9. 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.
 10. NANTULYA V.M., LINDQVIST K.J., 1989. Antigen detection enzyme immunoassays for the diagnosis of *T. vivax*, *T. congolense* and *T. brucei*. *Trop. Med. Parasit.*, 40: 267-272.
 11. 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. (coll. Manuels et Précis d'Élevage 10)
 12. VERY P., BOCQUENTIN R., DUVALLET G., 1990. Sensibilité de la double microcentrifugation pour la recherche des trypanosomes. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 43 (3) : 325-329.
- DELAFOSSE (A.), BENGALY (Z.), DUVALLET (G.).** Absence of interaction by *Trypanosoma theileri* with the diagnosis of animal trypanosomiasis using antigen-detection enzyme immunoassays. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1): 18-20
- This work presents data gathered at the CIRDES (Centre international de Recherche-Développement sur l'Élevage en Zone subhumide) during epidemiological monitoring. The prevalence levels of *Trypanosoma vivax*, *Trypanosoma congolense* and *Trypanosoma brucei* obtained using antigen-detection ELISA were compared in non-infected animals and in animals infected with *Trypanosoma theileri*. The aim was to investigate whether there were any serological cross-reactions between *T. theileri* and the pathogenic trypanosomes. The results show that there was no interaction by *Trypanosoma theileri* with the diagnosis of the pathogenic trypanosomes using antigen-detection ELISA.
- Key words :** Trypanosomiasis - *Trypanosoma theileri* - ELISA - Diagnosis - Burkina Faso.

Comparaison du pouvoir pathogène pour la souris d'un stock de *Trypanosoma evansi* de Mauritanie avec celui de stocks en provenance du Kenya, du Niger, du Tchad et de la Chine

M.L. Dia¹

DIA (M.L.). Comparaison du pouvoir pathogène pour la souris d'un stock de *Trypanosoma evansi* de Mauritanie avec celui de stocks en provenance du Kenya, du Niger, du Tchad et de la Chine. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 21-25

Le pouvoir pathogène d'un stock de *Trypanosoma evansi* de Mauritanie a été comparé avec celui de stocks en provenance du Kenya, du Niger, du Tchad et de la Chine chez des souris. Les doses inoculées sont de 5.10^5 , 2.10^6 et 5.10^6 trypanosomes par souris selon le lot. Avec *T. evansi* du Kenya, du Niger et de la Chine, la durée de survie des souris est très courte : en moyenne entre 2,1 et 6,5 jours. En revanche, avec le stock de la Mauritanie ainsi qu'avec celui du Tchad, les souris vivent plus longtemps : entre 12,5 et 22,7 jours selon la dose.

Mots clés : Souris - *Trypanosoma evansi* - Chine - Kenya - Mauritanie - Niger - Tchad.

Introduction

Tous les animaux de laboratoire sont sensibles à *Trypanosoma evansi*. La durée de leur survie varie selon la virulence de la souche (7) et de la concentration de l'inoculum (1, 4, 5). C'est dans cette optique que l'on a comparé chez la souris, le pouvoir pathogène de *T. evansi* isolé de Mauritanie avec celui de stocks provenant de la Chine, du Kenya, du Niger et du Tchad.

Les critères d'appréciation de ce pouvoir pathogène sont la parasitémie et le temps de survie des souris. Les parasites qui se révèlent peu pathogènes pourront servir à des recherches d'avenir en matière d'essais d'immunisation d'animaux de laboratoire contre *T. evansi*.

Matériel et Méthodes

Les expériences ont été conduites au laboratoire de Parasitologie de l'Ecole nationale vétérinaire de Lyon. Elles ont duré quatre mois. L'expérience a nécessité 130 souris (65 mâles et 65 femelles). Ce sont des souris blanches (*Mus musculus*) originaires de l'élevage du laboratoire de l'Ecole nationale vétérinaire de Lyon. Elles sont âgées de 3 semaines et pèsent entre 20 et 30 g (moyenne $27,12 \pm 4,5$ g). Elles sont réparties en lots et placées dans des cages.

1. Centre national d'Elevage et de Recherches vétérinaires, BP 167, Nouakchott, Mauritanie.

Reçu le 5.5.1992, accepté le 28.3.1995.

Stocks

Cinq stocks sont utilisés. Celui de Chine, isolé d'un buffle dans la province de Zhejiang en octobre 1988, a été inoculé à des cobayes transportés en France puis multiplié sur souris à Lyon. Celui du Kenya, (offert par le CRTA de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso) a été isolé d'un dromadaire et multiplié sur souris. Celui du Niger, (offert par le CIRAD-IEMVT) a été isolé d'un dromadaire en mars 1988, puis multiplié sur souris en France. Celui de Mauritanie, isolé en juillet 1990 d'un dromadaire femelle dans la région du Trarza, a été inoculé à des lapins transportés en France puis multiplié sur souris à Lyon, et celui du Tchad (offert par le CIRAD-IEMVT) a été isolé d'un dromadaire en juillet 1989, puis multiplié sur souris en France.

Tous ces stocks sont conservés dans les mêmes conditions à Lyon (cryotubes avec citrate de Na, PSG + 10 p. 100 de glycérol et stockés à -80°C). Au moment de l'emploi, ils sont décongelés brutalement sous un robinet d'eau chaude.

Protocole expérimental et dosages

Après décongélation, les stabilats sont inoculés à des souris qui seront sacrifiées en pic de parasitémie. Le sang de ces souris dilué dans du PBS sera utilisé pour l'expérimentation. Les doses utilisées sont de 5.10^5 (dose D1), 2.10^6 (D2) et 5.10^6 (D3) trypanosomes par souris.

Première expérience

Trois lots de 6 souris pour chacun des 5 stocks cités sont inoculés à la dose D1 pour le lot 1, la dose D2 pour le lot 2 et la dose D3 pour le lot 3.

Deuxième expérience

Trois lots de 12 souris sont infectés par *T. evansi* de Mauritanie. Les doses employées sont les mêmes que celles de la première expérience.

Troisième expérience

Deux lots de 10 souris sont infectés par *T. evansi* de Mauritanie et du Niger à la dose D1 pour le lot 1 et la dose D3 pour le lot 2.

Inoculation et contrôle

Pour chaque expérience, un lot de 6 souris témoins reçoit 0,1 ml de PBS par souris. Toutes les infections se font par voie intrapéritonéale. La parasitémie est contrôlée quotidiennement à l'aide d'une goutte de sang frais prélevée à la queue et placée entre lame et lamelle. Pour des parasitémies ne dépassant pas 30 trypanosomes par champ, la moyenne de 50 champs a été calculée. Au-delà de cette valeur, on procède à une estimation selon la méthode proposée par Herbert et Lumdsen (2). L'échelle retenue est la suivante :

Communication

Négatif (N) ; Faible parasitémie (+) : - 1 ; (++) : 1-10 ; (+++) : 10-30 ; (++++) : 30-60 ; (+++++) : + 60 trypanosomes par champ.

Les résultats des durées de survie sont traités statistiquement par le test d'analyse de variance (F) ou de comparaison de moyenne (t) (9).

Résultats

Parasitémie

Vingt-quatre heures après l'infection, on observe :

- à la dose D1, de rares parasites avec *T. evansi* du Kenya. Les souris infectées avec les autres stocks sont négatives ;
- à la dose D2, très peu de parasites (1 à 3 sur toutes les lames) avec *T. evansi* de Mauritanie et du Tchad. Avec les stocks Kenya, Niger et Chine, la parasitémie des souris varie entre (+) et (++) ;
- à la dose D3, pour toutes les souris, la parasitémie est intermédiaire : entre (N) et (++) .

Quarante-huit heures après l'infection :

- avec *T. evansi* Kenya, Chine et Niger, la multiplication des parasites est très rapide. Le pic de parasitémie est atteint en 2-3 jours au maximum après la détection des premiers parasites ;
- avec *T. evansi* de Mauritanie et du Tchad, on observe, tantôt une multiplication progressive des parasites, tantôt des pics de parasitémie suivis de trypanolyses conformes à l'exemple illustré dans la figure 1.

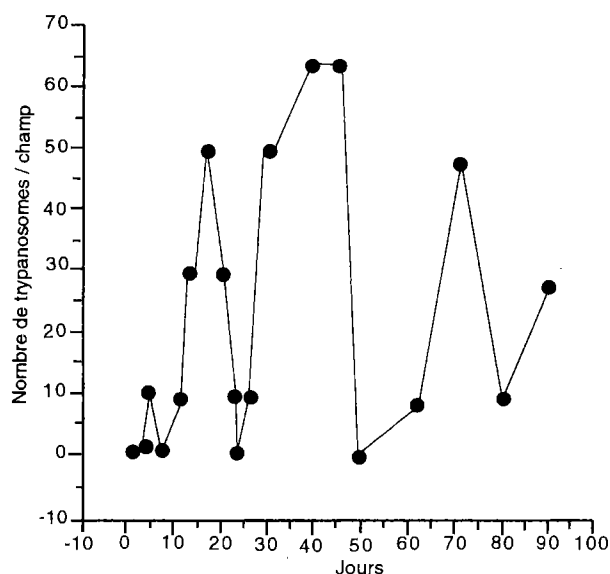


Figure 1 : Evolution de la parasitémie de la souris n°2 infectée par *T. evansi* de Mauritanie (expérience 2).

Durée de Survie

Première expérience

Les résultats sont regroupés dans le tableau 1 et illustrés par les histogrammes de la figure 2.

Effet stock

Aux doses D1, D2 et D3 correspondent des valeurs de F égales à 25,31, 51,92 et 7,30 > $F^4_{25} = 6,49$. Les différences des moyennes entre les stocks sont très significatives ($p < 0,001$). La comparaison des moyennes de *T. evansi* de Mauritanie avec les autres permet de dégager 2 groupes.

Groupe 1 : *T. evansi* Chine, Kenya et Niger. Les valeurs de t varient selon les stocks et la dose de 3,77 à 38,20 > 2,28 (t de 10 ddl). Les différences sont donc significatives,

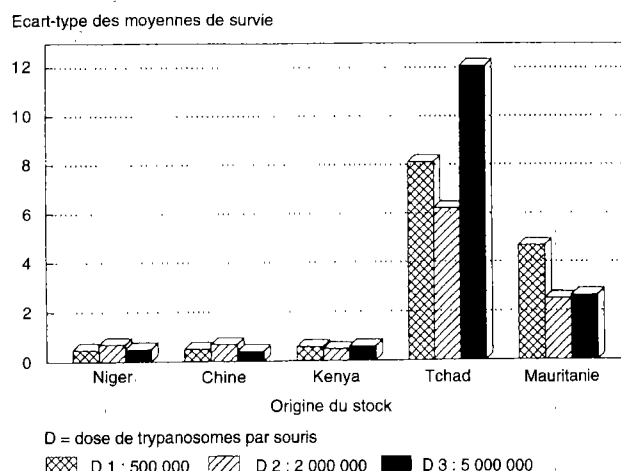
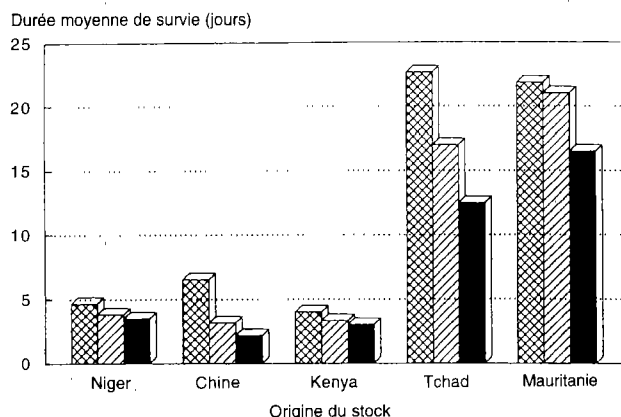


Figure 2 : Survie des souris en fonction des doses d'inoculation et du stock de trypanosome (D= dose de trypanosomes par souris).

TABLEAU I
Durée de survie des souris après infection
(Expérience I)

Dose	Lot	Durée survie (jours)	Niger	Chine	Kenya	Tchad	Mauritanie
5.10 ⁵ Trypanosomes par souris	1	Durée moyenne	4,66	6,50	4	22,66	21,88
		Valeurs extrêmes	4 et 5	6 et 7	3 et 5	16 et 40	12 et 26
		Ecart-types	0,47	0,50	0,57	8,11	4,60
2.10 ⁶ Trypanosomes par souris	2	Durée moyenne	3,80	3,16	3,33	17	21
		Valeurs extrêmes	3 et 5	2 et 4	3 et 4	15 et 29	16 et 24
		Ecart-types	0,68	0,68	0,47	6,21	2,50
5.10 ⁶ Trypanosomes par souris	3	Durée moyenne	3,50	2,16	3	12,50	16,50
		Valeurs extrêmes	3 et 4	2 et 3	2 et 4	3 et 39	12 et 19
		Ecart-types	0,50	0,40	0,57	12,07	2,62

TABLEAU II
Durée de survie des souris après infection
(Expérience 2 avec *T. evansi* de Mauritanie)

Dose	Lot	N° souris	Sexe	Durée de survie (jours)	Moyenne (jours)	Ecart-type
5.10 ⁵ Trypanosomes par souris	1	1	M	32	25,09 (moyenne de 11 souris)	11,22
		2	M	8		
		3	M	22		
		4	M	30		
		5	M	9		
		6	M	34		
		1	F	14		
		2	F	Sacrifiée après 3 mois		
		3	F	38		
		4	F	44		
		5	F	20		
		6	F	25		
2.10 ⁶ Trypanosomes par souris	2	1	M	29	25,58	5,12
		2	M	17		
		3	M	25		
		4	M	29		
		5	M	27		
		6	M	28		
5.10 ⁶ Trypanosomes par souris	3	1	F	28	13,16	8,68
		2	F	13		
		3	F	29		
		4	F	27		
		5	F	31		
		6	F	24		
		1	M	9		
		2	M	22		
		3	M	6		
		4	M	25		
		5	M	6		
		6	M	10		
5.10 ⁶ Trypanosomes par souris	3	1	F	20	13,16	8,68
		2	F	32		
		3	F	6		
		4	F	8		
		5	F	8		
		6	F	6		

Communication

en particulier avec le stock de Chine à la dose D3 ($p < 0,001$).

Groupe 2 : *T. evansi* Tchad, les différences ne sont pas significatives. Selon les doses, les valeurs de t varient de 0,31 à 1,06 ($p > 0,05$).

Effet dose

Pour les 4 stocks (Kenya, Chine, Niger et même Tchad), il y a un effet dose net. Les différences des moyennes sont significatives ($p < 0,05$).

Avec *T. evansi* de Mauritanie, les différences ne sont pas significatives, mais la valeur de F^2_{15} qui est de 3, 25 est très proche de 3,68, valeur théorique ($p > 0,05$).

Deuxième expérience

Les résultats de cette expérience (avec *T. evansi* de Mauritanie) sont regroupés dans le tableau II. Une souris du lot 1 inoculée à la dose D1 est restée avec une parasitémie fluctuante pendant 3 mois. Elle a été sacrifiée au jour J 90. Son évolution est représentée dans la figure 1. Pour les autres souris, la durée moyenne de survie est de $25,09 \pm 11,20$ (D1), de $25,58 \pm 5,12$ (D2) et de $13,16 \pm 8,68$ jours (D3). Les différences entre les doses sont significatives ($F = 7,19$, $p < 0,001$).

Troisième expérience

Les résultats de cette expérience sont consignés dans le tableau III. Avec la souche Niger, la durée moyenne de survie à la D1 est de $4,33 \pm 0,64$ et à la D3 de $3,70 \pm 1,48$ jours. Avec celle de la Mauritanie, les valeurs correspondantes sont $19,30 \pm 6,48$ et $11,40 \pm 6,08$ jours.

TABLEAU III
Durée de survie des souris après infection
(Expérience 3)

Dose	Lot	Durée survie (jours)	Niger	Mauritanie
5.10 ⁵ Trypanosomes par souris	1	Durée moyenne	4,33	19,30
		Valeurs extrêmes	4 et 5	12 et 20
		Ecart-types	0,64	6,48
5.10 ⁶ Trypanosomes par souris	2	Durée moyenne	3,77	11,40
		Valeurs extrêmes	2 et 5	15 et 21
		Ecart-types	1,48	6,08

Discussion

Selon de nombreux auteurs, la capacité de multiplication est l'élément fondamental de la virulence des trypanosomes (5, 7). Si l'on entend par capacité de multiplifica-

tion, une multiplication progressive dans le temps, il faut interpréter ces résultats avec réserve car l'évolution de la parasitémie, surtout à la dose D3, est plus ou moins similaire entre les stocks. Mais si l'on entend par capacité de multiplication, une multiplication exponentielle rapide débordant les défenses de l'hôte, il y a une différence nette entre eux.

Avec *T. evansi* Chine, Kenya et Niger, la multiplication se fait très vite. Le pic de parasitémie est atteint rapidement, la souris meurt en 24-48 h maximum après ce premier pic.

Avec *T. evansi* de Mauritanie (et Tchad), le comportement est très différent :

- mortalité des souris, 3-8 jours après le premier pic de parasitémie. Durant tout ce temps, la parasitémie est de (+++++) à (+++++), les souris présentent une forte anémie (constatée par un nombre très réduit d'hématies dans la goutte de sang prélevée à la queue) ainsi que des signes nerveux (tremblement et tétanisation). Ces manifestations pourraient s'expliquer par la localisation nerveuse du parasite qui aurait franchi la barrière hémato-méningée (1) ;

- mortalité des souris après 1 ou 2 pics et même plus, suivis d'absence "totale" ou de réduction très nette de trypanosomes dans le sang périphérique (fig. 1). Ce type d'évolution est souvent rapporté dans les infections naturelles à *T. evansi* (7, 8).

Souvent, on assiste avec le temps à une sorte de "rattrapage" des souris infectées avec des doses faibles à tel point qu'on observe des parasitémies de souris identiques malgré des doses initiales d'inoculation différentes. Parfois, dans ces conditions, quand l'évolution dure, il arrive que des souris inoculées avec des doses faibles meurent avant celles ayant reçu des doses fortes.

Si l'on considère comme critère pathologique le temps de survie des souris, indiscutablement, *T. evansi* Chine, Kenya et Niger sont très pathogènes, contrairement à celui de Mauritanie. En effet, si l'on confond les 3 expériences réalisées avec *T. evansi* de Mauritanie aux 3 doses infectantes (5.10⁵, 2.10⁶ et 5.10⁶ trypanosomes par souris), les durées de survie moyennes sont respectivement de $22,28 \pm 8,84$, $24,05 \pm 4,92$ et $13,25 \pm 7,10$ jours. Ce faible pouvoir pathogène de *T. evansi* de Mauritanie a également été observé par Bourdoiseau (comm. pers.). Si ces résultats chez la souris sont transposables à d'autres animaux de laboratoire (lapin par exemple), on peut espérer que ce faible pouvoir pathogène permette d'entretenir *T. evansi* de Mauritanie sur ces animaux pendant longtemps. Dans ce cas, des perspectives en matière d'essai de vaccination des animaux de laboratoire seraient envisageables.

Conclusion

Des souris infectées par *T. evansi* isolé de Mauritanie, du Kenya, de Chine, du Niger et du Tchad ont présenté des parasitémiés et des durées de survie variables selon la souche et la concentration de l'inoculum. Les isolats Kenya, Chine et Niger se sont révélés très pathogènes. Ceux de Mauritanie et du Tchad sont peu pathogènes. Toutefois, on sait que la virulence des stocks peut être fortement influencée par des passages mécaniques, au laboratoire, ce qui pourrait expliquer en partie les différences trouvées lors de cette étude.

Remerciements

L'auteur remercie MM. Bourdoiseau, Dang et Mme Gauthey du laboratoire de Parasitologie de l'Ecole nationale vétérinaire de Lyon pour leur précieuse collaboration.

Bibliographie

- BALIS J., 1968. Note sur la répartition de *T. evansi* dans l'organisme du rat. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 21 (1) : 101-102.
- HERBERT W.J., LUMDSEN W.H.R., 1976. *Trypanosoma brucei*: A rapid "matching" method for estimating the host's parasitemia. *Expl Parasit.*, 28: 521-534.
- JATKAR P.R., MOHAN SINGH P., 1971. Pathogenesis of anemia in *T. evansi* infection. Part I. Haematology. *Indian vet. J.*, 48: 239-243.
- JONES T.W., 1985. Antigenic variation in *T. evansi*: variable antigenic type development in mice, sheep and goats. *Trop. Med. Parasit.*, 36: 53-57.
- KAGERUKA P., 1982. Contribution à l'étude du sous-genre *Trypanozoon* et en particulier de la virulence de *Trypanosoma (Trypanozoon) evansi* (Steel 1885) Balbiani 1888. Thèse Doct., Utrecht, Pays-Bas, 233 p.
- LUCKINS A.G., McINTYRE N., RAE P.F., 1992. Multiplication of *Trypanosoma evansi* at the site of infection in skin of rabbits and cattle. *Acta trop.*, 50: 19-27.
- MAHMOUD M.M., GRAY A.R., 1980. Trypanosomiasis due to *T. evansi* (Steel 1885) Balbiani 1888. A review of recent research. *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 12: 35-47.
- RÖTTCHER D., SCHILLINGER D., ZWEYGARTH E., 1987. Trypanosomiasis in the camel (*Camelus dromedarius*). *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, 6: 463-470.
- SWARTZ D., 1991. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Paris, France, Flammarion, 306 p.

DIA (M.L.). Comparison of the pathogenicity to mice of a stock of *Trypanosoma evansi* from Mauritania with that of stocks from Kenya, Niger, Chad and China. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1): 21-25

The pathogenicity to mice of a stock of *Trypanosoma evansi* from Mauritania has been compared to that of stocks from Kenya, Niger, Chad and China, using doses of 5.10⁵, 2.10⁶ and 5.10⁶ trypanosomes per mouse. The survival of mice inoculated with stocks from Kenya, Niger and China is short, on average 2.1 to 6.5 days. Mice inoculated with stocks from Mauritania and Chad survive longer, 12.5 to 22.7 days, depending on the dose.

Key words : Mouse - *Trypanosoma evansi* - China - Kenya - Mauritania - Niger - Chad.

A survey of dermatophilosis in Israeli dairy cattle

I. Yeruham¹

D. Elad²

A. Nyska^{2*}

YERUHAM (I.), ELAD (D.), NYSKA (A.). Enquête sur la dermatophilose des bovins laitiers en Israël. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 25-29

En Israël la dermatophilose cause de sévères lésions, en particulier chez les vaches laitières durant les premières semaines qui suivent leur primiparturition. Une baisse moyenne de 40 p. 100 de la production de lait a été constatée. Chez ces animaux, on observe une dermatite exsudative aiguë avec une réaction sévère. 580 animaux dans les troupeaux de 38 kibboutz et 15 dans 4 autres petits troupeaux ont ainsi fait l'objet d'une antibiothérapie. Tous les sujets étaient également atteints d'endométrite, de métrite ou de mammite. La forme tumorale de la dermatophilose a été observée chez les veaux jusqu'à l'âge de 3 semaines. La dermatophilose était particulièrement visible (89,4 p. 100) chez les troupeaux dans lesquels on pratiquait des douches intensives des vaches laitières durant le printemps et l'été, comparativement aux petits troupeaux où la morbidité est plus basse (6,6 p. 100). La morbidité était plus élevée dans la plaine côtière méditerranéenne (66,3 p. 100) que dans les régions arides ou semi-arides (Negev et vallée de l'Arava) dans le sud d'Israël (3,7 p. 100). Les auteurs décrivent 5 formes cliniques de la dermatophilose ainsi que les aspects épizootiologiques de la maladie chez les troupeaux israéliens. Pour conclure, une diminution du risque de la maladie peut être obtenue en réduisant la fréquence et l'intensité des douches pratiquées actuellement dans les kibboutz.

Mots clés : Bovin - Bovin laitier - Dermatophilose - Enquête - Epidémiologie - Bactériologie - Histopathologie - Production laitière - Israël.

Introduction

Dermatophilosis is a contagious skin disease caused by *Dermatophilus congolensis*. The disease is a non-pruritic disease, characterized by exudative, proliferative or hyperkeratotic dermatitis, accompanied by the production of crusts and folliculitis (14). The causative agent of dermatophilosis is a Gram-positive microorganism belonging to the class *Actinomycetales*, family *Dermatophilaceae*, genus *Dermatophilus*. It is highly resistant to environmental factors (9). The life cycle, morphology and culture characteristics of *D. congolensis* have been described (18). Different clinical forms of dermatophilosis in cattle have been described (5, 7, 11, 21).

1. Hachklait Gedera and the Koret School of Veterinary Medicine, The Hebrew University of Jerusalem, Bet-Dagan 50250, Israël.

2. The Kimron Veterinary Institute, Bet-Dagan 50250, and the Koret School of Veterinary Medicine, The Hebrew University of Jerusalem, Bet-Dagan 50250, Israël.

* Adresse actuelle : Department of Pathology, The Kimron Veterinary Institute, POB 12, Bet Dagan 50250, Israël.

Reçu le 15.11.1994, accepté le 26.4.1995.

TABLEAU I
Characteristics of the different clinical forms of dermatophilosis

Clinical form	Number of affected herds	Course of disease	Morbidity in affected herds	Animals affected
Exudative	42	Acute	Up to 65 %	Calves, first-calving cows
« Wet look »	32	Chronic	Up to 30 %	Cows
Nodular	3	Chronic	Sporadic	Cows and bulls
Leproid	1	Chronic	Sporadic	Bulls
Tumorous	3	Acute	Sporadic	Calves up to 3 weeks of age

Dermatophilosis has a worldwide distribution by seems to be more prevalent in tropical and subtropical regions, where it causes losses due to morbidity, mortality, and decreases in milk yield and hide quality (10, 15). This study describes the clinical and epizootiological aspects of dermatophilosis, as well as the 5 forms of the disease observed in dairy herds in Israel.

Material and methods

Epizootiological and clinical survey

A total of 145 Israeli-Holstein dairy herds (85 kibbutz herds and 69 family herds) and an artificial insemination station comprising 80 bulls, were selected at random for this survey, which was carried out from 1982 to 1991. Each herd was visited four times per year, once per season, and all animals were examined. The clinical form and course of the disease and the morbidity rate were noted according to the type and spread of the lesions, loss of condition and milk yield. The presence of other skin diseases and infestation with ectoparasites were also assessed during these visits.

Milk production, fertility and all herd diseases were recorded. In 25 kibbutz herds, all data were recorded by computerized dairy management systems. Lactating dairy cattle are showered during the spring and summer months to cool them and lower their heat stress. The showering, which is implemented 3 to 5 times daily and is used mainly under kibbutz-type management, was given special consideration due to the potential direct impact it might have on the epizootiology of dermatophilosis. Each showering lasts 15 to 20 min and is performed while the animals are crowded in the waiting yard. Dairy cattle in Israel are kept under a zero-grazing management system. Ectoparasite control in those herds is not routinely performed.

Histopathological examination

Skin biopsies (n = 243) were taken from three affected animals per herd using a skin punch, and fixed in 10 % buffered formalin. The histopathological specimens were stained with haematoxylin eosin.

Bacteriological examination

Direct microscopic examinations were made on slides prepared from the crusts and stained with Giemsa (14). The typical hyphae-like forms of *D. congolensis* showed various degrees of transverse and longitudinal septation.

Three samples per infected herd (n = 245) were also subjected to bacteriological culture using the method of Abu-Samra (1). Microorganism identification was confirmed by microscopic examination of Giemsa-stained isolates.

Results

Epizootiological and clinical survey

Dermatophilosis was diagnosed in 76 kibbutz herds (89.4 %) comprising 200 to 300 lactating cows each, in 4 family herds (6.6 %) comprising 30 to 50 lactating cows each, and in 9 bulls held at the artificial insemination station. Five clinical forms of the disease were observed (table I).

1. The acute exudative form (fig. 1): lesions on affected animals were localized on the body surface. Hair loss and



Figure 1: A cow with the acute exudative form of dermatophilosis. Encrustation of the exudate irregular epidermal thickening (arrow).

generalized erythema were observed in the affected areas. The remaining hair tended to form tufts while the skin later thickened and took on a puckered appearance. The clefts of these folds contained serous exudate. Pus-tules were often seen on the udder. The lesion appeared to cause considerable distress to affected animals which often displayed anorexia, weight loss, mild pyrexia and a drop in milk yield. A disagreeable odour was present in many instances.

This form was observed in 38 on kibbutz farms ($\bar{X} = 44.2$, $SD \pm 11.2$), and four on family farms ($\bar{X} = 9.5$, $SD \pm 1.73$) which also practised showering of cows in the waiting yard. The morbidity rate was especially high, reaching up to 65 % in herds located in the Coastal Plain.

In the kibbutz herds, 514 (32 % of the affected animals) first-calving cows reacted severely and were treated with antibiotics. In the family, the corresponding figure was 15 (38 %).

2. The "wet look" form: affected areas of skin, mainly in the lumbar and sacral regions, became matted with a thick exudate which hardened when dry, and was often held in place by tufts of hair, presenting a "paintbrush" appearance. The matted hair could be easily detached. This form was observed in 32 kibbutz herds ($\bar{X} = 66.2$, $SD \pm 12.14$) throughout the year.

3. The nodular form (fig. 2): wart-like nodules appearing mainly in the lumbar and sacral regions were raised 0.5-0.75 cm above the skin surface and were about 1-2 cm in diameter, grey in color and of a hard consistency. This form was observed in four Israeli-Holstein bulls (4 % infection rate) held at the artificial insemination station located on the Coastal Plain, and sporadically in two cows from two family herds.

4. The leproid form (fig. 3): this pattern was characterized by an increase in the skin's thickness, especially in the perineal and perianal regions. The skin became rough and alopecia was observed on the lesions. This form was diagnosed in 5 Israeli-Holstein bulls (6.3 % infection rate) held at the artificial insemination station.

5. The tumorous form: this form resulted from an accumulation of cutaneous cornified material forming multiple tumorous structures 2 to 3 cm in diameter over the body surface. This condition appeared sporadically in three calves up to 3 weeks of age on three dairy farms. These animals were treated with antibiotics.

Extensive involvement of the skin (exudative form in first-calving cows) resulted in a gradual loss of condition and decreased milk production (by 40 % on average). In contrast, the chronic forms of dermatophilosis ("wet look", nodular and leproid forms) did not affect general condition or milk yield. These conclusions arise from our follow-up of the affected herds during the survey period. Pruritus was not observed and remission was spontaneous upon cessation of the showering. A high rate of morbidity (up to 65 %) was observed in first-calving cows

affected with the exudative form of the disease, 4 to 6 weeks *post partum*. Dermatophilosis was mainly prevalent during the spring and summer months (96 %), which are relatively hot (28-35°C) and humid (80-85 %) in the Coastal Plain. In addition, showering is practised in this area during this period. During the autumn and winter months, the prevalence of dermatophilosis decreased markedly, although a few cases of the "wet look" form were still observed. New cases were observed in 58 of the surveyed herds in two forms - exudative in first-calving cows and "wet look" in older cows. The disease was seldom diagnosed (three herds, 3.7 %) in the arid and semi-arid regions of Israel (Negev and Arava Valley).

All examined herds were free from ticks, 32 % of the herds were infested with chorioptic mange (*Chorioptes texanus*) and 65 % of the examined herds were infested with lice *Haematopinus quadripertusus*, *Solenopotes capillatus* and *Damalinia bovis*.

Histopathological examination

Two histopathological forms of the disease were distinguished:

1. The acute form was characterized by suppurative dermatitis, congested oedematous epidermis infiltrated with neutrophils, and micro-abscess formation. The epidermis was covered with encrusted exudate (exudative form) and hyperkeratotic debris (tumorous form). The epidermal layer and the hair follicles were invaded by morphologically distinct filamentous bacteria consistent with *D. congolensis* (13).

2. The chronic forms were characterized by extensive mononuclear cell infiltration with proliferative changes including parakeratosis, hyperkeratosis, acanthosis and dermal sclerosis. There were no histopathologic differences between the leproid and nodular forms. The "wet look" form was characterized by mononuclear cell infiltration and slight superficial dermatitis.

Bacteriological examination

Colonies of *D. congolensis* appeared after 48 h and were small, haemolytic, adherent and rough, digesting the agar substrate: 218 samples were positive and 25 negative.

Discussion

D. congolensis has been isolated from the integument of various animals and can exist in quiescent form until exacerbation occurs when climatic conditions are favorable for its infectivity (4). Excessive exposure to water, high temperature and humidity, arthropod infestation, poor nutritional status, stress and concurrent infections may predispose animals to clinical dermatophilosis (6, 8). Although dermatophilosis affects animals of various ages (7, 19), the disease is more severe in younger animals.

Communication

In the present survey, the most severe cases of dermatophilosis were in the form of acute exudative dermatitis and were observed in first-calving cows, 4-6 weeks *post partum*, in farms located mainly in the Coastal Plain. In addition to the hot and humid climate in this region and the practice of intensive showering, stress factors such as parturition and concurrent disease, including endometritis/metritis and/or mastitis, might also have predisposed the animals to infection (10, 15).

The absence of ticks in dermatophilosis-infected dairy herds, and the absence of dermatophilosis in beef cattle, which are usually infested with these parasites, seem to exclude ticks as a predisposing factor to infection in the dairy herds surveyed, in contrast to reports from other countries (12). Moreover, we found no correlation, as been reported by other authors, between *D. congolensis* and pox virus (6) or bovine papular stomatitis (17) infections.

The results of this survey indicate a somewhat higher incidence of the acute versus chronic forms of dermatophilosis in Israel (table I) than that found in other countries

(11). Exudative and tumorous forms were observed in calves as early as two days *post partum*. Similar early infections have been described by Smith *et al* (19) and Bida and Dennis (2). The exudative form was characterized by a high rate of morbidity in young animals (10 to 30 %), whereas cases of tumorous forms were only sporadic.

Other forms of *D. congolensis* infections reported by various authors, namely oral granulomas (5), testicular dermatitis (7), and subcutaneous and lymph node granulomas (3), have so far not been observed in Israel.

Prolonged exposure of the skin to water may result in damage to the epidermis, and depletion of cutaneous secretions (which exhibit bacteriostatic activity), modifying the skin's microflora and decreasing resistance to infection. The effect of showering at high pressure and volume is similar to skin rinses with lipid solvents (16), in that both remove the sebaceous film from the epidermis. The high incidence of dermatophilosis in kibbutz herds, where intensive showering is practised, especially in



Figure 2 : A cow with the chronic nodular form of dermatophilosis. Nodules appear horny and wart-like (arrow).



Figure 3: A bull with the chronic leproid form of dermatophilosis. Note the skin's thickness in the perineal and perianal regions - the skin becomes rough and alopecia occurs on the lesions (arrow).

humid regions, indicates the importance of this factor in predisposing dairy cattle, and in particular first-calving cows, to acute dermatophilosis in Israel. This conclusion is reinforced by the comparison of herds under different management systems-family farms where cows are not showered versus kibbutz farms where showering is practised.

The influence of climate on the incidence of dermatophilosis in Israel is demonstrated by the low incidence of the disease in the southern arid or semi-arid regions compared with the more humid northern and central regions (Coastal Plain, Galilee and Jordan Valley).

A decrease in showering intensity and duration in the period post parturition, the isolation of first-calving cows by grouping them separately, and the avoidance of animal crowding are therefore recommended as means of decreasing dermatophilosis morbidity rates in dairy herds raised under intensive management systems, such as those used in Israel.

References

1. ABU-SAMRA M.T., 1978. *Dermatophilus* infection, the clinical disease and diagnosis. *J. vet. Med., ser. B*, 25: 641-651.
 2. BIDA S.A., DENNIS S.M., 1977. Sequential pathological changes in natural and experimental dermatophilosis in Bunaji cattle. *Res. vet. Sci.*, 22: 18-22.
 3. GIBSON J.A., THOMAS R.J., DOMJAHN R.L., 1983. Subcutaneous and lymph node granulomas due to *Dermatophilus congolensis* in a steer. *Vet. Pathol.*, 20: 120-122.
 4. GORDON M.A., PERRIN U., 1971. Pathogenicity of *Dermatophilus* and *Geodermatophilus*. *Infect. Immun.*, 4: 29-33.
 5. IBU J., MAKINDE A.A., NAWATHE D.R., 1987. Oral dermatophilosis in imported cattle in Nigeria. *Vet. Rec.*, 120: 42.
 6. ISITOR G.N., DELLMANN H.D., ADEGBOYE D.S., EZEOKOLI C.D., CHINEME C.N., 1984. Ultrastructural evidence for involvement of pox virions in lesions of bovine dermatophilosis. *Trop. Vet.*, 2: 183-189.
 7. KUMI-DIAKA J., NJOKU C.O., OSORI D.I.K., 1980. Effect of scrotal streptothricosis in the bull. *Vet. Rec.*, 107: 525-527.
 8. LLOYD D.H., MABSON R.M., JENKINSON D.M., 1980. The effect of climate on experimental infection of bovine skin with *Dermatophilus congolensis*. *Br. vet. J.*, 136: 122-134.
 9. MARTINEZ D., PRIOR P., 1991. Survival of *Dermatophilus congolensis* in tropical clay soils submitted to different water potentials. *Vet. Microbiol.*, 29: 135-145.
 10. MATHERON G., BARRE N., ROGER F., ROGEZ B., MARTINEZ D., SHEIKBOUDOU C., 1989. La dermatophilose des bovins à *Dermatophilus congolensis* dans les Antilles françaises. III. Comparaisons entre élevages infectés et indemnes. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 42 (3) : 331-347.
 11. MORNET P., THIERY G., 1955. Streptothricose cutanée des bovins. *Bull. épizoot. Dis. Afr.*, 3 : 302-324.
 12. MORROW A.N., COMPTON E.A.E., 1991. The occurrence of streptothricosis and its association with *Amblyomma variegatum* ticks in St. Lucia. *J. vet. Med., ser. B*, 38: 635-638.
 13. NOBEL T.A., KLOPFER U., DOLJANSKI N., SHALEV M., 1971. Streptothricosis in Israeli cattle. *Refuah vet.*, 28: 102-105.
 14. NOBEL T.A., KLOPFER U., 1979. Laboratory procedures for the diagnosis of dermatophilosis (cutaneous streptothricosis). *Refuah vet.*, 35: 171-172.
 15. ODUYE O.O., LLOYD D.H., 1971. Incidence of bovine cutaneous streptothricosis in Nigeria. *Br. vet. J.*, 127: 505-510.
 16. PHILPOTT M., EZEH A.O., 1978. The experimental transmission by *Musca* and *Stomoxys* species of *D. congolensis* infection between cattle. *Br. vet. J.*, 134: 515-520.
 17. PLOWRIGHT W., FERRIS R.D., 1959. Papular stomatitis of cattle in Kenya and Nigeria. *Vet. Rec.*, 71: 718-724.
 18. ROBERTS D.S., 1961. The life cycle of *Dermatophilus dermatonomus*, the causal agent of ovine mycotic dermatitis. *Aust. J. exp. Biol. Med. Sci.*, 39: 463-476.
 19. SMITH J.H.B., DANIEL R.C.W., BRUEZE A.N., 1967. Dermatophilosis: An emerging disease in New Zealand. *N. Z. vet. J.*, 15: 88-89.
 20. STEWART G.H., 1972a. Dermatophilosis: a skin disease of animals and man. Part I. *Vet. Rec.*, 91: 537-544.
 21. ZLOTNIK I., 1955. Cutaneous streptothricosis in cattle. *Vet. Rec.*, 7: 613-614.
- YERUHAM (I.), ELAD (D.), NYSKA (A.).** A survey of dermatophilosis in Israeli dairy cattle. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, **48** (1) :25-29

In Israel, dermatophilosis was found to inflict severe lesions, especially in first-calving cows during the first weeks post-parturition. Decreased milk production (by 40 % on average) was also noted. Acute exudative dermatitis was observed in these animals. Severely reacting animals (570 in 38 kibbutz herds and 15 animals in 4 family herds) were treated with antibiotics. All these animals also suffered either from endometritis/metrinitis or mastitis. The "tumoral" form of dermatophilosis was observed on 3-week-old or younger calves. Dermatophilosis was especially prevalent (89.4 %) in dairy herds in which intensive showering of lactating cows is practised during the spring and summer months, in comparison to the family herds where the morbidity rate was lower (6.6 %). Morbidity rates were found to be higher in the humid Mediterranean Coastal Plain (66.3 %) than in the arid or semi-arid regions (Negev and Arava Valley) of Southern Israel (3.7 %). Five clinical forms of dermatophilosis and the epizootiological aspects of the disease in Israeli dairy herds are described. It is concluded that a reduction in the prevalence of dermatophilosis could be achieved by decreasing the frequency and the intensity of showering currently applied under the kibbutz management system.

Key words : Cattle - Dairy cattle - Dermatophilosis - Survey - Epidemiology - Bacteriology - Histopathology - Milk production - Israel.

Communications

Continuing prevalence of African horse sickness in Nigeria

C.A.O. Adeyefa¹

C. Hamblin²

ADEYEFA (C.A.O.), HAMBLIN (C.) Permanence de la prévalence de la peste équine africaine au Nigeria. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 31-33

Les anticorps contre la peste équine africaine ont été recherchés au moyen du test ELISA dans les sérums d'équins provenant de dix régions du Nigeria nettement séparées les unes des autres. Les animaux testés comprenaient des chevaux importés ou exotiques, des chevaux de race indigène ou croisés localement et des ânes africains. Un pourcentage élevé des sérums (79,8 p. 100) était positif, ce qui confirme la permanence de la prévalence des anticorps contre la peste équine africaine chez les équins nigériens.

Mots clés: Âne - Cheval - Virus peste équine africaine - Epidémiologie - Anticorps - Test ELISA - Nigeria.

Introduction

African horse sickness (AHS) is an infectious but non-contagious arthropod borne virus disease of equidae caused by an Orbivirus belonging to the family Reoviridae. *Culicoides imicola*, the only proven field vector of African horse sickness virus (AHSV) is abundant in Nigeria (1, 5). Although all 9 serotypes of AHSV have been identified in the sub-saharal regions of Africa and are considered to be enzootic in these regions (9), only AHSV serotype 9 has been confirmed in Nigeria.

Early reports of AHS in the country (7, 8) were diagnosed almost entirely on clinical observations. In later years, however, clinical diagnoses were supplemented by small-scale serological surveys, confirming AHSV infection in the horse population (3, 4).

The first recorded isolation of AHSV in Nigeria was made from a horse that died in Zaria in 1970 (11). This isolate was subsequently identified as AHSV serotype 9. Kemp (10) later demonstrated some neutralizing activity against this virus isolate in sera from 138 of 144 horses (95.8 %) and 14 of 14 donkeys (100 %) collected from animals in the western part of the country. In 1975, Best *et al.* reported an outbreak of disease which had occurred in Kano (2) the previous year. During this epizootic approximately 20 imported horses died. Isolated viruses were again confirmed as AHSV serotype 9. Later, Nawathe *et al.* (12) demonstrated precipitating antibodies against AHSV in sera of 86 of 99 (86.7 %) local horses and 32 of 47 (68.1 %) imported horses. These authors suggested that

since only the imported horses were likely to have been vaccinated the high prevalence of antibodies in sera from local animals was probably due to continual exposure to AHSVs. More recently, Oladosu *et al.* (13) reported an outbreak of AHS involving two horse stables in Lagos. AHSV was isolated from three blood samples taken from sick and in-contact horses. These authors also demonstrated complement fixing antibodies against AHSV in 35 of 39 (89.7 %) of the horse sera collected from the infected stables.

This article reports the presence of antibodies against AHSV in 254 horse and 58 donkey sera collected between January 1991 and September 1993 from ten widely separated regions throughout the country (table I).

Materials and methods

Sera were examined by competition ELISA using methods similar to those described by Hamblin *et al.* (6). Briefly, 50 µl/well of concentrated, cell extracted AHSV antigen, diluted in carbonate/bicarbonate buffer (pH 9.6), was passively adsorbed overnight at 4°C onto the solid phase of U-well ELISA plates (Dynatech).

Fifty microlitre amounts of each test serum, diluted 1 in 5 in phosphate buffered saline (PBS) containing 5 % Marvel® milk powder and 1 % adult bovine sera (blocking buffer), were added to duplicate wells of a 96-well carrier, transfer plate (40 sera per plate). Fifty microlitres of the optimal dilution of guinea-pig anti-AHS infectious sub-viral particles, prepared in blocking buffer, were then added to each well.

The ELISA plates were washed five times and dried by inversion onto absorbent paper. Serum mixtures were transferred onto the washed ELISA plates and incubated at 37°C for 1 h on an orbital shaker. The ELISA plates were washed as before. Bound guinea-pig antibodies were measured following the addition of 50 µl/well of rabbit anti-guinea-pig immunoglobulins conjugated to horse radish peroxidase enzyme. Plates were again incubated at 37°C for 1 h on an orbital shaker. After washing, 50 µl/well of orthophenylene diamine/H₂O₂ were added. Colour development was stopped after 10 min by the addition of 50 µl/well of 1M H₂SO₄.

Absorbance values were determined at 492 nm. Controls on each plate included duplicate wells containing one strong positive, two weak positive and one negative horse sera. Test sera were recorded positive where the absorbance values in the duplicate test wells were less than 50 % of the mean absorbance value recorded in 8 virus control wells containing guinea-pig antisera in the absence of competing test sera.

Results

Table I shows the regions sampled, the origin of the species tested, the range of ages and, where known, the vaccination history of the animals. Overall, there was a high

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

2. Institute for Animal Health, Pirbright Laboratory, Ash Road, Pirbright, Woking, Surrey, GU24 0NF, Royaume-Uni.

Reçu le 22.7.1994, accepté le 23.5.1995.

TABLEAU 1
Detection of AHSV antibodies by ELISA in equine sera from Nigeria

Region	Origin	Species	Age (yr) range	Number +/Total	% Positive	Vaccination history
Sokoto	Imported	Horse	9	1/1	100.0	Unknown
Sokoto	Local*	Horse	2-13	22/28	78.6	None
Sokoto	Local	Donkey	3-6	34/50	68.0	None
Maiduguri	Imported	Horse	6-10	6/9	66.7	Unknown
Maiduguri	Local	Horse	4-13	31/32	96.9	None
Kano	Imported	Horse	4-11	5/5	100.0	Unknown
Kano	Imported	Horse	8	2/2	100.0	None
Kano	Local	Horse	8-12	3/3	100.0	None
Kaduna	Imported	Horse	7-10	6/6	100.0	Vaccinated
Kaduna	Local	Horse	4-10	6/7	85.7	None
Jos	Imported	Horse	7-12	3/3	100.0	Unknown
Jos	Local	Horse	4-13	14/15	93.3	None
Ilorin	Local	Horse	2-11	3/8	37.5	None
Ilorin	Local	Donkey	3-6	0/2	0.0	None
Ibadan	Imported	Horse	5-15	7/10	70.0	Unknown
Ibadan	Local	Horse	4-16	26/31	83.9	None
Ibadan	Local	Horse	6 Months	1/2	50.0	None
Ibadan	Local	Donkey	5-7	1/6	16.7	None
Nsukka	Local	Horse	2-11	9/13	69.2	None
Ikeja	Local	Horse	4-13	27/35	77.1	None
Lagos	Imported	Horse	8-11	12/12	100.0	Vaccinated
Lagos	Imported	Horse	7-11	16/17	94.1	Probably
Lagos	Imported	Horse	5-8	1/2	50.0	Unknown
Lagos	Local	Horse	8	2/2	100.0	Vaccinated
Lagos	Local	Horse	4-8	3/3	100.0	Probably
Lagos	Local	Horse	4-13	8/8	100.0	Unknown
Total				249/312	79.8	

* Local = indigenous and locally cross-bred animals.

prevalence of antibodies in equine sera collected from all regions except Ilorin. One hundred and fifty-five (82.9 %) of the 187 sera collected from indigenous and local, cross-bred horses (*i.e.* local in table I) aged 6 months to 13 years were recorded positive by ELISA. A similar high percentage of the sera from the imported horses 88.1 % (59/67) aged between 4 and 15 years, was also recorded positive. Unfortunately, the vaccination history for these imported horses was not always available. As a consequence, only 18 of the 67 (26.8 %) sera tested were from horses known to have been vaccinated, while a further 17 (25.4 %) were from animals which were probably vaccinated. Only two (3.0 %) of the imported horses were known not to have been vaccinated. Both were eight years of age and had been imported from North Africa, although the actual country and the dates of importation were not known. In addition, it was not known whether these two animals had ever exhibited clinical signs of AHS or were survivors of a larger group, some of which might have died of AHS without being reported. No information was available for the remaining 30 (44.8 %) imported horses. There was no significant difference between the prevalence of AHSV antibodies detected in local and imported horses ($\chi^2 = 0.9945$, $p > 0.3187$). Positive levels of antibodies by ELISA were detected in 35/58 (60.3 %) of the sera collected from donkeys.

Discussion

Since there is no routine, annual vaccination programme in Nigeria, the indigenous and local cross-bred horses are rarely, if ever, vaccinated but despite this they appear to have a high innate resistance to infection with AHSVs (2). In contrast, horses imported into Nigeria, particularly from AHS free areas, are susceptible to infection and are therefore usually vaccinated before importation. However, once established in the country they are seldom re-vaccinated.

The high prevalence of antibodies recorded in sera from horses and donkeys of all ages from widely separated areas and in the absence of vaccination suggests that antibody levels are being boosted and maintained, probably by continual exposure to AHSVs. Such a high prevalence would also explain the relatively few confirmed outbreaks of disease recorded in recent years.

Conclusion

The data presented here supports earlier work and confirms the continued prevalence of AHSV antibodies in horses and donkeys throughout Nigeria. Further, all non-traumatic, sudden deaths in equines as well as suspected

cases of AHS should be investigated fully to determine which, if any, of the other eight AHSV serotypes are circulating in Nigeria.

Acknowledgements

The authors are grateful to Dr P.P.C. Mertens who kindly supplied the purified infectious sub-viral particles of AHSV serotype 9 used for the production of guinea-pig antiserum.

References

1. ADEYEFA C.A.O., DIPEOLU O.O., 1993. Studies on *Culicoides* species (Latreille, Diptera : *Ceratopogonidae*) of Nigeria. XI. Species caught around horse stables. *Insect Sci. applic.*, 14 (2): 211-214.
2. BEST J.R., ABEGUNDE A., TAYLOR W.P., 1975. An outbreak of African horse sickness in Nigeria. *Vet. Rec.*, 97: 394.
3. Departmental Records, 1959. Nigeria, Federal Department of Veterinary Research.
4. Departmental Records, 1967. Nigeria, Federal Department of Veterinary Research.
5. DIPEOLU O.O., 1977. Potential vectors of bluetongue in Nigeria. *Bull. epizoot. Dis. Afr.*, 25: 17-23.
6. HAMBLIN C., GRAHAM S.D., ANDERSON E.C., CROWTHER J.R., 1990. A competitive ELISA for the detection of group-specific antibodies to African horse sickness virus. *Epidem. Inf.*, 104: 303-312.
7. HENDERSON W.W., 1933. Annual report 1931, Veterinary Department, Nigeria. Lagos, Nigeria, Government Printer.
8. HENDERSON W.W., 1945. Annual report 1943, Veterinary Department, Nigeria. Lagos, Nigeria, Government Printer.
9. HOWELL P.G., 1962. The isolation and identification of further antigenic types of African horse sickness virus. *Onderstepoort J. vet. Res.*, 29: 139-149.
10. KEMP G.E., 1974. Antibody in Nigerian animals to African horse sickness serotype 9. *Vet. Rec.*, 95: 345.
11. KEMP G.E., HUMBERG J.M., ALAHAJI I., 1971. Isolation and identification of African horse sickness virus in Nigeria. *Vet. Rec.*, 89: 127-128.
12. NAWATHE D.R., SYNGE E., OKOH A.E.J., ABEGUNDE A., 1981. Persistence of African horse sickness in Nigeria. *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 13: 167-168.
13. OLADOSU L.A., OLAYEYE O.D., BABA S.S., OMILABU S.A., 1993. Isolation and identification of African horse sickness virus during an outbreak in Lagos, Nigeria. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, 12: 873-877.

ADEYEFA (C.A.O.), HAMBLIN (C.) Continuing prevalence of African horse sickness in Nigeria. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 31-33

Equine sera collected from 10 widely separated regions throughout Nigeria were tested for antibodies against African horse sickness viruses (AHSV) using a competitive enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). The animals sampled included imported, exotic horses, indigenous and locally cross-bred (local) horses and African donkeys. A high percentage of the sera (79.8 %) were positive, confirming the continued prevalence of AHSV antibodies in Nigerian horses and donkeys.

Key words: Ass - Horse - African horse sickness virus - Epidemiology - Antibody - ELISA - Nigeria.

Effect of three different routes of administration on the immunogenicity of infectious bursal disease vaccine

F.A. Kembî¹

O.O. Delano¹

M.A. Oyekunle²

KEMBI (F.A.), DELANO (O.O.), OYEKUNLE (M.A.). Effet de trois voies différentes d'administration sur le pouvoir immunisant des vaccins contre la bursite infectieuse. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 33-35

Les auteurs ont comparé la réponse immunitaire de trois groupes de 10 poussins vaccinés à l'âge de 2 semaines contre la bursite infectieuse (maladie de Gumboro) par voie orale, intramusculaire et oculaire, à l'aide d'un vaccin préparé par le NVRI (Vom, Nigeria). Tous les poulets sont restés séronégatifs 3 semaines après la primovaccination. Cependant, des anticorps précipitants étaient présents sur ces volailles après un rappel à l'âge de 6 semaines. Chez les poulets vaccinés par voie oculaire, cette séroconversion a été observée sur 70 p. 100 des sujets à l'âge de 7 semaines ; ce taux s'est élevé à 80 p. 100 dans les 2 semaines suivantes puis abaissé à 55,6 p. 100 à la 10e semaine. Dans les groupes vaccinés par voies orale et intramusculaire, ces taux étaient respectivement de 30 et 33,3 p. 100 à la 7e semaine mais ils s'élevaient pour les deux groupes jusqu'à 87,5 p. 100 à la 10e semaine. Si l'on considère le facteur âge dans la sensibilité des poulets à la bursite infectieuse, la voie oculaire semble être la plus efficace.

Mots clés : Poussin - Volaille - Maladie de Gumboro - Vaccin - Nigeria.

Introduction

Infectious bursal disease (IBD) was first reported in birds about 3-7 weeks old in Nigeria (5). Since then the disease has been a major threat to the Nigerian poultry industry.

If chicks can be protected against the disease, especially in the first 4 weeks of life, the economic returns will be satisfactory. At present the majority of vaccines used in Nigeria are being produced by the National Veterinary Research Institute (NVRI), Vom, Nigeria. Although the NVRI recommended that the vaccine could be administered through the oral, ocular and intramuscular routes, owners and veterinary staff often use the oral one. But despite vaccination of flocks, persistent field outbreaks have occurred (1). This is of great economic importance because of the mortality and morbidity it causes. Various factors such as poor vaccine storage, transportation and interference of maternal antibodies have been alleged (4).

1. Department of Biological Sciences, Ogun State University, PMB 2002, Ago-Iwoye, Ogun State, Nigeria.

2. Department of Animal Production, Ogun State University, PMB 2002, Ago-Iwoye, Ogun State, Nigeria.

Reçu le 15.11.1994, accepté le 28.3.1995.

Communication

This study compares the routes of administration recommended by NVRI, in order to determine which one might be a factor in the vaccine's failure.

Materials and Methods

Experimental birds

Day-old cockerels were obtained from a hatchery with no history of vaccination of their breeding stocks against Gumboro disease. They were divided into four groups of 10 chickens each (A, B, C and D). Individuals were tagged and housed in their groups. They were kept under an intensive system of management with well-aerated cages and were supplied with water and a commercial chick mash *ad libitum*. The chicks were further assessed for infectious bursal disease antibody by means of the agar gel precipitation technique (AGPT).

Vaccines and vaccination

Two vials of life Fibrogumbovac vaccine® produced by the NVRI, Vom, Nigeria were used. The vaccines were reconstituted according to the NVRI recommendations and stringent cold-chain vaccination was maintained. Vaccination was through the ocular (group A), intramuscular (group B) and oral (group C) routes. The birds were vaccinated at the age of 2 and 6 weeks, using each of the two vaccines vials on each occasion. Group D served as unvaccinated controls.

Virus antigen

The virus antigen was obtained from the bursa of Fabricius of an infected chicken. It was homogenised in one in three (w/v) suspensions in phosphate buffered saline using a manual tissue homogeniser. The homogenate

was frozen and thawed three times and clarified by centrifugation at 2,000 r.p.m. for 10 minutes. The supernatant fluid was confirmed for IBD virus with known positive serum and stored at -25°C until used.

Serology

Chickens were bled by jugular venipuncture prior to the first vaccination to establish their immune status and were also bled at weekly intervals after the first and booster vaccinations. The blood samples were allowed to clot overnight at 4°C, the sera were separated by centrifugation at 1,500 r.p.m. for 10 minutes and stored at -20°C until tested. The agar gel precipitation test (AGPT) was used as described by Hirai *et al* (3).

Results

Infectious bursal disease (IBD) antibodies were not detected in the three groups of chickens after the first vaccination, but when the booster dose was administered, positive serum samples were obtained (table I). All the controls remained seronegative.

In group A, 70 % of the chickens were positive at 7 weeks of age. This increased to 80 % in the 8th and 9th week. However on the 10th week the antibody production rate of some of the birds had decreased to trace levels and was not detected. Thus, only 55.6 % of the birds had detectable antibody.

In group B, 33.3 % of the chickens were positive at 7 weeks of age. This increased to 75 % in the 8th week and 87.5 % in the 9th and 10th week.

In group C, 30 % of the chickens were positive at 7 weeks of age. It increased to 62.5 % in the 8th and 9th week and 87.5 % in the 10th week.

TABLEAU I
Percentage serological response of birds using different routes of vaccination

Age (weeks)	Routes of vaccination			Control
	Ocular	Intramuscular	Oral	
1 (pre-vaccination sera)	0	0	0	0
2 Primary vaccination	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6 Booster vaccination				
7	70.0	33.3	30.0	0
8	80.0	75.0	62.5	0
9	80.0	87.5	62.5	0
10	55.6	87.5	87.5	0

Discussion and Conclusion

The fact that none of the vaccinated birds seroconverted three weeks after the primary vaccination shows the importance of the booster dose. It suggested that chicks could be susceptible to field virus during the period. Unfortunately it was discovered that many of the farmers only vaccinate their flock once, contrary to the manufacturer's guidelines which recommend a booster dose.

There is an advantage in vaccinating with the primary and booster doses of vaccine as demonstrated, although the routes used do not have a clear cut superiority over one another. The oral route which is commonly used is not necessarily the best because the number of birds that seroconverted when they were prone to infection was low, compared to the ocular route, where the seroconversion rate was highest by the 7th week when the birds were still prone to infection. However, since antibody has been detected in older birds (2), the intramuscular and oral routes could also be protective. Thus, further studies to determine the durability of the immune response are recommended.

Acknowledgements

The authors are grateful to Professor O.A. Durojaiye of the Department of Veterinary Microbiology and Parasitology, University of Ibadan for his contribution.

References

1. DUROJAIYE O.A., ADENE D.F., 1989. Epidemiology and control of infectious bursal disease of poultry in Nigeria. *Bull. Inst. Pasteur*, 87: 281-288.
2. DUROJAIYE O.A., AJIBADE H.A., OLAFIMIHAN G.O., 1984. An outbreak of infectious bursal disease in 20-week old birds. *Trop. vet.*, 2: 175-176.
3. HIRAI K., SHIMAKURA S., HIROSE M., 1972. Immuno-diffusion reaction to avian infectious bursal disease virus. *Avian Dis.*, 16: 961-964.
4. NAWATHE D.R., LAMORDE A.G., 1982. Gumboro disease: Problems of control in Nigeria. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, 1: 1163-1168.
5. OJO M.O., ODUYE O.O., NOIBI L.M., 1973. Gumboro-like disease in Nigeria. *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 5: 52-56.

KEMBI (F.A.), DELANO (O.O.), OYEKUNLE (M.A.). Effect of three different routes of administration on the immunogenicity of infectious bursal disease vaccine. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1): 33-35

The immune response of three groups of 10 chicks, vaccinated at age of 2 weeks against infectious bursal disease (Gumboro disease) via the oral, intramuscular and ocular routes, is compared. The vaccine was prepared by the NVRI (Vom, Nigeria). All chicks in the three groups remained seronegative 3 weeks after primary vaccination. However, precipitating antibodies were present in birds which received a booster dose at the age of 6 weeks. Post-vaccination seroconversion was observed at the age of 6 weeks in 70 % of the birds vaccinated via the ocular route. This rate increased to 80 % during the two following weeks and then decreased to 55.6 % until the 10th week. In the groups vaccinated by the oral and intramuscular routes, the seroconversion rate in the 7th week was 30 and 33.3 %, respectively, but increased to 87.5 % in both groups at the end of the 10th week. Considering the age factor in the susceptibility of chicks to infectious bursal disease, the authors recommend the ocular route as the most effective for vaccination.

Key words : Chick - Poultry - Avian infectious bursitis - Vaccine - Nigeria.

Communications

Utilisation de la souche B19 dans la prophylaxie médicale de la brucellose bovine au Nord-Cameroun. Etude de l'effet de la dose sur le taux et la durée de séroconversion chez des femelles zébus

A. Martrenchar^{1*}D. Bouchel^{2**}B.M. Njanpop¹A. Yaya¹

MARTRENCHAR (A.), BOUCHEL (D.), NJANPOP (B.M.), YAYA (A.). Utilisation de la souche B19 dans la prophylaxie médicale de la brucellose bovine au Nord-Cameroun. Etude de l'effet de la dose sur le taux et la durée de séroconversion chez des femelles zébus. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 37-40

Quatre troupeaux de zébus du Nord-Cameroun, comprenant en tout 136 animaux, ont été vaccinés par voie sous-cutanée avec les doses suivantes de la souche B19 : 5×10^9 unités formant colonies (UFC), 10^9 UFC, 5×10^8 UFC et 10^7 UFC. Vingt-huit jours après la vaccination, les taux de séroconversion ont été respectivement les suivants : 97,4, 96,2, 84,2 et 73,3 p. 100. Sur les 52 animaux, dont 39 âgés de plus d'un an le jour de la vaccination, ayant pu faire l'objet d'un contrôle sérologique ultérieur, 1 seul présentait des anticorps 6 mois après la vaccination. A la dose de 10^9 UFC, le coût de revient du vaccin B19 produit au Laboratoire national vétérinaire de Boklé est de 65 F CFA la dose ; à la dose habituellement préconisée de 5×10^{10} UFC, il est de 1 740 F CFA. Les différentes perspectives d'utilisation de la souche B19 dans la prophylaxie médicale contre la brucellose bovine au Nord-Cameroun sont discutées.

Mots clés : Bovin - Zébu - Brucellose - *Brucella abortus* - Contrôle de maladie - Vaccin - Coût - Cameroun.

Introduction

La brucellose bovine est une des maladies infectieuses les plus importantes du cheptel bovin du Nord-Cameroun. Les estimations des taux de prévalences individuelles varient selon les études de 12 à 25 p. 100 (11, 16). Dans une région où les animaux ne sont pas identifiés et où l'Etat n'est pas en mesure d'indemniser les éleveurs pour l'élimination des animaux contaminés, seule une prophylaxie médicale est envisageable. Parmi les différents vaccins disponibles, la souche de *Brucella*

1. Laboratoire national vétérinaire de Boklé, BP 503 Garoua, Cameroun.

2. Institut de Recherches zootechniques et vétérinaires, Station de Garoua, BP 1073, Garoua, Cameroun.

* Adresse actuelle : 24 rue Calvé, 33000 Bordeaux, France (du 1.07.95 au 1.09.95). A compter du 1.09.95 : Laboratoire central de recherches avicole et porcine, BP 53, Zoopole des Côtes d'Armor, 22440 Ploufragan, France.

** Adresse actuelle : CIRAD-EMVT, 10 rue Pierre Curie, 94704 Maisons-Alfort Cedex, France.

Reçu le 27.5.1994, accepté le 21.3.1995.

abortus B19 présente l'avantage de ne nécessiter qu'une seule injection sous-cutanée en primo-vaccination. Les normes internationales (19) recommandent l'utilisation de ce vaccin à un titre très élevé (5×10^{10} à 8×10^{10} unités formant colonies (UFC)). A ce titre, le coût de la dose unitaire (1 600 F CFA, vaccin ABORSEC Rhône-Mérieux, prix hors taxe départ France) est financièrement inacceptable pour l'éleveur du Nord-Cameroun. Dans les années 80, de nombreuses études se sont intéressées à l'utilisation de la souche B19 à des doses réduites (2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 17, 18, 20). L'efficacité de ce vaccin est grandement dépendante des conditions locales et des races d'animaux (14). Cette étude est menée afin d'effectuer une première approche sur la possibilité d'utiliser des doses réduites du vaccin B19 par voie sous-cutanée sur le cheptel bovin du Nord-Cameroun.

Matériel et Méthodes

Production du vaccin

La souche B19 a été cultivée au Laboratoire national vétérinaire de Boklé sur gélose pomme de terre selon un protocole décrit par ailleurs (1). Le support de lyophilisation utilisé était le lait stérilisé UHT. Le titre après lyophilisation était de 2.10^{10} UFC/ml. La reconstitution et les dilutions du vaccin se faisaient avec de l'eau physiologique stérile sur glace pilée en 2 ou 3 manipulations successives juste avant l'injection.

Choix des animaux

Les animaux étaient des zébus de races locales Akou (White Fulani), M'bororo (Red Fulani), Goudali et Arabe Choa. Ils étaient élevés selon le mode traditionnel sans contrôle sur la reproduction. Les mâles étaient commercialisés vers l'âge de 3 ans et l'âge moyen à la première mise bas était de 45 mois. Les animaux identifiés par une boucle auriculaire étaient répartis en 4 troupeaux. Trois de ces troupeaux avaient fait l'objet depuis trois ans d'une prophylaxie sanitaire contre la brucellose (contrôle sérologique du cheptel et des entrées suivi de l'élimination des animaux positifs). Tous les animaux étaient des femelles, non gestantes d'après l'avis de l'éleveur.

Séances de vaccination et suivis sérologiques

Huit séances de vaccination réparties sur une année ont été effectuées. Les animaux étaient contrôlés sérologiquement le jour de la vaccination et seuls les animaux négatifs à ce premier contrôle (136 animaux) furent inclus dans l'analyse. Les animaux étaient contrôlés une nouvelle fois, 4 semaines après la vaccination. Cinquante-deux animaux purent être contrôlés de nouveau entre

Communication

3 et 6 mois après la vaccination. Les séances de vaccination avec les doses vaccinales utilisées, les âges et les races des animaux, ainsi que les animaux recontrôlés entre trois et six mois après la vaccination sont indiqués dans le tableau I.

Tests sérologiques

Tous les animaux furent testés à l'aide de l'épreuve à l'antigène tamponné (antigène Bengatest, Rhône Mérieux, Lyon, France) et du test de fixation du complément en tubes (antigène Antifix, Rhône Mérieux, Lyon, France). Pour ce dernier test, le seuil de positivité choisi fut de 1/8 (40 UI/ml). Les sérums étaient considérés positifs s'ils réagissaient à l'un ou l'autre des deux tests.

Calcul du prix de revient du vaccin

Aux coûts des matières premières et du conditionnement, ont été rajoutés les frais généraux du Laboratoire national vétérinaire de Boklé-Garoua. Ceux-ci incluaient les salaires du personnel, les frais fixes de fonctionnement (électricité, entretien des locaux et des équipements), ainsi que l'amortissement des locaux et des équipements. Ceci a été fait sur la base du calcul des coûts de revient des autres vaccins produits au Laboratoire national vétérinaire de Boklé*(7). Pour des vaccins titrant 10^9 UFC, la production annuelle a été déterminée à partir du marché potentiel alors que, pour un titre de 5×10^{10} , elle était limitée par les capacités locales compte tenu des autres productions.

Analyse des données

La variable illustrative était l'existence d'une séroconversion à 28 j (2 modalités). Plusieurs variables explicatives dichotomiques ont été créées : dose vaccinale supérieure ou égale à 5×10^9 , 10^9 et 5×10^8 UFC (3 variables), race des animaux (4 variables) et la classe d'âge (1 variable à 2 modalités : supérieur ou inférieur à un an). L'analyse des tableaux croisés 2x2 s'est faite à l'aide du test de Fisher exact.

Résultats

Séroconversion 28 jours après la vaccination

Les résultats sont présentés dans le tableau I. L'analyse statistique a montré que seules les variables relatives à la dose vaccinale étaient significatives. Le plus haut degré de signification a été obtenu avec la variable "dose

vaccinale supérieure ou égale à 10^9 UFC/ml" ($p < 0,003$). Les résultats en fonction de la dose vaccinale sont présentés dans le tableau II.

Persistance des anticorps dans les 3 à 6 mois après la vaccination

Sur les 52 animaux ayant pu être suivis, un seul présentait des anticorps anti-*Brucella* 6 mois après la vaccination.

Calcul du prix de revient du vaccin

En produisant des flacons de 100 doses titrant 10^9 UFC par dose, le coût de revient est de 65 F CFA la dose, sur la base d'une production annuelle de 400 000 doses (128 F CFA sur la base d'une production annuelle de 100 000 doses). En produisant des flacons de deux doses titrant 5×10^{10} UFC par dose, le coût de revient est de 1 740 F CFA la dose (sur la base d'une production annuelle de 24 000 doses).

Discussion

Dans un des troupeaux de l'étude, sur 12 animaux prélevés, 3 étaient positifs le jour de la vaccination (troupeau d'animaux de race Goudali). Ce troupeau faisait l'objet d'un contrôle sérologique depuis trois ans et aucune explication n'a pu être trouvée avec certitude. Les trois animaux en question ont été éliminés.

Le seuil de séropositivité retenu en fixation de complément a été de 40 UI/ml. Le seuil habituellement retenu en Europe est de 20 UI/ml. Trois animaux vaccinés à la dose de 10^7 UFC étaient positifs à J 28 à ce seuil mais négatifs au seuil de 40 UI/ml ainsi qu'à l'épreuve à l'antigène tamponné. Si l'on prend le seuil de 20 UI/ml comme base de l'analyse, la variable "dose vaccinale supérieure ou égale à 10^9 UFC" reste significative ($p < 0,004$).

Le pourcentage d'animaux présentant une séroconversion augmente avec la dose vaccinale. Ceci est conforme aux résultats d'une autre étude (9) mais néanmoins insuffisant pour en tirer des conclusions sur l'état de protection des animaux. En effet, il a été montré que la protection contre la brucellose était due à une immunité de type cellulaire. Il a par ailleurs été suggéré que la séroconversion et l'immunité de type cellulaire pourraient être toutes les deux liées à la dose vaccinale mais selon des médiateurs différents (9). Dans le cas de la brucellose, il n'existe pas de technique fiable permettant de mesurer l'immunité de type cellulaire (8, 9). La seule méthode acceptée pour doser l'immunité globale consiste à inoculer par voie conjonctivale des animaux vaccinés avec une souche virulente et à tenter d'isoler la souche d'épreuve à la mise bas ou à l'autopsie. Les résultats sont grandement dépendants de la virulence de la souche et de la dose d'épreuve (8).

* Le détail du calcul des coûts de production peut être demandé au Dr A. Martrenchar, Laboratoire central de recherches avicole et porcine, BP 53, Zoopole des Côtes d'Armor, 22440 Ploufragan, France.

TABLEAU I

Résultats des mesures de la séroconversion sur 4 troupeaux de zébus du Nord-Cameroun vaccinés avec différentes doses du vaccin B19 en fonction de la race et de la classe d'âge

Numéro de la séance vaccinale	Dose vaccinale en UFC	Nombre d'animaux testés	Race	Classe d'âge	Nombre de séroconversions à J28	Nombre d'animaux retestés entre 3 et 6 mois après la vaccination
1	5×10^9	15	Akpu	< 1 an	15	0
2	5×10^9	13	M'bororo	< 1 an	13	13
3	5×10^9	9	Arabe Choa	< 1 an	7	0
4	5×10^9	16	Goudali	> 1 an	16	16
5	5×10^9	23	Arabe Choa	> 1 an	23	0
6	10^9	8	Akou	> 1 an	8	0
6	5×10^8	10	Akou	> 1 an	9	0
7	5×10^8	9	Goudali	> 1 an	7	9
8	10^7	15	Arabe Choa	> 1 an	11	6
8	10^9	18	Arabe Choa	> 1 an	17	8*

Un animal était positif à l'épreuve à l'antigène tamponné 6 mois après la vaccination.

TABLEAU II

Pourcentages de séroconversion 28 jours après la vaccination en fonction des doses du vaccin B19

Dose vaccinale en UFC	Nombre d'animaux testés	Nombre de séroconversions à J28	Pourcentage de séroconversion à J28 et intervalle de confiance à 95 %
5×10^9	76	74	$97,4 \pm 3,6$
10^9	26	25	$96,2 \pm 7,3$
5×10^8	19	16	$84,2 \pm 16,4$
10^7	15	11	$73,3 \pm 22,4$

Les résultats du suivi sérologique indiquent que jusqu'à une dose de 5×10^9 UFC, la vaccination, même celle des adultes, ne perturbe pas notablement le diagnostic sérologique au-delà d'un délai de 6 mois. Ce résultat devrait néanmoins être confirmé sur un plus grand nombre d'animaux. Les études sur le problème de la persistance d'anticorps suite à la vaccination par des doses faibles du vaccin B19 donnent des résultats variables selon les auteurs (2, 6, 9, 12, 14, 15, 18). Il est généralement admis que ce problème est plus important chez les animaux subissant un rappel de vaccination et chez les femelles gestantes. Pour pallier cet inconvénient, il est possible soit de vacciner uniquement les jeunes animaux, soit d'utiliser des doses réduites par voie conjonctivale. La vaccination des jeunes peut être efficace dans des régions à faible taux d'infection. Au Nord-Cameroun, la présence régulière de foyers épizootiques devrait entraîner la vaccination de toutes les femelles alentour. La vaccination par voie conjonctivale a l'inconvénient de demander une contention plus rigoureuse par rapport à la voie sous-cutanée et nécessite deux interventions en primo-vaccination. L'utilisation de doses réduites en sous-cutané pourrait être une solution alternative intéressante.

Le coût de revient de la dose vaccinale produite sur place rend prohibitive l'utilisation du vaccin à la dose habituellement conseillée (5×10^{10} à 8×10^{10} UFC). En revanche, à la dose de 10^9 UFC, le laboratoire producteur pourrait vendre ce vaccin au prix de 65 F CFA la dose. Ceci est supportable financièrement par l'éleveur. A titre de comparaison, le prix actuel du vaccin contre le charbon bactérien à la sortie du Laboratoire national vétérinaire de Boklé est de 28 F CFA la dose.

Conclusion

A la dose de 10^9 UFC, la souche B19 provoque une importante séroconversion sur les zébus de l'expérimentation. A cette dose, le laboratoire peut proposer le vaccin à un prix acceptable pour l'éleveur. Afin de préciser le niveau de protection conféré par la souche B19 et de proposer une stratégie vaccinale contre la brucellose bovine, d'autres études, incluant des épreuves virulentes et des mesures de l'influence de vaccinations en milieu traditionnel sur les paramètres zootechniques du troupeau, sont nécessaires.

Communication

Bibliographie

1. ALTON G.G., JONES L.M., PIETZ D.E., 1977. La brucellose. Techniques de laboratoire (2 éd). Genève, Suisse, Organisation Mondiale de la Santé, p. 145-153.
 2. ALTON G.G., CORNER L.A., PLACKETT P., 1980. Vaccination of pregnant cows with low doses of *Brucella abortus* strain 19 vaccine. *Aust. vet. J.*, 56: 369-372.
 3. ALTON G.G., CORNER L.A., 1981. Vaccination of heifers with a reduced dose of *Brucella abortus* strain 19 vaccine before first mating. *Aust. vet. J.*, 57: 548-550.
 4. BARTON C.E., LOMME J.R., 1980. Reduced-dose whole herd vaccination against brucellosis: a review of recent experience. *J. Am. vet. Ass.*, 12: 1218-1220.
 5. BECKETT F.W., MacDIARMID S.C., 1985. The effect of reduced dose *Brucella abortus* strain 19 vaccination in accredited dairy herds. *Br. vet. J.*, 1985, 141: 507-514.
 6. BECKETT F.W., MacDIARMID S.C., 1987. Persistent serological titres following reduced dose *Brucella abortus* strain 19 vaccination. *Br. vet. J.*, 143: 477-479.
 7. BENITES A., GUILLOTEAU B., MARTIN A., 1993. Mission d'expertise pour la définition de la politique d'intervention du Laboratoire National Vétérinaire de Boklé-Garoua. Maisons-Alfort, France, CIRAD-EMVT, 142 p.
 8. CONFER A.W., HALL S.M., FAULKNER C.B., ESPE B.H., DEYOE B.L., MORTON R.J., SMITH R.A., 1985. Effects of challenge dose on the clinical and immune responses of cattle vaccinated with reduced doses of *Brucella abortus* strain 19. *Vet. Microbiol.*, 10: 561-575.
 9. CRAWFORD R.P., ADAMS L.G., RICHARDSON B.E., 1990. Effect of dose of *Brucella abortus* strain 19 in yearling heifers on the relative risk of developing brucellosis from challenge exposure with strain 2308. *Am. J. vet. Res.*, 51 (11): 1837-1840.
 10. DAVIES G., COCKS E., HEBERT N., 1980. *Brucella abortus* (Strain 19) vaccine: (a) Determination of the minimum protective dose in cattle; (b) The effect of vaccinating calves previously inoculated with anti-*Brucella abortus* serum. *J. Biol. Stand.*, 8: 165-175.
 11. DOMENECH J., LUCET Ph., VALLAT B., STEWART Ch., BONNET J.B., HENTIC A., 1982. La brucellose bovine en Afrique centrale. III. Résultats statistiques des enquêtes menées au Tchad et au Cameroun. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 35 (1) : 15-22.
 12. ERASMUS J.A., ERASMUS M.C., 1987. The use of reduced-dose *Brucella abortus* strain 19 in the control of bovine brucellosis. *J. S. Afr. vet. Ass.*, 58 (2): 71-75.
 13. FLORES-CASTRO R., FERNANDEZ De CORDOBA L., TREJO-SALOMON J., Del RIO-VARGAS J., 1985. Adult cattle vaccination and revaccination with strain 19 reduced dosis for the control of brucellosis: a field-experience in Mexico. *Int. J. Zoon.*, 12: 299-303.
 14. HERR S., BOSMAN P.P., EHRET W.J., TE BRUGGE L.A., WILLIAMSON C.C., PIETERSON P.M., 1986. Brucellosis serology: reduced dose S19 vaccination of yearling heifers versus the use of the standard dose at 5-7 months of age in a clean herd. *J. S. Afr. vet. Ass.*, 57 (4): 215-219.
 15. HERR S., EHRET W.J., RIBEIRO L.M.M., CHAPARRO F., 1990. The persistence of serological reactions following heifer vaccination with *Brucella abortus* strain 19 on brucellosis free farms. *J. S. Afr. vet. Ass.*, 61 (1): 11-13.
 16. MARTRENCHAR A., NJANPOP B.M., YAYA A., NJOYA A., TULASNE J.J., 1993. Problems associated with tuberculosis and brucellosis skin-test methods in northern Cameroon. *Prev. Vet. Med.*, 15 : 221-229.
 17. NICOLETTI P., JONES L.M., BERMAN D.T., 1978. Adult vaccination with standard and reduced doses of *Brucella abortus* strain 19 vaccine in a dairy herd infected with brucellosis. *J. Am. vet. Ass.*, 173 (11): 1445-1449.
 18. ODEON A.C., CAMPERO C.M., MOREIRA A.R., SALAMANCO A.G., MADRID C.R., ZAMORA A.S., 1987. Revaccination with a reduced dose of *Brucella abortus* strain 19 vaccine of breeding cows in the Pampas region of Argentina. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, 6 (4): 1063-1071.
 19. Office International des Epizooties, 1992. Manual of standards for diagnostic tests and vaccines. Paris, France, p. 260-276.
 20. VENKATESHA M.D., UPADHYE A.S., 1987. Immune response of young calves to *Brucella abortus* S. 19 vaccine with modified method. *Indian J. Comp. Microbiol. Immunol. Infect. Dis.*, 8 (3): 125-129.
- MARTRENCHAR (A.), BOUCHEL (D.), NJANPOP (B.M.), YAYA (A.)**. The use of the *Brucella abortus* strain 19 in the medical prophylaxis of bovine brucellosis in northern Cameroon: study of the effect of the vaccinal dose on seroconversion rate and duration in zebu females. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1): 37-40
- Four herds of zebus from northern Cameroon totalling 136 animals were vaccinated subcutaneously with the following doses of *Brucella abortus* strain 19: 5×10^9 colony-forming units (CFU), 10^9 CFU, 5×10^8 CFU and 10^7 CFU. Twenty-eight days after vaccination, the following seroconversion rates were observed respectively: 97.4, 96.2 84.2 and 73.3 %. Of the 52 animals which could be tested subsequently including 39 over one year old on the vaccination day, only one showed antibodies 6 months after vaccination. The cost price of the strain 19 vaccine produced at the Boklé National Veterinary Laboratory was estimated to be 65 F CFA at the 10^9 CFU dose and 1,740 F CFA at the 5×10^{10} CFU dose usually recommended. The use of the Buck 19 strain in the medical prophylaxis of bovine brucellosis in northern Cameroon is discussed.
- Key words:** Cattle - Zebu cattle - Brucellosis - *Brucella abortus* - Disease control - Vaccine - Cost - Cameroon.

Comparison of two anticoagulants for production of antigens of *Cowdria ruminantium* in neutrophils

D.N. Awa¹

E.A. Paxton²

K.J. Sumption²

AWA (D.N.), PAXTON (E.A.), SUMPTION (K.J.) Comparaison de deux anticoagulants pour la production de l'antigène de *Cowdria ruminantium* dans une culture de neutrophiles. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 41-43

L'activité de deux anticoagulants, l'éthylène diamine tétra-acétate (EDTA) et l'héparine, a été comparée sur du sang de chèvres cliniquement infectées par *Cowdria ruminantium*. Les neutrophiles ont été extraits du sang et mis en culture pour la production de l'antigène correspondant. L'EDTA s'est révélé supérieur à l'héparine du point de vue du taux de récupération et d'une meilleure séparation des neutrophiles par rapport aux autres leucocytes. L'antigène produit a été testé avec le test d'immunofluorescence indirecte (IFAT). Il est apparu de bonne qualité. La production de l'antigène par cette méthode est recommandée pour les laboratoires relativement bien équipés dans les zones où la cowdriose est endémique.

Mots clés : Caprin - Cowdriose - *Cowdria ruminantium* - Antigène - Anticoagulant - Granulocyte - Infection expérimentale.

Introduction

The indirect fluorescent antibody test (IFAT) was the first successful serological test for heartwater, developed by Du Plessis (3) using mouse peritoneal macrophages infected with the Kümm strain of *Cowdria ruminantium* as antigen. The enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) test has also recently been used in heartwater serology (4). The current sources of antigen used in IFAT are *C. ruminantium*-infected mouse peritoneal macrophages, neutrophils and endothelial cells (3, 5, 8). The aim of this study was to determine a suitable method of producing the neutrophil antigen, with emphasis on the comparison between the use of EDTA and heparin as anticoagulants for blood intended for cultures.

Materials and Methods

Experimental infections

Three British Saanen goats numbered G413, G426 and G429 were experimentally infected with the Welgevonden strain of *C. ruminantium*. On the first day of temperature reaction of each goat, 35 ml of blood were collected into EDTA (final concentration 4mM) and in heparin (final concentration 14.3 units/ml) for neutrophil separation and

culture. Sampling was continued in goat G426 through days two and three of temperature reaction. Pre-infection (negative) and post-recovery (immune) sera were obtained from a fourth goat which was infected with the same parasite strain but recovered following treatment. The sera were used for testing the antigen.

Neutrophil separation and culture

Blood collected in the two anti-coagulants was given parallel treatment for neutrophil separation and culture. The procedure employed was a modification of the methods described by Logan (6) and Jongejan *et al.* (5). The blood was centrifuged in 10 ml collection tubes at 1000xg for 15 min. The plasma, buffy coat and top layer of the red cell fraction were carefully aspirated and discarded. To the resulting red cell suspension containing the granulocytes, 2 ml of PBSA (phosphate buffered saline pH 7.4, containing 200 µg of streptomycin/ml and 5 µg Fungizone®/ml) (1) was added to every 10 ml original blood and mixed thoroughly. An equal volume of distilled water was added to the resultant suspension and mixed for 30 seconds to lyse the red cells. Isotonicity was restored by adding 6 ml of 2.7 % NaCl. The resultant solution was centrifuged at 200xg for 10 min to pellet the granulocytes. The pellet was resuspended in 10 ml sucrose phosphate glutamate buffer and washed twice for 8 min at 200xg. The final pellet was resuspended in RPMI 1 640 culture medium (Gibco Ltd, Paisley Scotland), containing 10 % inactivated foetal calf serum, 2mM L-glutamine (Gibco), 100 units of penicillin and 100 µg of streptomycin/ml, to give a count of 1-2 x 10⁶ cells/ml and incubated at 37°C in a humidified incubator gassed with 5 % CO₂ in air. Cytospin smears were prepared from the culture by spinning about 5 µl per well in a cytocentrifuge (Shandon Cytospin 2) at 1000 rpm for 5 min. On the day of culture preparation, the smears were stained with Giemsa and examined for purity (differential count of leucocytes) and the presence of *Cowdria*. This continued on days one, two and three of culturing to determine the best time to prepare smears for antigen, judging from the appearance of *Cowdria* in neutrophils. Once this was decided, smears were prepared, air-dried and fixed in acetone for 10 min, wrapped in aluminium foil, put in polythene bags containing silica gel and stored at -20°C until use.

Indirect fluorescent antibody test

The antigen was tested in the indirect fluorescent antibody test (IFAT). The slides were removed from -20°C and allowed to thaw at room temperature in a moist chamber. Serial dilutions from 1:8 to 1:10000 were made from the negative and the immune sera using phosphate buffered saline (PBS) as diluent. Wells were made around the cytospin smears on the slides with a ball point paint marker (Texpen, Merck Ltd). Sera were applied to the wells and the slides were incubated in a moist chamber at room temperature for 30 min. The slides were then washed three times in PBS for a total of 15 min. Rabbit anti-sheep-and-

1. Institute of Animal Science and Veterinary Research, POB 1073, Garoua, Cameroun.

2. Centre for Tropical Veterinary Medicine, Easter Bush, Midlothian, EH25 9RG, Ecosse, Royaume-Uni.

Reçu le 3.5.1993, accepté le 9.5.1995.

Communication

goat globulins conjugated with fluorescein isothiocyanate containing 2 % Evans Blue counter stain (Nordic Immunology, the Netherlands) was then applied to the wells and the slides were again incubated for 30 min, then washed in PBS as before. They were then mounted in 90 % glycerol in FA buffer (pH 7.5 and made up of 11.5 g Na_2HPO_4 , 2.96 g NaH_2PO_4 , and 5.84 g NaCl per litre of distilled water) under a cover slip and examined at x40 using a fluorescent microscope (Laborlux K, Leica UK Ltd).

Results

The results of neutrophil separation are presented in table I. EDTA proved to be superior to heparin both in the recovery rate of neutrophils and the purity of the culture. Purer cultures were obtained when the upper red cell layer was removed. These values were particularly high in EDTA separations ranging from 93 to 99 % compared to heparin with values ranging from 14 to 74 % in equivalent samples. Due to the low neutrophil recovery rate with heparin as anticoagulant, cultures for antigen production were only made from EDTA samples. On the day of collection, no *Cowdria* organisms could be demonstrated in cytopsin smears of separated neutrophils, but organisms started appearing after 24 h of culture. The highest percentage and optimal rate of infected cells was seen after 48 h of culture and this was when antigen slides were prepared. On days three and four of culture, the organisms became less discernable because of the degeneration of the neutrophils.

IFAT gave good specific fluorescence with dilutions of 1:64 to 1:10000. The morphology of fluorescing *Cowdria* morulae was comparable to that seen in Giemsa-stained cytopsin smears. Background non-specific fluorescence was easily distinguishable since it was weak and diffuse. All dilutions of the negative serum gave only background fluorescence.

Discussion

The technique for culture of *Cowdria ruminantium* in neutrophils was first developed by Logan *et al.* (7). Jongejan *et al.* (5) used the technique for the production of antigen for use in IFAT. The quantity and quality of antigen produced depends on how well the neutrophils are separated from the rest of the blood. The above authors used heparin as anti-coagulant; however, in preliminary studies we found that separation of neutrophils from lymphocytes was poor and the recovery rate low from blood containing heparin as anticoagulant. This prompted the comparative use of EDTA as anti-coagulant which proved superior in both aspects. The quality of antigen slides produced was good, indicating that EDTA had no observable adverse effect on the development of *Cowdria* in neutrophils.

Carlson and Kaneko (2) obtained similar results for the separation of neutrophils from bovine blood. Their recovery rate with EDTA as anticoagulant was 63.9 %. Although 65.6 % recovery was achieved in one sample in the present study, recovery rate was generally lower with an average of 37.7 %. Carlson and Kaneko (2) may have achieved a higher average because they also extracted neutrophils from the buffy coat which was discarded in the present study. In heparinised blood samples, the buffy coat was poorly formed, accounting for the poor separation and low recovery of neutrophils. In this study, the recovery rate of neutrophils was between 1.6 and 38 times higher from blood collected into EDTA than with heparin, and therefore a much more efficient production of antigen slides can be made through the use of no greater volume of culture medium or reagents.

Conclusion

The culture of neutrophils from the blood of goats reacting to *Cowdria ruminantium* infection for antigen production proved to be very successful. The technique is

TABLE I
Results of neutrophil separation with EDTA and heparin

Animal	Days post onset Fever	Anticoagulant (E, EDTA ; H, Heparin)	Blood Neutrophils Count ($\times 10^6/\text{ml}$)	Neutrophils Recovered ($\times 10^6/\text{ml}$)	(% of blood count)	% Neutrophils after extraction (Neutrophil count/ leucocyte count)
G413	1	E	3.05	2	(66)	66
		H	3.05	1.28	(42)	44
G426	1	E	5.93	1.8	(31)	97
		H	5.93	0.07	(1.2)	14
G426	2	E	5.0	2.3	(46)	93
		H	5.0	0.06	(1.2)	65
G426	3	E	6.6	1.4	(21.2)	99
		H	6.6	0.1	(1.5)	74
G429	1	E	6.5	1.6	(24.6)	59
		H	6.5	0.09	(1.4)	14

simple and can easily be carried out in moderately well-equipped laboratories in heartwater-endemic areas where serological surveys may be required. EDTA is therefore recommended as anticoagulant for blood collection intended for neutrophil culture because of the higher recovery rate. The use of this anticoagulant should result in more efficient and economical production of antigen slides for sero-diagnosis, with the use of fewer infected animals. This should facilitate antigen production in developing countries.

Acknowledgements

The authors are thankful to the British Council for providing funding for the study and to the Overseas Development Administration for funding of EAP.

References

1. BYROM B., YUNKER C.E., 1990. Improved culture conditions for *Cowdria ruminantium* (Rickettsiales), the agent of heartwater disease of domestic ruminants. *Cytotechnology*, Technical Report, 4: 285-290.
 2. CARLSON G.P., KANEKO J.J., 1973. Isolation of leucocytes from bovine peripheral blood. *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 142: 853-856.
 3. DU PLESSIS J.L., 1981. The application of the indirect fluorescent antibody test to the serology of heartwater. *In: Proceedings of the International Conference on Tick Biology and Control, Grahamstown, South Africa*, p. 47-52.
 4. JONGEJAN F., THIELEMANS M.J.C., DE GROOT M., VAN KOOTEN P.J.S., VAN DER ZEIJST B.A.M., 1991. Competition enzyme-linked immunosorbent assay for heartwater disease using monoclonal antibodies against *Cowdria ruminantium*-specific 32-Kilodalton protein. *Vet. Microbiol.*, 28: 119-121.
 5. JONGEJAN F., WASSINK L.A., THIELEMANS M.J.C., PERIÉ N.M., UILENBERG G., 1989. Serotypes in *Cowdria ruminantium* and relationship with *Ehrlichia phagocytophila* determined by immunofluorescence. *Vet. Microbiol.*, 21: 31-40.
 6. LOGAN L.L., 1987. *Cowdria ruminantium*: Stability and preservation of the organism. *Onderstepoort J. vet. Res.*, 54: 187-191.
 7. LOGAN L.L., WHYARD T.C., QUINTERO J.C., MEBUS C.A., 1987. The development of *Cowdria ruminantium* in neutrophils. *Onderstepoort J. vet. Res.*, 54: 197-204.
 8. MARTINEZ D., SWINKELS J., CAMUS E., JONGEJAN F., 1990. Comparaison de trois antigènes pour le sérodiagnostic de la cowdriose par immunofluorescence indirecte. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 43: 159-166.
- AWA (D.N.), PAXTON (E.A.), SUMPTION (K.J.)** Comparison of two anticoagulants for production of antigens of *Cowdria ruminantium* in neutrophils. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, **48** (1) : 41-43
- Ethylene diamine tetra-acetate (EDTA) and lithium heparin were used comparatively as anticoagulants for blood obtained from goats clinically infected with *Cowdria ruminantium*. Neutrophils were extracted from the blood and cultured for the production of heartwater antigen. EDTA proved superior to heparin in terms of the recovery rate and the better separation of neutrophils from other leucocytes. The antigen produced was tested in the indirect fluorescent antibody test (IFAT) and proved to be of good quality. Production of antigen slides by this method is recommended for moderately well-equipped laboratories in heartwater-endemic areas.
- Key words:** Goat - Heartwater - *Cowdria ruminantium* - Antigen - Anticoagulant - Granulocyte - Experimental infection.

Radiation sterilization of *Glossina tachinoides* Westw. pupae.

I. The effect of dose fractionation and nitrogen during irradiation in the mid-pupal phase

M.J.B. Vreysen^{1*}, A.M.V. Van Der Vloedt^{2†}

VREYSEN (M.J.B.), VAN DER VLOEDT (A.M.V.). Stérilisation par irradiation de *Glossina tachinoides* Westw. pupae. I. Effet des doses fractionnées et de l'azote pendant l'irradiation à mi-course de la phase pupale. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 45-51

L'effet de l'azote pendant l'irradiation de pupes de *Glossina tachinoides* ainsi que le fractionnement des doses d'irradiation, ont été étudiés au milieu de la phase pupale (15e au 20e j suivant la larviposition). L'effet protecteur de l'azote contre des irradiations de 10 à 80 Gy de pupes âgées de 15 à 20 jours a été démontré par l'accroissement du taux global d'éclosion, par des niveaux plus élevés de fertilité résiduelle chez les mâles et par des durées de vie plus longues. La proportion des anomalies de reproduction observées chez les femelles accouplées a augmenté avec la dose d'irradiation, chez les pupes les plus jeunes et lorsque le traitement était fait dans l'air. Après traitement de pupes âgées de 15 j, sous azote et à la dose de 10 Gy, la fertilité a atteint 0,068 pupes par femelle mature par jour, contre 0,035 pupes lorsque l'irradiation a eu lieu dans l'air. Cette augmentation n'a pas été observée lors du traitement de pupes âgées de 20 jours. Une dose de 60 à 80 Gy a été nécessaire pour obtenir une stérilité de 95 p. 100 des pupes femelles âgées de 20 jours. Le partage de la dose d'irradiation sous azote en 2 fractions à intervalle de 1, 2 ou 5 jours n'a pas eu d'influence sur le taux global d'éclosion, le taux d'accouplement et la capacité d'insémination des mâles. La stérilité des mâles traités par doses fractionnées séparées par 1 ou 2 jours a été identique à celle des mâles traités par une dose unique au 15e j après larviposition ; mais le taux de mutations létales induites était diminué pour des doses fractionnées séparées par un intervalle de 5 jours. La survie des mâles traités par doses fractionnées était similaire à celle des mâles traités avec une seule dose au 20e j suivant la larviposition ; mais elle était supérieure à celle des mâles traités au jour 15. La fécondité des femelles a été réduite lors du fractionnement de la dose d'irradiation à intervalle de 1 et 2 jours. Une stérilité complète a été obtenue chez les pupes femelles lorsque l'intervalle entre les doses fractionnées était de 5 jours, indépendamment de la dose utilisée. L'irradiation de pupes de *G. tachinoides* au milieu de la phase pupale sous atmosphère d'azote, par des doses fractionnées séparées par 1 ou 2 j (dose totale 40 Gy) ou 5 j (dose totale 60 à 80 Gy), a entraîné une meilleure stérilisation des mâles (longévité supérieure à 20 jours en moyenne et fertilité résiduelle inférieure à 5 p. 100).

Mots clés : *Glossina tachinoides* - Pupa - Stérilisation - Irradiation - Azote - Fractionnement - Lutte anti-insecte - Éclosion - Fertilité - Longévité.

1. Entomology Unit, Joint FAO/IAEA Programme, IAEA Laboratories, A-2444 Seibersdorf, Autriche.

2. Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Insect and Pest Control Section, IAEA, Vienne, Autriche.

* Adresse actuelle : IAEA project URT/5/016, c/o Ministry of Agriculture, Department of Livestock Development, POB159, Zanzibar, Tanzanie.

Reçu le 9.2.1995, accepté le 13.3.1995.

INTRODUCTION

Both laboratory studies and operational field programmes using the Sterile Insect Technique (SIT), have indicated the feasibility of deploying male tsetse flies (*Glossinidae*) of the *morsitans* and *palpalis* group, sterilized by ionizing radiation in the pupal stage (1, 14, 11). A prerequisite for the successful application of the sterile insect technique is the release of highly competitive sterile insects with a behaviour similar to that of wild insects. Previous research on the effect of gamma irradiation on *Glossina tachinoides* pupae has shown that radiation treatment in air is limited to the last third of the pupal development (Vreysen, Van Der Vloedt, unpublished data). Attempts to obtain viable high-quality sterile males by treating pupae during the mid-pupal phase with doses of 10 - 120 Gy failed due to an increased rate of early pupal death because of radiation-induced somatic damage; reduced survival of adult males in the first week after emergence; inferior insemination capacity of the males or sub-optimal sterility levels with low dose radiation treatment. These results made us wonder whether the conditions under which the flies were irradiated led to the observed effects.

Curtis and Langley (1) and Langley *et al.* (8) have demonstrated that irradiation under low oxygen tension e.g. in a nitrogen atmosphere, reduced not only the amount of induced dominant lethals in *G. m. morsitans* males, treated in the late pupal phase, but also the level of somatic damage. The effects of dose fractionation on *G. m. morsitans* pupae of unknown age have in addition been described (2). This prompted us to examine the effect of nitrogen and dose fractionation on the radiation susceptibility of female and male *G. tachinoides* pupae during their mid-pupal phase of development. Reproduction and survival of both sexes was studied in relation to treatment atmosphere, treatment age and interval between fractions.

MATERIAL AND METHODS

Pupae and fly material

All pupae used for the experiments were derived from the *Glossina tachinoides* colony, originating from the Central African Republic, and maintained on a membrane feeding system at the Entomology Unit of the IAEA's labora-

tory in Seibersdorf, Austria. Pupae and adult flies were kept under normal colony conditions *i.e.* $23^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $75 \pm 5\%$ Relative Humidity. All flies were fed daily (except on Sundays) on equal proportions of frozen and thawed bovine and porcine blood (13).

Radiation procedures and experimental design

Batches of 100 pupae, collected on the same day and kept in Petri-dishes (diameter 5.5 cm, height 1.5 cm), were exposed in a ^{60}Co source (dose rate of 6 Gy/min) to irradiation doses ranging between 10 and 80 Gy in air and nitrogen on days 15 and 20 following larviposition. When nitrogen was used, the batches of pupae were transferred from the plastic Petri-dishes to the bottom of a glass container as described by Economopolous (3). For 15 - 20 min, nitrogen flowed through the inlet leading to the bottom of the device, allowing the oxygen to escape through the outlet. Pupae were irradiated in the device and after irradiation transferred to plastic Petri-dishes for completion of development. Maximum exposure of the pupae to the nitrogen atmosphere was 30 min.

All dose fractionation experiments were carried out under nitrogen atmosphere. Doses were split into 2 fractions separated by 1, 2 or 5 days, whereby the first dose of 10 Gy was administered on day 15 post larviposition (PL). Dose rates ranging between 10 and 70 Gy were applied for the second fraction.

Together with each experimental group, a batch of untreated control pupae was kept under standard colony conditions. Emerging flies were collected daily and transferred to standard fly holding cages. Mating procedures and experimental designs to assess male and female reproductive parameters were used as described in a previous paper (10). Male survival was assessed by recording daily mortality but the observations ended after 80 days.

RESULTS

Effect of nitrogen

Eclosion rates of male and female pupae irradiated on day 15 and 20 PL in air and nitrogen atmosphere with doses ranging from 10 to 80 Gy are presented in figure 1. The percentage adult eclosion of pupae irradiated on day 15 in air was significantly reduced as compared with pupae irradiated in nitrogen and control pupae (χ^2 , $p < 0.01$). No such atmosphere-related differences in eclosion rates were found with 20-day-old pupae (χ^2 , $p > 0.05$) except when the irradiation dose was increased to 80 Gy ($\chi^2 = 27.70$, $p < 0.01$). While the majority of the male flies were killed when treated in air as 15-day-old pupae with a dose of 80 Gy ($\chi^2 = 38.88$, $p < 0.01$) no such adverse effect was observed when an irradiation treatment of 60 Gy was administered in nitrogen ($\chi^2 = 0.015$, $p > 0.05$).

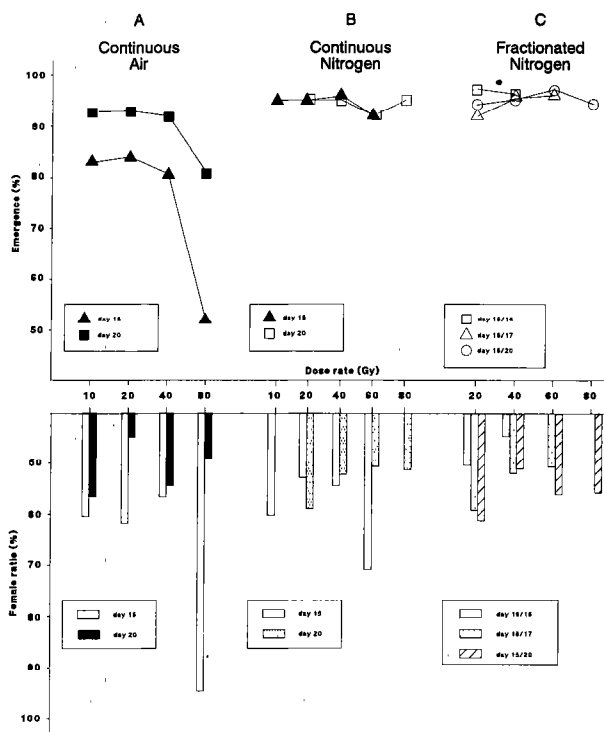


Figure 1 : Emergence rate and female ratio of *G. tachinoides* pupae irradiated during the mid-pupal phase in air (A) and nitrogen (B) on day 15 and 20 following larviposition and in doses split into 2 fractions (C). (1st dose of 10 Gy given on day 15 PL, 2nd dose 1, 2 or 5 days interval).

Fecundity of untreated females mated with males irradiated as 15 - 20-day-old pupae is presented in table I. Irradiation in nitrogen resulted in a substantial increase in male residual fertility as compared to irradiation in air. In addition, this increase in male fertility was related to the pupal age when treatment was given *i.e.* irradiation in nitrogen of 15-day-old pupae resulted in a twofold increase of male fertility versus an eightfold fertility increase for males irradiated as 20-day-old pupae. Fertility was decreased for the same radiation dose given at younger stages. Insemination capacity of the irradiated males was not affected, irrespective of the age of the male pupae during treatment, dose rate or irradiation atmosphere. This was evidenced by 90 to 100 % of the females, mated with treated males, displaying spermathecae impregnated with motile sperm versus 85.7 % of the control females. The average weight of all experimental pupae was significantly reduced as compared with pupae fathered by control males (Student's t-test, $p < 0.01$). Viability of the offspring was comparable with the controls (χ^2 , $p > 0.05$) but whereas irradiation in air gave almost equal proportions of males and females, offspring of the pupae irradiated in nitrogen on day 20 were biased in favour of males (significant only for 20 Gy treatment group, ($\chi^2 = 6.88$, $p < 0.01$). Remarkably, no such bias was observed in offspring fathered by males irradiated in nitrogen on day 15 PL. On the contrary, offspring fathered by males irradiated with 10 Gy were mostly females (91.7 %) ($\chi^2 = 14.37$, $p < 0.01$).

TABLE I
Fertility of *G. tachinoides* males, irradiated as pupae in air, nitrogen, in single and in fractionated doses and mated with untreated colony females

Irradiation 1 day/atm./dose (1)	Irradiation 2 day/atm./dose	Puparia produced (no.)	Mean puparial weight (mg) ± SD	Fecundity [3]	Production relative to control	Emergence/ females %
Control		83	18.7 ± 2.8	0.091	100	90.0 / 44.4
15 / A / 10	—	9	15.2 ± 3.2	0.017	19.1	88.9 / 3/8
20 / A / 20	—	4	12.6 ± 1.7	0.005	5.9	3/4 / 1/3
15 / N / 10	—	26	14.5 ± 2.9	0.032	34.6	88.5 / 91.7
/20	—	18	16.1 ± 2.6	0.024	26.6	77.8 / 50.0
/40	—	1	—	0.000	2.2	1/1 / 1/1
20 / N / 10	—	25	15.8 ± 1.6	0.041	44.6	84.0 / 19.0
/20	—	16	16.1 ± 2.1	0.025	27.9	87.5 / 31.3
/60	—	6	15.2 ± 1.3	0.009	9.3	5/6 / 1/5
/80	—	6	16.2 ± 2.2	0.009	10.0	5/6 / 1/5
15 / N / 10	16 / N / 10	19	15.6 ± 2.5	0.022	23.6	68.4 / 30.8
	/30	3	17.3 ± 0.6	0.005	5.4	2/3 / 1/2
15 / N / 10	17 / N / 10	9	15.6 ± 2.4	0.025	27.1	8/9 / 2/8
	/30	4	15.2 ± 2.2	0.006	6.7	4/4 / 1/4
15 / N / 10	17 / N / 10	19	16.5 ± 2.5	0.032	34.6	84.2 / 37.5
	/30	9	15.1 ± 0.6	0.013	13.7	7/9 / 3/7
	/50	2	11.6 ± 2.4	0.003	3.6	1/2 / 1/1
	/70	1	—	0.002	1.9	1/1 / 0/1

1. Day: Days post larviposition, Atm. : Irradiation atmosphere (A = Air, N = Nitrogen), Dose: Gy.
2. Survival relative to mature female days.
3. No. pupae per mature female day.

Analysis of the reproductive status of the female mates revealed data confirming the fertility results *i.e.* the percentage of observed reproductive abnormalities due to radiation-induced sterility (and consequently the number of expelled dead embryos) was correlated with: pupal age when treatment was given; irradiation atmosphere and radiation dose (fig. 2). About 70 % of females mated with males irradiated in air as 15 and 20-day-old pupae with doses of 10 and 20 Gy respectively showed an empty uterus due to expulsion of the degenerating egg, or a degenerating egg *in utero*, whereas in a nitrogen atmosphere, a dose of 40 Gy was required to obtain the same amount of aberrations in the ovarian configuration and the uterus content.

Survival curves of untreated males and males treated as 15 - 20-day-old pupae in air and nitrogen are presented in figure 3. Survival of males irradiated in nitrogen was dramatically increased as compared with males irradiated in air. Whereas after 20 days, 50 and 58.5 % of the males, irradiated with 10 - 20 Gy in air as 15 - 20-day-old pupae respectively had already died, mortality was only 21.1 and 10.8 % when the same treatment was given in nitrogen. Survival curves of control males resembled those of males irradiated in nitrogen on day 20 PL with doses up to 60 Gy (> 50 % of the males surviving day 70). When the dose was increased to 80 Gy, 50 % of the

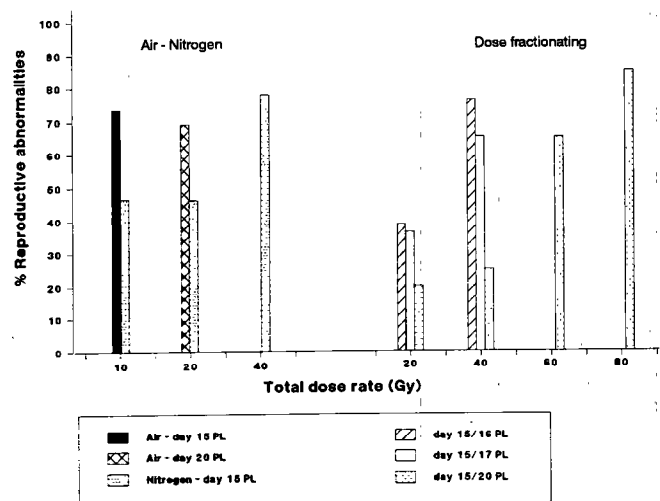


Figure 2 : Frequency distribution of reproductive abnormalities in female *G. tachinoides* mated with males irradiated as pupae in air and nitrogen atmosphere and in doses split into 2 fractions 1,2 and 5 days apart.

males were still alive on day 58 following emergence. Moreover, males treated on day 20 PL with a dose of 20 Gy in nitrogen survived better than control males (LT_{50} of 81 days vs 75 for control males).

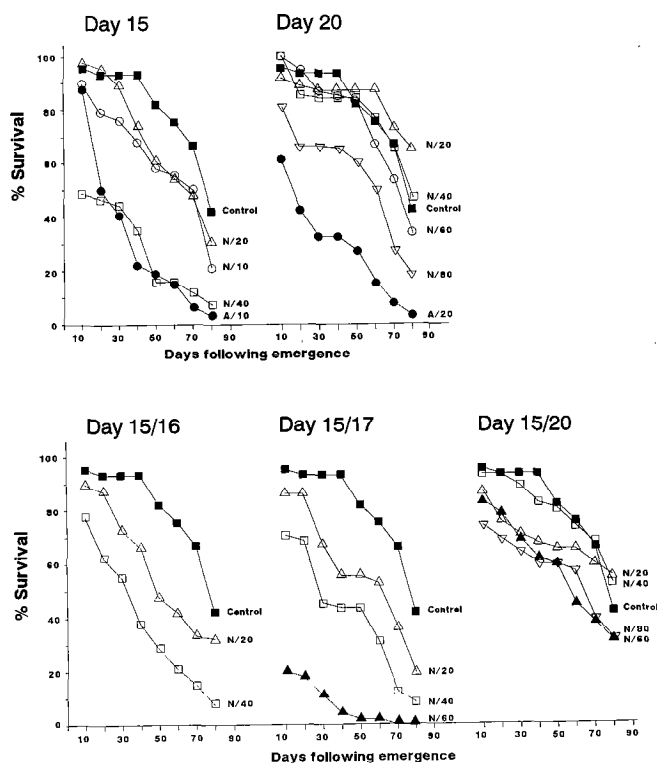


Figure 3 : Survival curves of male *G. tachinoides* irradiated with continuous doses in air (A) and nitrogen (N) atmosphere on day 15 and 20 following larviposition (top graphs) and with doses split into two fractions (bottom graphs) (1st dose of 10 Gy was administered on day 15 post larviposition, 2nd dose was given 1, 2 and 5 days apart). Figures on graph indicate total dose received (in Gy).

Fecundity of females, irradiated as 15-day-old pupae, increased from 0.035 pupa per mature female day (37.5 % residual fertility) when a 10 Gy treatment was given in air to 0.068 pupa/mature female day (74.8 % residual fertility) when the same irradiation dose was given in nitrogen (table II). No such nitrogen-related increase in fertility occurred when treated on day 20 PL (residual fertility decreased from 15.6 to 8.3 % for females irradiated with 20 Gy in air and nitrogen respectively). A high degree of sterility (> 95 %) was only observed in females treated in nitrogen with 60 and 80 Gy as 20-day-old pupae. Mating receptivity of females in all experimental groups was normal (> 95 % mating scars) except for the females irradiated in nitrogen with 40 Gy as 15-day-old pupae. The number of expelled eggs per mature female decreased from 1.5 for females treated in air with 10 Gy as 15-day-old pupae to 0.7 for treatments in nitrogen, but increased from 0.6 to 0.9 for a treatment with 20 Gy given to 20-day-old pupae. The number of expelled immature larvae, however, increased from 0.1/mature female for females treated on day 15 PL in air to 0.4/mature female for females treated in nitrogen.

Effect of dose fractionating

Splitting the radiation dose into 2 fractions separated by 1, 2 or 5 days had no significant effect on the eclosion rate of both male and female flies (fig. 1). More than 92 % of all the experimental pupae emerged which was comparable with the eclosion rate of the untreated pupae (χ^2 , $p > 0.05$).

Female reproduction rates were similar when doses were split into fractions separated by 1 or 2 days as compared with reproduction of females mated with males who had received the same dose rate in a single dose on day 15 PL (table I). Increasing the time interval between the first and second dose to 5 days resulted in a higher residual male fertility as compared with fertility of males given a continuous dose on day 15 PL, but was slightly less as compared with males irradiated in a single dose on day 20 PL. Dissections revealed that males displayed normal mating vigour (> 93 % of females with mating scars) and insemination capacity with more than 90 % of their female mates being inseminated (with the exception of males irradiated in split doses (20 Gy) 2 days apart). Average weight of produced pupae was comparable with the weight of pupae fathered by males receiving a continuous dose ($p > 0.05$). Although the sex ratio of offspring was in general biased in favour of males, the differences were not significant (χ^2 , $p > 0.05$).

For a given radiation dose, the proportion of reproductive abnormalities was comparable for females mated with males irradiated in a single dose on day 15 PL or with doses split 1 day apart. The percentage of reproductive abnormalities decreased when doses were separated by 2 and 5 days (fig. 2).

Survival of males treated with doses split in 2 fractions 1 and 2 days apart was slightly better (40 Gy treatment) or resembled (20 Gy treatment) the survival curve of males irradiated on day 15 with a single dose (fig. 3). Males irradiated in fractions on day 15 and 20 PL survived better for the same radiation dose as compared with males irradiated in one continuous dose on day 15 but had similar survival rates as males treated in one dose on day 20.

Females irradiated with 20 Gy in doses split into fractions had comparable survival rates as females treated with a continuous dose. However, when doses were increased to 40 Gy and administered in one dose on day 15 PL, more than 80 % of the females had died on day 40 following emergence. Survival rates increased to 66.8, 87.5 and 93.3 % when the fractions were separated by 1, 2 and 5 days. Receptivity to mating of females treated with 40 Gy in doses 1 and 2 days apart remained below the control level (< 75 % inseminated) but all females were found with motile sperm in the spermathecae when doses were separated by 5 days. Splitting the

TABLE II
Fertility of *G. tachinoides* females, irradiated as pupae in air, nitrogen, in single and in fractionated doses and mated with untreated colony males

Irradiation 1 day/atm./dose (1)	Irradiation 2 day/atm./dose	Female survival day 40 % (2)	No. puparia produced	Mean puparial weight (mg) ± SD	Fecundity (3)	Production relative to control	No. of aborted eggs/ female larvae/ female	Emergence/ females %	
Control		93.8	83	18.7 ± 2.8	0.091	100	0.6	0.1	90.0 / 44.4
15 / A / 10	— / — / —	100	16	15.1 ± 2.3	0.035	37.5	1.5	0.1	93.8 / 33.3
20 / A / 20	— / — / —	100	5	16.0 ± 2.5	0.014	15.6	0.6	0.1	3/5 / 2/3
15 / N / 10	— / — / —	86.6	70	16.8 ± 2.1	0.068	74.8	0.7	0.4	94.1 / 53.1
20	— / — / —	91.6	68	13.9 ± 3.6	0.065	71.4	1.0	0.2	73.8 / 41.7
40	— / — / —	18.3	1	—	0.007	8.1	1.1	0.3	0.0 / 0.0
20 / N / 20	— / — / —	97.5	6	15.9 ± 1.5	0.008	8.3	0.9	0.0	5/6 / 4/5
40	— / — / —	93.1	7	16.4 ± 1.9	0.010	11.4	0.2	0.0	5/7 / 4/5
60	— / — / —	92.1	3	16.0 ± 1.4	0.005	4.9	0.2	0.0	2/3 / 1/2
80	— / — / —	96.1	0	—	0.000	0.0	0.1	0.0	—
15 / N / 10	16 / N / 10	91.2	47	14.9 ± 2.9	0.056	61.3	1.2	0.1	71.7 / 57.6
	30	66.8	9	11.5 ± 3.7	0.014	14.9	1.0	0.3	3/9 / 2/3
15 / N / 10	17 / N / 10	93.7	72	14.7 ± 3.4	0.060	65.8	0.8	0.2	63.6 / 42.9
	30	87.5	30	14.1 ± 3.0	0.038	41.4	1.1	0.2	55.2 / 75.0
15 / N / 10	20 / N / 10	96.4	2	—	0.003	2.9	1.0	0.0	2/2 / 0/2
	30	93.3	0	—	0.000	0.0	0.2	0.0	—
	50	97.8	2	—	0.003	2.7	0.0	0.0	2/2 / 1/2
	70	89.1	0	—	0.000	0.0	0.0	0.0	—

1. Day: Days post larviposition, Atm.: Irradiation atmosphere (A = Air, N = Nitrogen), Dose: Gy.

2. Survival relative to mature female days.

3. No. pupae per mature female day.

radiation dose in two fractions reduced fecundity of the females slightly (61.2 and 65.8 % residual fertility for fractions given 1 and 2 days apart vs 71.4 % when the dose was given on day 15 PL). When fractions were separated by 5 days, residual fertility remained below 3 %, irrespective of the irradiation dose.

Optimal radiation procedures

Figure 4 presents the relationship between male fertility (expressed as the number of pupae produced (per mature female day) of their female mates) and survival rate expressed as LT_{50} (time elapsing to obtain 50 % mortality). The top graph shows that irradiation on day 15 PL in nitrogen resulted in a 25 % loss in sterility as compared with irradiation in air, but survival was increased threefold (from LT_{50} of 20 to 68 days). The level of sterility was even more reduced (40 % loss) when the irradiation in nitrogen treatment was administered on day 20 PL, but average longevity was increased 4 times. The bottom graph indicates that fractionating of the doses was not accompanied with a loss in sterility except when fractions were separated by 5 days. Viability was however considerably increased. High-quality ($LT_{50} > 20$ days) sterile (residual fertility < 5 %) males could be obtained by irra-

diating pupae in nitrogen during the mid-pupal phase in 2 fractions separated by 1 and 2 days (total dose 40 Gy) and 5 days apart (total dose of 60 and 80 Gy).

DISCUSSION

The effect of irradiation in the absence of oxygen on the amount of induced lethal mutations and of somatic injury is very well documented for various insects. The protective effect of nitrogen is related to the absence of hydrogen peroxide, a mutation-inducing molecule which is produced as oxygen reacts with hydrogen atoms originating from water ionized by radiation (3). The use of nitrogen during irradiation of *G. tachinoides* pupae in the mid-pupal phase (day 15 - 20 following larviposition) reduced sterility levels of adult males by 20 to 40 % as compared to irradiation in air and increased their average longevity 3 to 4 times. These results are in agreement with the findings of Curtis and Langley (1) on *G. m. morsitans* pupae, irradiated in the late pupal phase.

The effect of dose fractionation on male fertility seems dependent on the insect species and the development stage when the fractions are applied. Similar levels of sterility were obtained after exposing male pupae of *Spodoptera littoralis* Boisd. (cotton leaf worm) to X-rays in one continuous dose or in various fractions (12). Likewise, exposure of *Ceratitidis capitata* (Mediterranean fruit fly) and

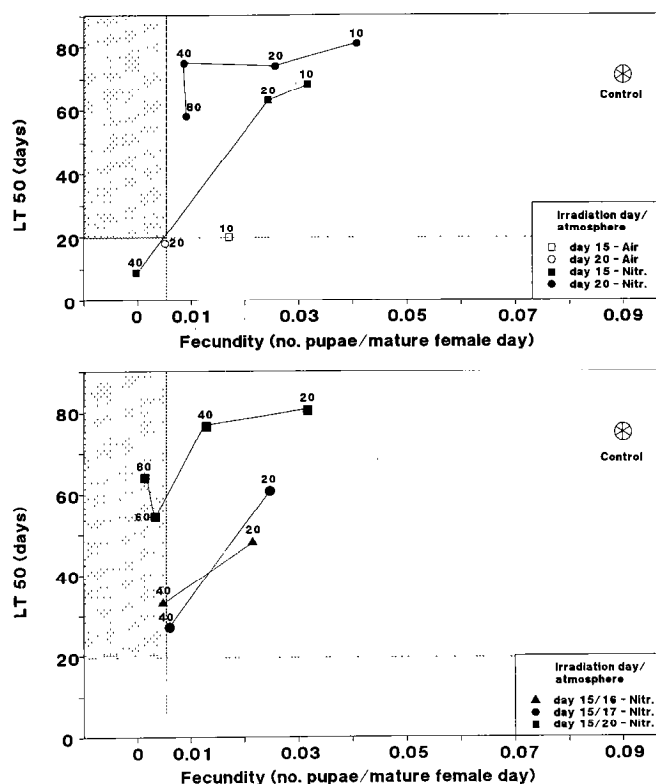


Figure 4 : Fertility and LT50 of male *G. tachinoides* irradiated as pupae in air and nitrogen atmosphere (top graph) on day 15 and 20 following larviposition and in doses split into two fractions (bottom graph) (1st dose of 10 Gy was given on day 15 PL, 2nd dose on day 16, 17 or 20 PL). Figures on graph indicate the irradiation dose in Gy. Shaded area indicates males with an LT50 above 20 days and a residual fertility < 5 % of untreated controls.

Sitophilus granarius pupae to fractionated doses of gamma radiation resulted in the same levels of induced lethal mutations as those obtained after continuous exposure of the same total dose (6, 9). Slightly lower levels of induced sterility were obtained with sperm of male *G. m. morsitans* treated in fractionated doses (2). These experiments with *G. tachinoides* pupae treated during the mid-pupal phase indicate that sterility levels are significantly influenced by the timing of the radiation treatment *i.e.* a treatment given in a single dose on day 15 or split into fractions on day 15, 16 or 17 resulted in similar levels of sterility. All these treatments coincide with the process of spermiogenesis occurring between day 12 and 18 (5). Spermatids have been formed and irradiation in a single dose or in fractions seems not to influence the degree of chromosomal damage. However, when the treatment interval is increased to 5 days, the second dose is administered to sperm reaching maturity. A higher second fraction is then required to obtain the same level of sterility. Moreover, these males showed lower fertility levels as compared with males treated in one continuous dose on day 20 PL, indicating a differential radiosensitivity of spermatids and spermatozoa related to age.

Even more significant is the increase in average male longevity when doses are split into 2 or more fractions, although some insect species *e.g.* the adult boll weevil (*Anthonomus grandis*) are exceptional in this respect (4). The reduction in somatic injury by dose fractionation is generally attributed to repair mechanisms at the molecular level or replacement of damaged cells during the interval after the first radiation dose (6). Our data with *G. tachinoides* pupae indicate that cell recovery and consequently male survival are significantly influenced by the timing of treatment, the interval between fractions and the total dose received. Dose fractionation had no significant impact on fly survival with low doses (20 Gy) administered at 1 or 2 day intervals. The increase in survival became more apparent with higher radiation doses and longer intervals. However, cytological studies, analyzing the impact of gamma radiation on spermatids, spermatozoa and on the mechanism of cell damage and repair, would be required to clarify some of our observations.

From a practical point of view, the most meaningful result from our experiments is the observation that *G. tachinoides* pupae can be irradiated during the mid-pupal phase to obtain sterile males with survival rates comparable to those of untreated males. For this, however, the pupae must be irradiated in a nitrogen atmosphere and the dose must be split into at least 2 fractions. (The effect of more fractions has not been studied as Jefferies (6) observed that the most significant somatic recovery occurs between the first and second fraction.) Although these procedures require certain logistic prerequisites and are more cumbersome than simple radiation treatments in air, more flexibility is allowed in the management of long-distance shipment of pupal material. Moreover, various reports have indicated the superior competitiveness of insects treated in nitrogen (1) and with doses split into fractions (9). More in-depth laboratory and field studies on the behaviour and competitiveness of *G. tachinoides* males when treated in the mid-pupal phase could consolidate our observations of their high biological quality and could prove the procedure to be a valid option for application in the field.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Drs. J.C. van Lenteren and W. Takken, Wageningen Agricultural University and Drs. D.A. Lindquist and H.U. Feldmann, Joint FAO/IAEA Division, IAEA, Vienna for reading the manuscript. In addition, our thanks are due to the technical staff of the Entomology Unit, Agency's laboratory, Seibersdorf for the pupal collection, feeding and maintaining of the experimental flies. The assistance of Dr. H. Barnor during some of the fly dissection work is highly appreciated.

REFERENCES

1. CURTIS C.F., LANGLEY P.A., 1972. Use of nitrogen and chilling in the production of radiation-induced sterility in the tsetse fly *Glossina morsitans*. *Entomologia exp. appl.*, 15: 360-376.
2. DEAN G.J., WORTHAM S.M., 1969. Effects of gamma radiation on the tsetse fly *Glossina morsitans* Westwood. *Bull. ent. Res.*, 58: 505-519.
3. ECONOMOPOULOS A.P., 1977. Gamma-ray sterilization of *Dacus oleae* (Gmelin). Effect of nitrogen on the competitiveness of irradiated males. *Z. angew. Ent.*, 83: 86-95.
4. FLINT H.M., BIBOW W.R., LAHREN C.K., 1966. Radiation studies with the Boll Weevil: Lethal Effects on Larvae, Pupae and Adults; Male Sterility and Dose Fractionation. *J. econ. Ent.*, 59: 1249-1255.
5. ITARD J., 1970. L'appareil reproducteur mâle des glossines (Diptera : Muscidae). Les étapes de sa formation chez la pupa. La spermatogénèse. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 23 (1): 57-81.
6. JEFFERIES D.J., 1962. The effects of continuous and fractionated doses of gamma-radiation on the survival and fertility of *Sitophilus granarius* (*Calandra granaria* L.). In: Radioisotopes and radiation in entomology. Vienna, Austria, IAEA, 1962, p. 213-229.
7. LANGLEY P.A., MALY H., 1971. Control of the Mediterranean Fruit Fly (*Ceratitis capitata*) using sterile males: effects of nitrogen and chilling during gamma-irradiation of puparia. *Entomologia exp. appl.*, 14: 137-146.
8. LANGLEY P.A., CURTIS C.F., BRADY J., 1974. The viability, fertility and behaviour of tsetse flies (*Glossina morsitans*) sterilized by irradiation under various conditions. *Entomologia exp. appl.*, 17: 97-111.

VREYSEN (M.J.B.), VAN DER VLOEDT (A.M.V.). Radiation sterilization of *Glossina tachinoides* Westw. pupae. I. The effect of dose fractionation and nitrogen during irradiation in the mid-pupal phase. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1): 45-51

A study was carried out to analyze the effect of nitrogen during radiation and dose fractionation on *Glossina tachinoides* pupae during the mid-pupal phase (day 15 - 20 following larviposition (PL)). The radiation protective effect of nitrogen during treatments of 10 - 80 Gy of 15 - 20-day-old pupae was demonstrated by an increased total eclosion rate (for 15-day-old pupae), higher residual male fertility levels (34.6 and 44.6 % for 15 and 20-day-old pupae treated in nitrogen respectively versus 19.1 and 5.9 % for treatments in air) and distinctive longer life spans. The proportion of reproductive abnormalities observed in their female mates increased with increased radiation dose, when treated at younger pupal stages and following treatment in air. After treatment of 15-day-old pupae with 10 Gy in nitrogen, female fertility was 0.068 pupae per mature female day as compared to 0.035 pupae/m.f.d. in air. No such increase was observed when treated as 20-day-old pupae. A dose of 60 - 80 Gy in nitrogen administered to 20-day-old female pupae was required to obtain 95 % sterility. Splitting the radiation dose in nitrogen atmosphere in 2 fractions 1, 2 and 5 days apart (first dose of 10 Gy given on day 15 PL) did not influence the total eclosion rate, mating response or insemination capacity of the male flies. Sterility of males treated in fractions separated by 1 and 2 days was similar to the level in those given a continuous dose on day 15 PL but the level of induced lethal mutations decreased with fractions separated by 5 days. Survival of the males treated in fractionated doses was similar as compared with males treated with one continuous dose on day 20 PL but better when compared with males treated with one continuous dose on day 15 PL. Female fecundity was reduced by splitting the radiation dose in fractions 1 and 2 days apart. Complete sterility was induced in female pupae when fractions were separated by 5 days, irrespective of the radiation dose used in this study. Irradiation of *G. tachinoides* pupae in the mid-pupal phase in nitrogen with doses split in 2 fractions separated by 1 or 2 days (total dose of 40 Gy) or 5 days (total dose of 60 - 80 Gy) resulted in high quality (average longevity > 20 days), sterile (residual fertility < 5 %) male flies.

Key words : *Glossina tachinoides* - Pupa - Sterilization - Irradiation - Nitrogen - Fractionation - Insect control - Hatching - Fertility - Longevity.

9. MAYAS I.A., 1975. Effets du fractionnement de la dose stérilisante de rayons gamma sur l'émergence, la fertilité et de la compétitivité de la mouche Méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* Wied. In: Sterility Principle for Insect Control, Proceeding FAO/IAEA Symposium, Innsbruck, 22-26 July 1974, Vienna, Austria, IAEA-SM-186/63, p. 229-235.

10. VREYSEN M.J.B., VAN DER VLOEDT A.M.V., BARNOR H. Comparative gamma radiation sensitivity of *Glossina tachinoides* Westw., *Glossina fuscipes fuscipes* Westw. and *Glossina brevipalpis* Newst. (Diptera, Glossinidae). (Submitted)

11. VAN DER VLOEDT A.M.V., TAHER M., CZOCK K.H., MALEK-GHASSEMI B., HASELBERGER N., 1976. Laboratory studies on the sexual sterilization of the tsetse fly *Glossina palpalis palpalis* (Robineau-Desvoidy) by ionizing radiation. III. The effect of fast neutron irradiation on male and female pupae of different age. IAEA Technical report presented at the RCM meeting, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 1976.

12. WAKID A.M., ELBADRY E.A., HOSNY M.M., SALLAM H.A., 1972. Studies on the Dose-Fractionation, Mating Competitiveness and Restoration of Egg Viability in Gamma Irradiated populations of the cotton leaf worm, *Spodoptera littoralis* Boisid. *Z. ang. Ent.*, 72: 330-335.

13. WETZEL H., LUGER D., 1978. In Vitro Feeding in the Rearing of Tsetse flies (*Glossina m. morsitans* and *Glossina p. palpalis*, Diptera: Glossinidae). *Tropenmed. Parasit.*, 29: 239-251.

14. WILLIAMSON D.L., BAUMGARTNER H.H., MTUYA A.G., GATES D.B., COBB P.E., DAME D.A., 1983. Integration of insect sterility and insecticides for control of *Glossina morsitans morsitans* Westwood (Diptera: Glossinidae) in Tanzania. II. Methods of sterilization, transportation and release of sterilized males. *Bull. ent. Res.*, 73: 267-273.

VREYSEN (M.J.B.), VAN DER VLOEDT (A.M.V.). Esterilización por radiación de *Glossina tachinoides* Westw. pupas. I. Efecto de una dosis fraccionada y del nitrógeno durante la irradiación en la fase pupal media. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 45-51

Se estudió el efecto del nitrógeno durante la irradiación de las pupas de *Glossina tachinoides*, así como el fraccionamiento de las dosis de irradiación en el medio de la fase pupal (15 a 20 d después de la postura de las larvas). Se demostró el efecto protector del nitrógeno contra las irradiaciones de 10 a 80 Gy, en pupas de 15 a 20 días, mediante el aumento de la tasa global de eclosión, por el aumento de los niveles de fertilidad residual en los machos, así como por una prolongación de la vida media. La proporción de anomalías de la reproducción observadas en las hembras acopladas, aumentó con la dosis de irradiación, en las pupas jóvenes, así como cuando el tratamiento se administró en el aire. Después del tratamiento, las pupas de 15 d, bajo nitrógeno y a dosis de 10 Gy, alcanzaron una fertilidad de 0,068 pupa por hembra adulta por día, contra 0,035 pupa en caso de irradiación en el aire. Este aumento no fue observado durante el tratamiento de las pupas de 20 d. Una dosis de 60 a 80 Gy fue necesaria para alcanzar una esterilidad del 95 p. 100 de las pupas hembras de 20 días. La división de la dosis de irradiación bajo nitrógeno, en 2 fracciones a intervalos de 1, 2 o 5 días no influyó sobre la tasa global de eclosión, la tasa de copulación o la capacidad de inseminación de los machos. La esterilidad de los machos tratados con dosis fraccionadas, separadas por 1 o 2 d, fue idéntica a la de los machos tratados con una dosis única al día 15 post-postura, pero la tasa de mutaciones letales inducidas fue reducida con las dosis fraccionadas, separadas por intervalos de 5 d. La sobrevivencia de los machos tratados con dosis fraccionadas fue similar a la de los machos tratados con una sola dosis al día 20, pero fue superior a la de los machos tratados al día 15. La fecundidad de las hembras se redujo con el fraccionamiento de la dosis de irradiación a intervalos de 1 y 2 días. La esterilidad completa en las pupas hembras fue obtenida con un intervalo entre las dosis fraccionadas de 5 d, independientemente de la dosis utilizada. La irradiación de las pupas de *G. tachinoides* en medio de la fase pupal, bajo atmósfera nitrogenada, con dosis fraccionadas separadas por 1 o 2 d (dosis total de 40 Gy) o 5 días (dosis total de 60 a 80 Gy), condujo a una mayor esterilización de los machos (longevidad superior a 20 días en promedio y fertilidad residual inferior a 5 p. 100).

Palabras clave : *Glossina tachinoides* - Pupa - Esterilización - Irradiación - Nitrógeno - Fraccionamiento - Lucha contra los insectos - Eclosión - Fertilidad - Longevidad.

Radiation sterilization of *Glossina tachinoides* Westw. pupae.

II. The combined effects of chilling and gamma irradiation

M.J.B. Vreysen ^{1*}, A.M.V. Van Der Vloedt ^{2†}

VREYSEN (M.J.B.), VAN DER VLOEDT (A.M.V.). Stérilisation par irradiation de *Glossina tachinoides* Westw. pupae. II. Effets combinés du froid et des rayons gamma. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 53-61

Des femelles et des mâles de *Glossina tachinoides* Westwood ont été exposés, à l'état de pupes âgées de 5 jours, à une température de 15°C pendant des périodes allant de 9 à 21 jours. Le développement pupal des femelles a été retardé de 10,4 et 18,4 j et celui des mâles de 9,9 et 18,4 j, pour les pupes dont la durée d'incubation était respectivement de 9 et 21 j. L'éclosion pupale n'a été troublée que pour les périodes de refroidissement excédant 15 jours. Une durée de refroidissement de 9 j n'a pas affecté la réponse à l'accouplement, l'aptitude à l'insémination et la fertilité des mâles exposés à l'état de pupes, mais leur durée de survie a été réduite de façon significative de 52,1 ± 26,2 j à 35,3 ± 18,8 j. La survie des femelles adultes a été réduite, après exposition à l'état de pupes à des périodes de refroidissement dépassant 12 jours. Après 9 j d'incubation à 15°C, les femelles ont cependant produit 11 p. 100 de pupes en moins par rapport aux non traitées. Les pupes mises en incubation à 15°C pendant 9 j, à l'âge de 5 ou 10 jours, ont été irradiées avec des doses de 10 et 20 Gy sous air ou sous azote pendant 1 h, 7 h, 1, 3, et 5 j après traitement par incubation. En général, le taux d'éclosion, la fertilité des mâles et leur survie moyenne ont augmenté quand le traitement aux rayons a été effectué sous azote et lorsque le refroidissement et l'irradiation ont été appliqués tardivement dans la vie des pupes. Seuls les mâles soumis à refroidissement pendant 9 j à l'état de pupes à l'âge de 5 j, et irradiés avec une dose de 10 Gy sous air au 20e j PL (post-larviposition), ont montré une fertilité inférieure à 5 p. 100 et ont survécu en moyenne au-delà de 20 jours. La survie de toutes les femelles de l'expérience s'est trouvée réduite si on la compare à celle des animaux témoins. Leur réceptivité à l'accouplement est restée cependant normale dans la plupart des cas. La stérilité complète a été obtenue chez les femelles en pupaison incubées à 15°C pendant 9 j à l'âge de 5 j, et irradiées avec 10 Gy en atmosphère d'air entre le 15e et le 20e j après la larviposition. Il en est de même chez les femelles incubées à 15°C pendant 9 jours à l'état de pupes âgées de 10 j et traitées avec 10 Gy sous air aux 20e et 21e j de leur vie pupale.

Mots clés : *Glossina tachinoides* - Pupe - Stérilisation - Irradiation gamma - Résistance à la température - Azote - Lutte anti-insecte - Éclosion - Fertilité - Longévité.

1. Entomology Unit, Joint FAO/IAEA Programme, IAEA Laboratories, A-2444 Seibersdorf, Autriche.

2. Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Insect and Pest Control Section, IAEA, Vienne, Autriche.

* Adresse actuelle : IAEA project URT/5/016, c/o Ministry of Agriculture, Department of Livestock Development, POB159, Zanzibar, Tanzanie.

Reçu le 9.2.1995, accepté le 13.3.1995.

INTRODUCTION

Previous radiation research carried out on *Glossina tachinoides* pupae has acknowledged the feasibility of irradiating pupae in air during the late pupal phase without a significant reduction in male fly quality (Vreysen and Van Der Vloedt, unpublished data). The brief interval between irradiation and eclosion of the flies remains a constraint when pupae have to be dispatched for long-distance transport. It is worthwhile to evaluate manipulation techniques to increase the total time for preparing and transporting pupae i.e. pupae can be irradiated at earlier stages or efforts can be made to arrest pupal development. Vreysen and Van Der Vloedt (13) have shown that high-quality sterile *G. tachinoides* males can be obtained by treating pupae with ionizing radiation during the mid-pupal phase (day 15-20 post larviposition) (PL). This, however, requires the use of nitrogen during the radiation treatments and the splitting of the radiation dose into at least two fractions.

The major factor influencing the duration of pupal development is the ambient temperature (3). The total development period from pupation to emergence can be substantially extended by exposing pupae to low temperatures. Cooling of pupae to inhibit male eclosion after the female eclosion flush has been used successfully during the SIT pilot trial with *G. m. morsitans* in Tanzania. Storing the male pupae during their late pupal phase at 10 ± 1°C for 4 days combined with an irradiation treatment in nitrogen did not affect male eclosion (16) or male quality after release in the field (17).

This paper presents the results of a study analyzing the effects of prolonged periods (9-21 days) of low temperature incubation (15°C) of *G. tachinoides* pupae and the combined effects of gamma irradiation treatments at ambient temperatures in air and nitrogen. The parameters examined were the pupal development period, eclosion, fertility and survival of both male and female flies.

MATERIAL AND METHODS

All *G. tachinoides* pupae used for the experiments were derived from the mass-rearing colony maintained at the Entomology Unit of the IAEA laboratories in Vienna (Austria). Experimental adult male and female flies were maintained under standard holding conditions (23 ± 1°C and 75 ± 5 % R.H.) together with untreated controls as described earlier (13).

The effects of long-term incubation at low temperatures was assessed by exposing batches ($n = 100$) of 5-day-old pupae at $15 \pm 1^\circ\text{C}$ in an incubator for 9, 12, 15, 18 or 21 days and a batch ($n = 100$) of 10-day-old pupae for 9 days. Relative humidity was maintained at $75 \pm 5\%$. Afterwards, all experimental pupae were transferred to the insectary to complete their development under standard holding conditions.

For the assessment of the combined effects of chilling and irradiation, batches ($n = 100$) of 5-day-old (incubation group I) and 10-day-old (incubation group II) pupae were incubated for 9 days at $15 \pm 1^\circ\text{C}$ prior to the irradiation treatments. Pupae were irradiated with doses of 10 and 20 Gy in a ^{60}Co source (dose rate 6 Gy/min) 1 h, 7-8 h, 1, 3 and 5 days respectively after incubation. Irradiation in nitrogen atmosphere was carried out as described in a previous paper (13), while collection of emerging flies and experimental procedures to assess reproductive parameters were performed as described by Vreysen *et al.* (14).

RESULTS

Effects of low temperature (15°C) incubation

The eclosion rate and average pupal period of female and male *G. tachinoides*, incubated at 15°C as 5-day-old pupae for 9 to 21 days and as 10-day-old pupae for 9 days, are presented in figure 1. An average pupal period of 34.2 ± 0.5 and 36.9 ± 0.6 days was recorded for female and male pupae respectively under the prevailing standard holding conditions. The 9-day chilling period delayed female and male development, with 10.4 and 9.9 days respectively, whereas female and male pupae exposed to 15°C for 21 days required 52.6 ± 0.6 days and 55.3 ± 0.7 days for completion of their development. A difference of 1.04 days in average development period was recorded between female and male pupae incubated at 15°C for 9-15 days. This sex-related difference was comparable to the one observed for untreated pupae (1.07 days) but was increased to 2.7 and 3.1 days with longer chilling periods. Adult eclosion was not adversely affected by cooling periods up to 12 days (88 - 94 % eclosion versus 92 % for control pupae (χ^2 , $p > 0.05$), but longer cooling periods reduced fly eclosion significantly to 82 - 86 % (χ^2 , $p < 0.01$).

The mating response of all experimental adult males was normal with $> 81\%$ of the female mates showing mating scars. Male insemination capacity, however, dropped from 97.4 to 89 % and 66.6 - 30 % for males exposed to 15°C as 5-day-old pupae for 9, 12 and 15 - 21 days respectively. Sperm quality of males exposed to 15°C for 9 days as 5- and 10-day-old pupae was not affected as evidenced by a fertility of 0.083 and 0.098 pupae per mature female day respectively (control females produced 0.081 pupae/mature female day) (table I). Cooling male pupae

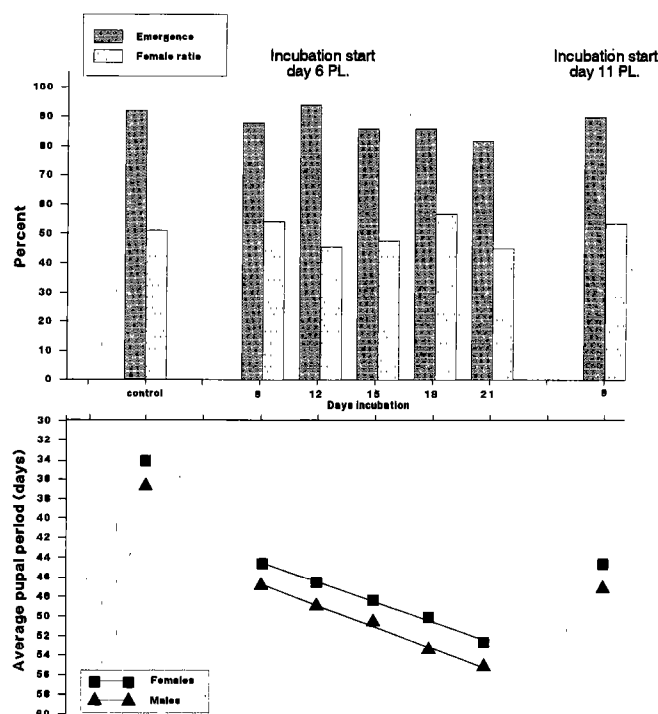


Figure 1 : Eclosion rate and average pupal period of *G. tachinoides* pupae incubated for various periods at 15°C .

for 12 days reduced their fertility with 11 % as compared with untreated males. Longer cooling periods reduced male fertility proportionally with the length of incubation. These data were corroborated by the dissection data of the female flies. The proportion of inseminated females showing aberrations in the ovarian configuration and uterus content did not exceed 3 % for females mated with males incubated for 9 days. This percentage of females displaying reproductive abnormalities increased to 4.8 - 13.8 % for females mated with males incubated at 15°C for longer periods. Viability of offspring was normal, however (eclosion rate $> 87\%$), with sex ratios slightly biased in favour of females (only significant for 15 day cooling group ($\chi^2 = 4.22$, $p < 0.05$).

Unchilled control males lived on average for 52.1 ± 26.2 days (fig. 2). Incubation at 15°C of 5- and 10-day-old male pupae for 9 days reduced the average longevity of the adult males significantly ($p < 0.01$) with 16.8 and 19.2 days respectively. Average life spans of adult males were proportionally decreased when cooled as pupae for longer periods. An average life span of 16.5 ± 10.2 days was recorded for males incubated at 15°C as pupae for 21 days.

Untreated female flies and females cooled as 5- and 10-day-old pupae for 9 days and 5-day-old pupae for 12 days showed comparable survival rates during the 45-day experimental period (table I). Increasing the cooling period to 15, 18 and 21 days reduced female survival significantly (38.8, 28.2 and 12.6 % survivors respectively on day 45). Although more than 83 % of all experimental females

TABLE I
Fertility of female and male *G. tachinoides* incubated as pupae at 15 °C for 9 to 21 days and mated with untreated colony flies
(Experimental groups of 40 flies, control = 80 flies)

Incubation period (1)	Female survival day 45 % (2)	No. puparia produced	Mean puparial weight (mg) ± SD	Fecundity [3]	Emergence/ females %
Control	80.8	145	17.3 ± 2.8	0.081	83.2 / 48.2
Males treated - Females untreated					
6-15	88.8	82	16.5 ± 2.7	0.083	91.3 / 50.0
6-18	86.6	70	16.1 ± 2.7	0.072	91.4 / 54.7
6-21	88.9	42	17.9 ± 2.0	0.048	95.2 / 67.5
6-24	83.9	16	16.5 ± 4.1	0.023	87.5 / 78.5
6-27	82.9	15	16.6 ± 2.1	0.022	93.3 / 55.5
11-20	84.0	92	17.8 ± 3.1	0.098	92.1 / 54.8
Females treated - Males untreated					
6-15	78.7	63	17.1 ± 2.6	0.072	95.2 / 55.9
6-18	78.8	48	15.9 ± 2.8	0.054	83.3 / 45.0
6-21	38.8	21	15.5 ± 2.9	0.048	76.2 / 62.0
6-24	28.2	7	13.3 ± 1.8	0.022	4/7 / 2/4
6-27	12.6	0	—	0.000	—
11-20	80.1	64	15.7 ± 2.3	0.072	95.2 / 44.1

1. Days post larviposition.

2. Survival relative to mature female days.

3. No. pupae per mature female day.

were receptive to mating, the insemination rate dropped below 72 % for females incubated at 15°C for more than 18 days. The reproduction rate of all experimental females was inferior to the reproduction of untreated controls. No pupae were produced by females cooled as pupae for 21 days.

Combined effects of low temperature (15°C) incubation and gamma irradiation in air and nitrogen

Pupal development and eclosion

Eclosion data of pupae incubated at 15°C from day 6 to day 15 PL (incubation group I) and from day 11 to day 20 PL (incubation group II) and irradiated with 10 and 20 Gy in air and nitrogen atmosphere are presented in figure 3. Irradiating pupae of incubation group I with 10 Gy in air on day 15 and 16 PL reduced eclosion significantly to < 34 % (χ^2 , $p < 0.01$). Examination of the content of the not yet hatched pupae revealed that both males and females completed their development but failed to emerge. Eclosion rate was increased to the control level of > 92 % when the same irradiating treatment was given on day 18 - 20 PL. All pupae were killed with a treatment of 20 Gy in air. The use of nitrogen during the 10- and 20-Gy radiation treatment resulted in optimal eclosion rates (> 90 %) except for pupae treated with 20 Gy on day 15 - 16 PL (81 % (χ^2 , $p < 0.01$) and 88 % (χ^2 , $p < 0.05$).

More than 87 % of the pupae emerged when incubated at 15°C from day 11 to 20 PL prior to an irradiation treatment of 10 Gy in air and 10 - 20 Gy in nitrogen (χ^2 , $p > 0.05$). An irradiation dose of 20 Gy applied in air on day 20 reduced the eclosion rate to < 36 % (χ^2 , $p < 0.01$). Female and male pupae were not killed by the irradiation treatment and continued their development to completion but failed to rupture the puparium. The same radiation treatment applied 3 to 5 days after the incubation resulted in normal pupal development and 90 % eclosion.

Adult male fertility and survival

All experimental adult males exposed as pupae to 9 days of cooling followed by an irradiation treatment showed a normal mating response (> 82 % of the female mates showed mating scars), spermatophore formation and sperm transfer (> 80 % of the females inseminated). Aberrant results were observed for males of the first incubation group, treated with 20 Gy in nitrogen on day 20 PL, who failed to inseminate 32 % of their female mates.

All emerged males from the first incubation group treated as 15 - 16-day-old pupae with 10 Gy in air died before reaching sexual maturity (table II.). Similarly, not enough sexually-mature males were available for assessment of fertility parameters, among those emerged from pupae treated with 20 Gy in nitrogen on day 15 - 18 PL. The use of nitrogen during irradiation increased adult male fertility significantly (threefold) as compared to treatments given

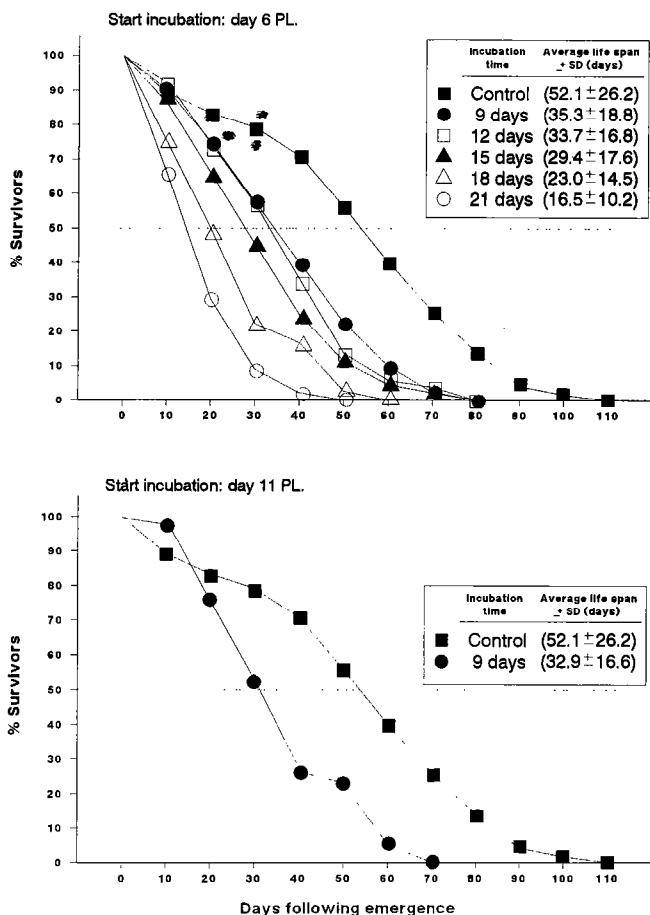


Figure 2 : Survival curves of *G. tachinoides* males, incubated at 15°C for various periods starting on day 6 (top) and day 11 (bottom) PL.

in air. Adult male fertility was dependent on the age of the pupae when treated with 10 Gy in nitrogen i.e. fertility decreased from 0.041 - 0.056 to 0.027 pupae/mature female for males treated as 15 - 16-day-old pupae and 18 - 20-day-old pupae respectively. More than 95 % sterility was induced in the sperm of adult males when treated on day 20 PL with 10 Gy in air and 20 Gy in nitrogen. Although all pupae produced by females mated with irradiated treated males weighed significantly less than pupae fathered by control males ($p < 0.05$), their viability was found to be normal ($p > 0.05$).

Fertility of males of the second incubation group, irradiated in air, increased with increasing pupal treatment age. No such age-dependent relation was found when pupae were irradiated in nitrogen. The protective effect of nitrogen on the amount of induced lethal mutations was more pronounced with younger pupae i.e. residual fertility increased 12 - 48 times with a dose of 10 Gy on day 20 PL vs the same treatment in air, but resulted in a three-to-four fold fertility increase only when administered on day 23 - 25 PL. 95 % sterility was induced only in males treated with 10 Gy in air on the 20 th day of their pupal life. All treatments in nitrogen resulted in male residual fertility levels exceeding 20 % of that of the controls.

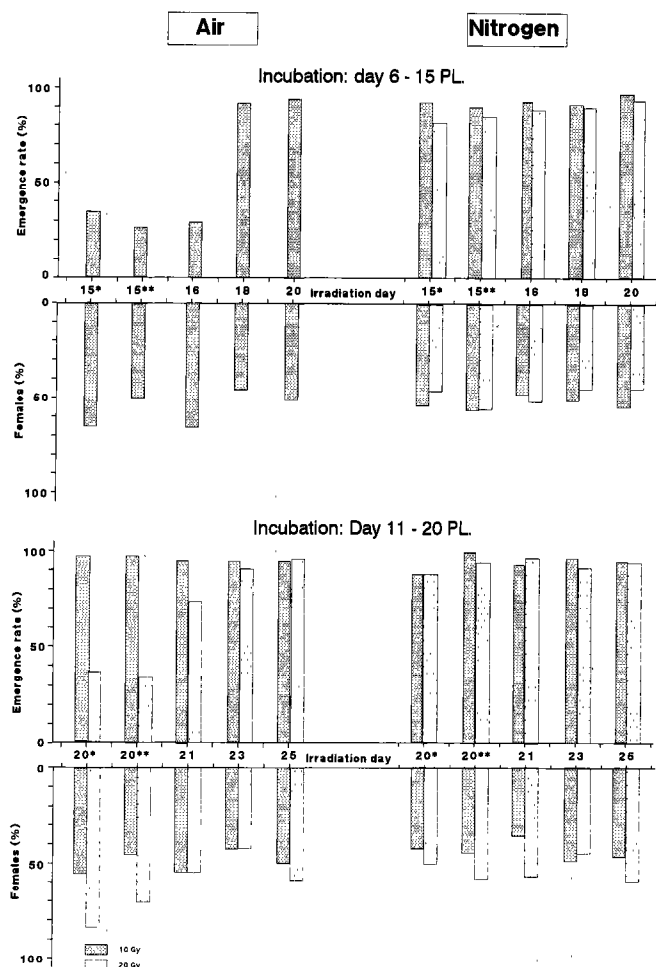


Figure 3 : Eclosion rate and female ratio of *G. tachinoides* pupae incubated from day 6-15 PL (top) and from day 11-20 PL (bottom) and irradiated with 10 and 20 Gy in air or in nitrogen atmosphere. (*irradiation treatment 1 h and **7-8 h after incubation).

The proportion of females displaying reproductive abnormalities i.e. uterus empty due to expulsion of a dead embryo or an egg *in utero* in embryonic arrest, increased with increasing radiation dose but decreased when nitrogen was used during irradiation. 25 to 52 % of the females mated with males belonging to the first incubation group and treated with 10 Gy in air revealed reproductive abnormalities. This proportion of females decreased to 8.3 - 23 % when the same dose was administered in nitrogen, but increased to > 88 % when the treatment dose was 20 Gy. The same trend was observed in females mated with males belonging to the second incubation group.

Table III presents data on survival of untreated and experimental males. Cooling of pupae followed by irradiation reduced the mean longevity of adult males significantly ($p < 0.05$) compared to exposure to low temperature alone. In general, average male longevity was less severely affected when the radiation treatment was given in nitrogen and when the chilling and irradiation treatments occurred later in pupal life. Only males (incubation group I)

TABLE II
Fertility of male *G. tachinoides*, incubated as pupae at 15 °C for 9 days (day 6-15 PL and day 11-20 PL) and irradiated with 10 and 20 Gy in air or nitrogen atmosphere and mated with untreated colony females

Irradiation atmosphere/dose/day (A-N) (Gy) (PL) 1/	No. puparia produced	Mean puparial weight (mg) ± SD	Production relative to control	No. of aborted eggs	No. of aborted immature larvae	Emergence/ females %
Control	145	17.3 ± 2.8	100	20	5	83.2 / 48.2
Group I (incubation day 6-15 PL)						
A / 10 / 18	2	—	9.6	36	2	2/2 / 1/2
/ 20	0	—	0.0	97	1	—
N / 10 / 15*	19	14.0 ± 3.0	50.6	42	6	100 / 52.4
/ 15**	31	13.9 ± 2.6	69.5	30	4	96.9 / 59.4
/ 16	38	13.6 ± 2.3	61.7	43	3	92.8 / 51.3
/ 18	12	13.1 ± 2.5	33.3	45	0	100 / 41.2
/ 20	13	15.3 ± 2.8	32.9	45	5	88.2 / 33.3
N / 20 / 20	1	—	2.7	63	0	1/1 / 1/1
Group II (incubation day 11-20 PL)						
A / 10 / 20*	2	—	4.9	74	0	0/2 / 0/0
/ 20**	1	—	1.5	120	0	1/1 / 1/1
/ 21	6	16.0 ± 3.3	9.9	104	0	6/6 / 3/6
/ 23	10	16.1 ± 3.1	15.2	110	0	6/10 / 3/6
/ 25	16	16.5 ± 2.7	21.3	114	1	92.9 / 30.8
N / 10 / 20*	36	16.3 ± 2.6	60.3	50	7	82.8 / 37.9
/ 20**	36	16.4 ± 3.0	59.6	50	4	88.8 / 62.5
/ 21	26	17.8 ± 2.4	39.2	72	9	80.7 / 47.6
/ 23	37	17.0 ± 2.7	59.2	58	7	86.1 / 41.9
/ 25	51	16.8 ± 2.9	62.8	75	8	84.0 / 76.2
N / 20 / 20*	12	17.1 ± 2.4	25.8	59	1	83.3 / 50.0
/ 20**	10	16.2 ± 3.0	20.2	71	1	90.0 / 44.4
/ 21	19	15.6 ± 2.6	31.8	69	2	78.9 / 20.0
/ 23	18	16.8 ± 3.0	27.1	94	0	82.4 / 35.7
/ 25	18	17.0 ± 2.5	30.9	76	1	77.8 / 57.1

1. PL : days post larviposition, A : Air, N : Nitrogen.
(*) Irradiation 1 hour and (**) 7-8 hours after incubation.

treated with 10 Gy in air and nitrogen on day 20 PL and (incubation group II) treated with 10 Gy in air on day 21 and 25 PL and with 10 Gy in nitrogen on day 23 - 25 PL lived on average > 20 days.

Consequently, combined survival and fertility data show that only males incubated for 9 days at 15°C as 5-day-old pupae and irradiated with 10 Gy in air on day 20 PL had a residual fertility < 5 % of the control and an average longevity above 20 days. None of the males irradiated as pupae in nitrogen could meet these criteria.

Adult female fertility and survival

Survival of all experimental females was reduced (< 67 and < 71 % survivors on day 45 for females of incubation groups I and II respectively) compared with survival of untreated females (table IV). Female survival increased in general with a lower irradiation dose and when irradiation took place in nitrogen and during later pupal stages. Their receptivity to mating, however, remained unaffected except for females of incubation group I treated with 10 Gy in air or with 20 Gy in nitrogen (75 - 84 % spermathecae impregnated with sperm).

Females treated as 15 - 20-day-old pupae (incubation group I) with 10 Gy in air failed to produce any offspring. Treating female pupae with 10 Gy in nitrogen revealed reproduction rates of 69 < 84 % compared with that of the control but the residual fertility decreased to 15 - 51 % with a radiation dose of 20 Gy.

Complete sterility was induced in females of incubation group II treated with 10 Gy in air on days 20 or 21 of pupal life. The same treatment given on day 23 - 25 PL resulted in residual fertility of 30 - 55.5 %. The use of nitrogen during irradiation increased residual fertility to 64 - 84 %. A dose of 20 Gy in nitrogen resulted in residual fertility of 19 - 75 %, depending on the age of the pupae during treatment.

All pupae produced by the experimental females weighed significantly less in comparison with pupae produced by untreated females ($p < 0.01$). Viability however was unaffected except for offspring produced by females of incubation group I treated with 20 Gy in nitrogen on day 15 - 18 (χ^2 , $p < 0.01$) and by females of incubation group II treated with 20 Gy in nitrogen on day 20 - 23 (eclosion rates < 54.1 %, $p < 0.01$).

TABLE III
Average longevity of *G. tachinoides* males incubated for 9 days at 15 °C and irradiated in air and nitrogen with 10 and 20 Gy during various moments of their pupal development

Incubation period	Irradiation atmosphere/dose/day (A/N) (Gy) (PL)	Males no.	Average life span ± SD (days)
Control	---	80	52.1 ± 26.2
Day 6-15 PL	---	40	35.3 ± 18.8
	A / 10 / 15*	12	3.0 ± 0.3
	15**	13	3.2 ± 0.5
	16	10	3.7 ± 2.2
	18	50	8.8 ± 9.9
	20	46	24.4 ± 21.2
	N / 10 / 15*	40	17.0 ± 17.2
	15**	40	14.4 ± 17.3
	16	49	24.4 ± 26.3
	18	43	17.0 ± 31.0
	20	39	26.7 ± 32.2
	N / 20 / 15**	44	3.8 ± 2.0
	15*	38	5.2 ± 3.3
	16	43	5.0 ± 4.1
18	50	5.9 ± 3.3	
20	51	11.0 ± 9.1	
Day 11-20 PL	---	41	32.9 ± 16.6
	A / 10 / 20*	42	18.4 ± 17.0
	20**	51	18.0 ± 14.7
	21	41	20.8 ± 16.2
	23	47	17.4 ± 10.0
	25	47	20.3 ± 16.5
	A / 20 / 20*	6	4.0 ± 3.0
	20**	10	2.2 ± 0.8
	21	33	2.8 ± 1.1
	23	51	4.3 ± 1.6
	25	39	8.3 ± 6.3
	N / 10 / 20*	50	19.8 ± 19.3
	20**	53	19.0 ± 14.9
	21	56	14.3 ± 12.2
	23	48	20.6 ± 18.0
	25	51	22.7 ± 18.8
	N / 20 / 20*	43	14.9 ± 13.7
	20**	39	12.7 ± 10.6
	21	41	19.9 ± 18.4
	23	48	15.2 ± 14.1
25	42	15.5 ± 16.2	

* Irradiation 1 hour after incubation.

** Irradiation 7-8 hours after incubation.

DISCUSSION

Buxton and Lewis (4) and Buxton (3) have shown that the duration of the pupal development period of tsetse flies can be significantly shortened by exposing pupae to temperatures exceeding the optimum of 23-24°C. In addition, recent research has indicated the feasibility of extending the total pupal development period by cooling tsetse pupae for long periods at young stages. Exposing 4-day-old *G. austeni* pupae for 9 - 15 days at 15°C (7) and 5 - 20-

day-old *G. p. palpalis* pupae for 5 days at 15°C (Feldmann and Vreysen, unpublished data) had no adverse effects on total pupal eclosion rate and male insemination capacity. During the entire pupal development period, fat constitutes the sole source of energy (4), with the rate of metabolism being greatest at the start and end of the pupal period (1). The importance of the fat metabolism in tsetse pupae is underlined by the fact that newly emerged teneral flies have to rely solely on their residual fat content for energy until their first blood meal. Moreover,

TABLE IV

Fertility of female *G. tachinoides*, incubated as pupae at 15 °C for 9 days (day 6-15 PL and day 11-20 PL) and irradiated with 10-20 Gy in air or nitrogen atmosphere and mated with untreated colony males

Irradiation atmosphere/dose/day (A-N) (Gy) (PL) [1]	Female survival day 45 % [2]	No. puparia produced	Mean puparial weight (mg) ± SD	Production relative to control	No. of aborted eggs/female	No. of aborted larvae/female	Emergence/ females %
Control	80.8	145	17.3 ± 2.8	100	0.29	0.07	83.2 / 48.2
Group I (incubation day 6-15 PL)							
A / 10 / 15*	9.5	0	—	0.0	1.00	0.00	—
/15**	0.0	0	—	0.0	0.00	0.00	—
/16	15.8	0	—	0.0	1.00	0.00	—
/18	23.1	0	—	0.0	1.92	0.25	—
/20	31.8	0	—	0.0	1.19	0.63	—
N / 10 / 15*	46.0	29	14.0 ± 3.0	69.4	0.78	0.26	87.5 / 50.0
/15**	45.4	35	13.9 ± 2.6	72.4	0.69	0.31	91.8 / 52.9
/16	41.4	29	13.6 ± 2.3	83.4	0.50	0.27	84.3 / 55.6
/18	36.4	22	13.1 ± 2.5	70.0	0.26	0.53	84.0 / 61.9
/20	67.9	69	15.3 ± 2.8	84.5	0.67	0.26	84.6 / 48.5
N / 20 / 15*	21.4	5	8.9 ± 1.5	28.5	0.92	0.15	1/5 / 0/1
/15**	13.1	2	9.4 ± 3.8	14.9	0.45	0.18	1/2 / 1/1
/16	31.5	11	9.5 ± 1.6	34.2	1.06	0.17	4/11 / 2/4
/18	33.2	5	6.7 ± 0.9	17.5	1.47	0.47	0/5 / 0/0
/20	62.4	29	12.2 ± 2.9	51.2	1.52	0.11	75.0 / 61.9
Groupe II (Incubation day 11-20 PL)							
A / 10 / 20*	71.4	0	—	0.0	0.85	0.73	—
/20**	60.0	0	—	0.0	0.91	0.87	—
/21	71.3	0	—	0.0	1.24	0.63	—
/23	67.3	28	15.2 ± 2.7	55.5	0.92	0.46	80.0 / 40.0
/25	67.9	19	14.7 ± 3.9	30.8	1.42	0.19	76.5 / 46.2
N / 10 / 20*	49.2	33	14.6 ± 3.5	84.5	0.36	0.14	78.1 / 72.0
/20**	39.2	23	12.9 ± 3.2	64.6	0.45	0.45	72.7 / 37.5
/21	17.1	9	14.2 ± 1.6	70.3	0.71	0.14	100 / 55.6
/23	45.2	39	16.0 ± 2.5	84.3	0.46	0.13	97.4 / 47.4
/25	41.2	26	14.9 ± 3.1	69.5	0.60	0.40	75.0 / 80.0
N / 20 / 20*	21.8	4	10.9 ± 2.4	19.2	0.61	0.52	1/4 / 1/1
/20**	27.9	9	7.0 ± 2.8	31.6	0.89	0.47	1/9 / 0/1
/21	43.8	18	8.3 ± 1.7	34.8	0.74	0.58	4/18 / 3/4
/23	44.4	28	15.2 ± 3.7	75.1	0.74	0.05	54.1 / 53.8
/25	33.1	19	13.2 ± 3.1	46.9	0.81	0.15	66.6 / 41.6

1. PL : Days post larviposition, A : Air, N : Nitrogen.

2. Survival relative to mature female days.

(*) Irradiation 1 jour and (**) 7-8 hours after incubation.

fat consumption in tsetse pupae is greatly influenced by the ambient temperature. Bursell (2) showed that consumption of fat in *G. m. morsitans* pupae was most economic at 24°C and increased significantly above and below this optimum (12). Although inter-specific differences in the rate of fat consumption have been demonstrated (8), the total amount of fat reserves of a small tsetse species such as *G. tachinoides* is far less than that of larger species. Consequently, smaller individuals exposed to low temperatures during their pupal development will reach critical levels of their total reserves of fat sooner as compared with larger ones. Our data with *G. tachinoides* pupae indicate that chilling pupae for 9 - 12 days at 15°C did not deplete their total fat content, and male and female pupal development could

be completed. Extending the incubation period beyond 15 days resulted in a 10 % increase in pupal death. However, a 9-day chilling period seemed to be the upper threshold in terms of male insemination capacity and fertility. Average male survival was, however, significantly reduced. Moreover, female flies exposed as pupae to the 9-day cooling treatment, had similar survival rates as untreated females but produced 11 % fewer offspring. These results strongly suggest that viability of adult male and female *G. tachinoides* flies is affected by factors other than pupal fat metabolism when exposed as pupae to extended periods of low temperatures. In addition, a study to reveal the mechanisms responsible for the reduced fertility in both male and female flies would certainly be a challenging research topic.

The feasibility of chilling late pupal stage *G. m. morsitans* pupae followed by a sterilizing radiation dose has been demonstrated by Curtis and Langley (5). A cooling period of 5 days at 10°C combined with a sterilizing treatment in nitrogen after the incubation could effectively control male emergence without a loss of adult male quality. Prolonging the cooling period to 7 - 10 days resulted, however, in 10 % pupal death (11). Likewise, viability of adult male *Ceratitidis capitata*, exposed as pupae for 2 hours or 2 days to 5 or 15°C prior to irradiation, was not significantly affected. The chilling treatment however, reduced sterility compared with pupae incubated at 25°C (15). In addition, cooling *Ceratitidis capitata* pupae during irradiation i.e. reducing the metabolic rate, did not give any protection due to the increased solubility of oxygen in the tissues (10). These experiments with *G. tachinoides* pupae have shown that combining chilling with low dose irradiation treatment at ambient temperatures increased the loss in viability of adult males already observed with a cooling treatment alone. The use of nitrogen during irradiation reduced the amount of somatic injury expressed by an increase in mean longevity but was accompanied by a reduction in the amount of induced lethal mutations. These data are in accordance with observations made by Curtis and Langley (5) and Vreysen and Van Der Vloedt (13).

In conclusion, exposing young *G. tachinoides* pupae to low temperatures followed by a sterilizing irradiation treatment seems to leave only limited possibilities for the manipulation required for an extended handling period. Sufficient sterility was induced in male adult tsetse flies exposed to a 9-day incubation period (15°C) starting on day 6 of their pupal development, followed by a 10 Gy irradiation treatment in air on day 20 PL. Although the treatment created a 25-day interval between irradiation and male eclosion, average survival of the adult males was reduced to 24 days. These survival data are comparable with those obtained by treating *G. tachinoides* pupae in air with the sterilizing dose of 20 Gy on day 20 PL (Vreysen and Van Der Vloedt, unpublished data). The interval between treatment and onset of male eclosion remained however limited to 12 - 14 days. Higher-quality sterile males in terms of survival (mean longevity > 30 days) were obtained by irradiating unchilled 15 - 20-day-old pupae in nitrogen in doses split into two fractions. An interval of 12 to 16 days between treatment and male eclosion was obtained, depending on the treatment option (13).

This series of experiments amply demonstrated the feasibility of producing high-quality sterile males by irradiation of *G. tachinoides* pupae aged between 15 to 20 days. In addition, the exposure of young pupae to low temperatures significantly prolonged the pupal period, but the viability of the adult males was negatively affected when combined with a sterilizing treatment. Further research should be carried out to improve the quality of the obtained males. Splitting the radiation dose into two fractions after the incubation period is certainly one of the options that should be investigated.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Drs. J.C. van Lenteren and W. Takken (Wageningen Agricultural University) and Drs. D.A. Lindquist and H.U. Feldmann (Joint FAO/IAEA Division, IAEA) for reviewing the manuscript. The technical assistance of the staff of the Entomology Unit, IAEA Laboratory, Seibersdorf, Austria is highly appreciated.

REFERENCES

- BURSELL E., 1958. The water balance of tsetse puparia. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 241: 179-210.
- BURSELL E., 1960. The effect of temperature on the consumption of fat during pupal development in *Glossina*. *Bull. ent. Res.*, 51: 583-598.
- BUXTON P.A., 1955. The natural history of tsetse flies. London, England, Lewis H.K. and Co., 816 p. (London School of Hygiene and Tropical Medicine. Memoir n°10)
- BUXTON P.A., LEWIS D.J., 1934. Climate and tsetse flies: laboratory studies upon *Glossina submorsitans* and *tachinoides*. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 224: 175-240.
- CURTIS C.F., LANGLEY P.A., 1972. Use of nitrogen and chilling in the production of radiation-induced sterility in the tsetse fly *Glossina morsitans*. *Entomologia exp. appl.*, 15: 360-376.
- DEAN G.J., WILSON F., WORTHAM S., 1967. Some factors affecting eclosion of *Glossina morsitans* Westw. from pupae. *Bull. ent. Res.*, 58: 367-377.
- FELDMANN U., LUGER D., BARNOR H., DENGWAT L., AJAG-BONNA B., VREYSEN M.J.B., VAN DER VLOEDT A.M.V., 1992. Tsetse fly mass rearing: colony management, deployment of sterile flies, related research and development. In: Tsetse control, Diagnosis and Chemotherapy using Nuclear Techniques, Proceedings of an IAEA/FAO Seminar, Muguuga, Kenya, 11-15 Febr. 1991. Vienna, Austria, IAEA-TECDOC-634, p. 167-180.
- LANGLEY P.A., 1971. The respiratory metabolism of tsetse fly puparia in relation to fat consumption. *Bull. ent. Res.*, 60: 351-358.
- LANGLEY P.A., 1977. Physiology of tsetse flies (*Glossina* spp.) (Diptera: Glossinidae): a review. *Bull. ent. Res.*, 67: 523-574.
- LANGLEY P.A., MALY H., 1971. Control of the mediterranean fruit fly (*Ceratitidis capitata*) using sterile males: Effects of nitrogen and chilling during gamma-irradiation of puparia. *Entomologia exp. appl.*, 14: 137-146.
- LANGLEY P.A., CURTIS C.F., BRADY J., 1974. The viability, fertility and behaviour of tsetse flies (*Glossina morsitans*) sterilized by irradiation under various conditions. *Ent. exp. appl.*, 17: 97-111.
- PHELPS K.J., 1973. The effect of temperature on fat consumption during the puparial stages of *Glossina morsitans submorsitans* Westw. (Diptera, Glossinidae) under laboratory conditions, and its implications in the field. *Bull. ent. Res.*, 62: 423-438.
- VREYSEN M.J.B., VAN DER VLOEDT A.M.V., 1995. Radiation sterilization of *Glossina tachinoides* Westw. pupae. I. The effect of dose fractionation and nitrogen during irradiation in the mid-pupal phase. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 48 (1) : 45-51.
- VREYSEN M.J.B., VAN DER VLOEDT A.M.V., BARNOR H. Comparative gamma radiation sensitivity of *Glossina tachinoides* Westw., *Glossina fuscipes fuscipes* Newst. and *Glossina brevipalpis* Newst. (Submitted)

15. WAKID A.M., AMIN A.H., SHOUKRY A., FADEL A., 1982. Factors influencing sterility and vitality of the mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* Wiedemann. In: Sterile Insect Technique and Radiation in Insect Control, Proceeding FAO/IAEA Symposium, Neuherberg, 29 June-3 July 1981. Vienna, Austria, IAEA-SM-255/40, p. 379-386.

16. WILLIAMSON D.L., BAUMGARTNER H.M., MTUYA A.G., GATES D.B., COBB P.E., DAME D.A., 1983. Integration of insect sterility and insecticides for control of *Glossina morsitans morsitans* (Diptera: Glossinidae) in Tanzania. II. Methods of sterilization, transportation and release of sterilized males. *Bull. ent. Res.*, 73: 267-273.

VREYSEN (M.J.B.), VAN DER VLOEDT (A.M.V.). Radiation sterilization of *Glossina tachinoides* Westw. pupae. II. The combined effects of chilling and gamma irradiation. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1): 53-61

Female and male *Glossina tachinoides* Westwood were exposed as 5-day-old pupae to 15 °C for 9 to 21 days. Female pupal development was delayed at 10.4 and 18.4 days and male pupal development at 9.9 and 18.4 days for pupae incubated for 9 and 21 days respectively. Pupal eclosion was only affected by chilling periods exceeding 15 days. Mating response, insemination capacity and fertility of males exposed as pupae to a 9-day chilling period were not affected, but their survival was significantly reduced from 52.1 ± 26.2 days to 35.3 ± 18.8 days. Survival of adult females was reduced when exposed as pupae to chilling periods exceeding 12 days. After 9 days at 15°C, however, females produced 11 % less offspring than untreated females. Pupae, incubated for 9 days at 15°C when 5 or 10 days old, were irradiated with 10 and 20 Gy in air or nitrogen 1 h, 7 h, 1, 3 and 5 days after the incubation treatment. In general, the eclosion rate, male fertility and average male survival were increased when the radiation treatment was given in nitrogen and when chilling and irradiation treatments occurred later in pupal life. Only males chilled for 9 days as 5-day-old pupae and irradiated with 10 Gy in air on day 20 PL (post larviposition) had a residual fertility below 5 % and lived on average longer than 20 days. Survival of all experimental female flies was reduced as compared with the control. Their receptivity to mating remained however normal in most cases. Complete sterility was induced in females, incubated at 15°C for 9 days as 5-day-old pupae and irradiated with 10 Gy in air on day 15 - 20 post larviposition and in females, incubated at 15°C for 9 days as 10-day-old pupae and treated with 10 Gy in air on days 20 or 21 of pupal life.

Key words: *Glossina tachinoides* - Pupa - Sterilization - Gamma irradiation - Temperature resistance - Nitrogen - Insect control - Hatching - Fertility - Longevity.

17. WILLIAMSON D.L., DAME D.A., GATES D.B., COBB P.E., BAKULI B., WARNER P.V., 1983. Integration of insect sterility and insecticides for control of *Glossina morsitans morsitans* (Diptera: Glossinidae) in Tanzania. V. The impact of sequential releases of sterilized tsetse flies. *Bull. ent. Res.*, 73: 391-404.

VREYSEN (M.J.B.), VAN DER VLOEDT (A.M.V.). Esterilización por radiación de *Glossina tachinoides* Westw. pupas. II. Efectos combinados del enfriamiento y de la irradiación gamma. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 53-61

Pupas de 5 días de *Glossina tachinoides* Westwood, machos y hembras, fueron expuestas a 15°C durante un período 9 a 21 días. El desarrollo pupal de las hembras se retardó de 10,4 y 18,4 días y el de los machos de 9,9 y 18,4 días, para las pupas incubadas durante 9 y 21 días respectivamente. La eclosión de las pupas fue afectada únicamente por los períodos de enfriamiento superiores a 15 días. La respuesta al acoplamiento, la capacidad de inseminación y la fertilidad de las pupas machos, expuestas a un período de enfriamiento de 9 días, no fueron afectadas, sin embargo, la sobrevivencia se redujo significativamente de 52,1 ± 26,2 días a 35,3 ± 18,8 días. La sobrevivencia de las hembras adultas se redujo cuando la exposición de las pupas al frío excedió 12 días. Las hembras expuestas a 9 días de incubación a 15°C, produjeron 11 p. 100 menos descendencia que las hembras no tratadas. Las pupas de 5 o 10 días, incubadas durante 9 días a 15°C, fueron irradiadas con 10 y 20 Gy en aire o nitrógeno, 1 hora, 7 horas, 1 día, 3 días y 5 días después del tratamiento de incubación. En general, la tasa de eclosión, la fertilidad del macho, así como el promedio de sobrevivencia del macho aumentaron cuando el tratamiento de radiación se administró en nitrógeno y cuando los tratamientos de enfriamiento e irradiación se administraron tardíamente en la vida pupal. Únicamente los machos sometidos a un enfriamiento de 9 días, a los 5 días de edad pupal, e irradiados con 10 Gy en aire al día 20 PL, presentaron una fertilidad inferior a 5 p. 100 y presentaron un promedio de 20 días más de vida. La sobrevivencia de todas las moscas hembras del experimento fue inferior a la de los controles. La receptividad al acoplamiento se mantuvo normal en la mayoría de los casos. La esterilidad completa fue inducida en las hembras incubadas a 15°C durante 9 días al día 5 de edad pupal e irradiadas con 10 Gy en aire al día 15-20 PL y en las hembras incubadas a 15°C durante 9 días al día 10 de edad pupal y tratadas con 10 Gy en aire al día 20 o 21 de la vida pupal.

Palabras clave : *Glossina tachinoides* - Pupa - Esterilización - Irradiación gamma - Resistencia a la temperatura - Nitrógeno - Lucha contra los insectos - Eclosión - Fertilidad - Longevidad.

The serological response to heartwater immunization in cattle is an indicator of protective immunity

J.A. Lawrence^{1*}, K. Tjornehoj¹, A.P. Whiteland¹, P.T. Kafuwa²

LAWRENCE (J.A.), TJORNEHOJ (K.), WHITELAND (A.P.), KAFUWA (P.T.). La réponse sérologique à l'immunisation contre la cowdriose constitue un indicateur effectif du degré de protection immunitaire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 63-65

Les auteurs ont mis en évidence une corrélation significative chez des bouvillons croisés Frison entre la réponse sérologique à des vaccinations antérieures avec la souche Ball 3 de *Cowdria ruminantium*, et le développement de la protection immunitaire contre un isolat de la souche Kalota du Malawi. Des 10 animaux dont la séroconversion a été constatée après la vaccination, tous étaient complètement ou partiellement immunisés contre la souche d'épreuve. Dix des 14 animaux qui n'ont pas effectué de séroconversion étaient immunisés mais cette proportion n'était pas significativement différente de celle des témoins non vaccinés (4/10). Enfin, sur 29 animaux vaccinés et traités simultanément avec un implant de doxycycline, 13 n'ont effectué aucune séroconversion et, parmi eux, 4 étaient totalement sensibles à l'isolat.

Mots clés : Bovin - Cowdriose - *Cowdria ruminantium* - Immunologie - Vaccin - Antibiotique.

INTRODUCTION

Heartwater (*Cowdria ruminantium* infection) was first recognized as an important disease of domestic ruminants in South Africa during the 19th Century (8). Its prevention depended entirely on control of the vector ticks, *Amblyomma* spp., until the 1940's when Neitz and Alexander (6, 7) developed a method of immunization involving the inoculation of infected sheep blood and treatment of the ensuing disease process, where necessary, with sulphonamides or, more recently, tetracyclines (1).

Lawrence, Whiteland, Malika, Kafuwa and Jongejan (5) reported the use of indirect immunofluorescence, with infected endothelial cells grown in culture as antigen, for the evaluation of the immune response in cattle to such a vaccine. They demonstrated differences between various batches of vaccine and between various regimens of administration of the same batch of vaccine and postulated that these reflected differences in immunogenicity. However, as it has been suggested that protective immunity to heartwater is cell mediated rather than antibody dependent (4), they had reservations as to the validity of

the serological response as an indicator of the protective value of the vaccine, as opposed to its ability to stimulate antibody production.

In this paper it is demonstrated that the antibody response is, indeed, an indicator of the development of protective immunity after immunization, confirming the findings of Du Plessis and Malan (2).

MATERIALS AND METHODS

Animals

Thirty-four Friesian cross steers, 6-12 months old, originating from farms with a history of good tick control and maintained under tick-free conditions. The animals were divided in 3 categories as follows.

Vaccinated, seropositive: 10. The animals were shown to be positive at a dilution of 1/30 or above by indirect immunofluorescence (5) at least 42 days after vaccination. Four had received vaccine alone, 6 others were selected from a group of 29 steers which had been treated with a slow-release implant of doxycycline ("Doximplant B", George Schwulst Labs. Ltd, Republic of South Africa) administered subcutaneously at the base of the ear at a rate of 5-8 mg/kg at the same time as the vaccine, of which only 16 seroconverted.

Vaccinated, seronegative: 14. Serologically negative 42 days after vaccination. One had received vaccine alone, the other 13 vaccine and doxycycline implant.

Control, seronegative : 10.

Vaccine

2.5 ml of frozen blood vaccine (1) produced at Central Veterinary Laboratory, Lilongwe, Malawi containing 7.3 cattle ID₅₀ (50 % immunizing dose) of the Ball 3 strain of *C. ruminantium* as assessed by titration in cattle (5). The vaccine was administered by slow intravenous injection.

Challenge isolate

The Kalota isolate of *C. ruminantium* preserved as a frozen blood stabilate prepared from a Dorper-cross ram in the terminal stages of clinical heartwater. The sheep had

1. Project GCP/RAF/259/DEN, POB 30750, Lilongwe 3, Malawi.

2. Central Veterinary Laboratory, POB 527, Lilongwe, Malawi.

* Adresse actuelle : "Pigeonwood", Borrowdale Road, POB BW984, Borrowdale, Harare, Zimbabwe.

Reçu le 16.2.1994, accepté le 2.5.1995.

TABLE I
Protective immunity to challenge with *Cowdria ruminantium* (Kalota) in cattle vaccinated with or without doxycycline implants, in relation to serological status

Treatment	Antibodies	Not Immune	Partially Immune	Immune	Total
Vaccinated	positive	0	1	9	10
Vaccinated	negative	4	2	8	14
Control	negative	6	2	2	10

been infected by applying 14 adult *Amblyomma variegatum* ticks which had been collected as nymphs from sheep involved in an outbreak of heartwater and had been allowed to moult. The challenge dose was 12.5 ml, administered by slow intravenous injection.

Assessment of immunity

Cattle were examined daily for rectal temperature and clinical signs after challenge and were assigned to one of three categories:

Not immune: died, or recovered after treatment with long-acting tetracycline (Vetamycin LA®, C-Vet, UK) at the onset of clinical signs, namely anorexia, ataxia, hyperaesthesia. One animal was treated after three days of fever exceeding 40.5°C, without other clinical signs.

Partially immune: fever exceeding 40.5°C for 1-2 days, without other clinical signs, recovery without treatment.

Immune: no fever, or fever not exceeding 40.5°C, no clinical signs.

RESULTS

A difference was seen in the response of the three groups of animals to challenge (table I). All 10 seropositive animals were immune or partially immune, while 4/14 seronegative vaccinates and 6/10 controls were considered not immune and three died. The difference between the seropositive and the seronegative animals was statistically significant (Fisher's Exact Test, $p = 0.030$). The apparent difference between the vaccinated seronegative group and the control group was not significant ($p > 0.20$).

DISCUSSION

The Ball 3 vaccine strain was found to stimulate a very good protective immunity in cattle against the Kalota isolate of *C. ruminantium*. A similar degree of protection was also demonstrated in sheep (unpublished observations).

The results demonstrate a close correlation between the development of antibodies after vaccination and the establishment of a protective immunity, as previously reported by Du Plessis and Malan (2), using immunofluorescence

with a mouse macrophage antigen. They thus validate the use of immunofluorescence of vaccinated cattle as an indicator of the immunizing quality of the vaccine. However, even in the absence of vaccination, 2 of 10 control animals did not react to challenge, confirming previous reports that a significant proportion of cattle have an innate resistance to infection unrelated to previous exposure and specific immunity (3).

Lawrence, Whiteland, Malika, Kafuwa and Jongejan (5) have shown previously that the application of doxycycline implants at the same time as vaccination results in a marked reduction in immunogenicity of the vaccine, as assessed by the antibody response. In the present trial, 13 animals of the 29 which were vaccinated together with doxycycline failed to seroconvert. Four of the 13 were completely susceptible to challenge, confirming that the product also inhibits the protective immune response in cross-bred cattle in the Malawi environment. Subsequent studies (unpublished observations) revealed no improvement in the proportion of animals seroconverting after vaccination when the dose of doxycycline was reduced to 2.5-4.0 mg/kg, nor when the implant was administered at the standard dosage rate seven days after vaccination.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Dr. P. Boland, Divisional Veterinary Officer, Lilongwe, for his assistance in isolating the challenge strain, and to FAO Project RAF/92/010 for supplying the experimental cattle. This study was sponsored by the Danish Aid Organization (DANIDA) and the Government of Malawi through the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

REFERENCES

1. BEZUIDENHOUT J.D., 1989. *Cowdria* vaccines. In: WRIGHT I.G., ed., *Veterinary Protozoan and hemoparasite vaccines*. Boca Raton, Florida, USA, CRC Press Inc., p. 31-42.
2. DU PLESSIS J.L., MALAN L., 1987. The application of the indirect fluorescent antibody test in research on heartwater. *Onderstepoort J. vet. Res.*, 54: 319-325.
3. DU PLESSIS J.L., MALAN L., 1987. The non-specific resistance of cattle to heartwater. *Onderstepoort J. vet. Res.*, 54: 333-336.

4. DU PLESSIS J.L., BEZUIDENHOUT J.D., LUDEMANN C.J.F., 1984. The immunization of calves against heartwater: subsequent immunity both in the absence and presence of natural tick challenge. *Onderstepoort J. vet. Res.*, 51: 193-196.

5. LAWRENCE J.A., WHITELAND A.P., MALIKA J., KAFUWA P., JONGEJAN F., 1993. Use of serological response to evaluate heartwater immunisation in cattle. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 46 (1-2): 211-215.

LAWRENCE (J.A.), TJORNEHOJ (K.), WHITELAND (A.P.), KAFUWA (P.T.). The serological response to heartwater immunization in cattle is an indicator of protective immunity. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1): 63-65

A significant correlation was demonstrated in Friesian-cross steers between the serological response to previous vaccination with the Ball 3 strain of *Cowdria ruminantium* and the development of protective immunity against the Kalota isolate from Malawi. Of 10 animals which seroconverted after vaccination, all were completely or partially immune to challenge. Ten of the 14 animals which failed to seroconvert were immune but the proportion was not significantly different from that in the unvaccinated controls (4/10). Of 29 animals vaccinated and treated simultaneously with a slow-release doxycycline implant, 13 failed to seroconvert, and of these, four were completely susceptible to challenge.

Key words: Cattle - Heartwater - *Cowdria ruminantium* - Immunology - Vaccine - Antibiotics.

6. NEITZ W.O., ALEXANDER R.A., 1941. The immunization of calves against heartwater. *J. S. Afr. vet. med. Ass.*, 12: 103-111.

7. NEITZ W.O., ALEXANDER R.A., 1945. Immunization of cattle against heartwater and control of tick-borne diseases, redwater, gallsickness and heartwater. *Onderstepoort J. vet. Sci. Anim. Ind.*, 20: 137-158.

8. PROVOST A., BEZUIDENHOUT J.D., 1987. The historical background and global importance of heartwater. *Onderstepoort J. vet. Res.*, 54: 165-169.

LAWRENCE (J.A.), TJORNEHOJ (K.), WHITELAND (A.P.), KAFUWA (P.T.). Respuesta serológica a la inmunización contra cowdriosis en ganado, como índice de inmunidad de protección. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 63-65

Se demostró una correlación significativa en toretes cruzados Friesian, entre la respuesta serológica a una vacunación previa con la cepa Ball 3 de *Cowdria ruminantium* y el desarrollo de inmunidad de protección contra aislamientos Kalota de Malawi. De 10 animales que mostraron seroconversión después de la vacunación, todos presentaron inmunidad completa o parcial al test. Diez de los 14 animales que no mostraron seroconversión, fueron inmunizados pero la proporción no fue significativamente diferente de la de los controles no vacunados (4/10). De los 29 animales vacunados y tratados simultáneamente con un implante de doxiciclina de liberación lenta, 13 no presentaron seroconversión, cuatro de los cuales fueron completamente susceptibles al test.

Palabras clave : Bovino - Cowdriosis - *Cowdria ruminantium* - Inmunología - Vacun - Antibiótico.

Alimentation séparée (céréales graines entières + aliment complémentaire granulé + coquilles d'huître) des poulettes et des poules pondeuses en climat chaud

T. Yo¹, M. Picard², H. Guerin³, P. Dauvilliers⁴

YO (T.), PICARD (M.), GUERIN (H.), DAUVILLIERS (P.). Alimentation séparée (céréales graines entières + aliment complémentaire granulé + coquilles d'huître) des poulettes et des poules pondeuses en climat chaud. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, **48** (1) : 67-76

Trois cents poulettes Isabrown ont reçu, de 5 à 42 semaines, soit une alimentation complète (AC) "témoin" en farine, soit une alimentation "séparée" (AS) en libre choix composée de maïs "graine entière", de coquilles d'huître et d'un aliment complémentaire granulé offert *ad libitum* (ASL) ou rationné pendant la ponte (ASR : 30 g/poule/j). L'ingestion globale d'aliment et la croissance des poulettes n'ont pas été modifiées par le régime jusqu'au débecquage pratiqué à l'âge de 10 semaines. Celui-ci a réduit la proportion d'aliment complémentaire consommé par les poulettes en ASL de 53 à 17 p. 100 de l'ingéré total. Les poulettes en ASL avaient un poids vif moyen à 18 semaines inférieur à celui des poulettes AC (1 524 et 1 600 g respectivement) et sont entrées en ponte un peu plus tard (intensité de ponte à 21 semaines : 5 et 25 p. 100 respectivement). Pendant la période 23-42 semaines, les performances de ponte et les caractéristiques des œufs n'ont pas été significativement influencées par le régime alimentaire. Les quantités globales d'aliments consommés par les poules en AS étaient significativement inférieures à celles des poules témoins AC. Par conséquent, les rendements énergétiques et protéiques des régimes étaient améliorés par l'alimentation séparée. Les poules ASL tendaient à surconsommer l'aliment complémentaire (50 g/j/poule au lieu de 30 g/j/poule pour les poules ASR) sans amélioration des productions. Dans ces conditions, l'alimentation séparée rationnée permet une utilisation directe efficace des céréales produites localement en réduisant les frais de transport, de broyage, de mélange et de granulation de l'aliment des poules pondeuses.

Mots clés : Poule pondeuse - Technique d'alimentation - Ressource alimentaire - Croissance - Ponte - Caractéristique de l'œuf - Climat tropical - Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

Plusieurs études récentes soulignent les limites de l'utilisation d'un aliment complet (AC) classique pour nourrir une poule chez qui la formation de l'œuf est un phénomène cyclique (34). L'existence chez les poules en ponte d'un appétit calcique spécifique a été largement démontrée (25, 26, 35) et a conduit à l'utilisation de la méthode de complémentation calcique (CC). Cette méthode consiste à offrir aux poules un aliment pauvre en calcium, complétement avec du calcium particulaire, généralement

sous forme de coquilles d'huître. Chez la poule en ponte, la CC entraîne une amélioration de la qualité de la coquille (épaisseur, index) par une ingestion calcique plus élevée et/ou l'augmentation de la proportion de calcium déposé au niveau de la coquille (29, 30). De plus, plusieurs études ont montré que la CC induit une augmentation de l'ingéré énergétique de la poule se traduisant, en climat chaud, par une amélioration du taux de ponte par rapport à l'aliment complet (31).

Si l'existence de l'appétit calcique de la poule pondeuse est bien établie, l'aptitude des volailles de souche ponte à s'adapter à une alimentation séparée (AS) offrant au choix une source énergétique, une source protéique et une source minérale ne semble pas encore clairement démontrée. Quelques auteurs ont montré que l'AS pendant la période pré-ponte n'a pas d'effets néfastes sur la croissance (9, 22, 32) ni sur l'âge de maturité sexuelle des poulettes (7, 36, 39). Cowan et Michie (8) et Karunajeewa et Tham (21) ont montré que l'utilisation de l'AS en période pré-ponte n'affecte pas non plus la ponte ultérieure de la poule. En revanche, l'AS semble induire chez la poulette une surconsommation des protéines, notamment à l'approche de la maturité sexuelle (22, 37).

Chez la poule en ponte, l'AS n'a pas d'incidence négative sur le taux de ponte (14, 20), le poids moyen de l'œuf (24) ou les proportions du jaune et du blanc de l'œuf (6). Toutefois, les auteurs signalent généralement une aptitude limitée de la poule, en situation de choix protéine/énergie, à réguler son ingéré alimentaire de manière adéquate sur une longue période. Plusieurs auteurs rapportent une surconsommation de protéines, sans effets positifs apparents sur la production d'œufs (12, 13, 20, 22), bien que Classen et Scott (7) signalent que les poules s'avèrent capables de réguler leur ingéré nutritionnel lorsque l'AS est introduite avant l'âge de maturité sexuelle.

Cette étude a été entreprise pour évaluer, en milieu tropical réel, l'effet de l'AS (avec du maïs non concassé) sur la croissance des poulettes, les performances de ponte, la qualité des œufs et le comportement alimentaire des poules. L'existence éventuelle d'une interaction entre les stratégies nutritionnelles (AS ou AC) utilisées successivement pendant les phases de pré-ponte et ponte est mesurée pour définir les conditions optimales d'adaptation des animaux à leur régime.

1. IDESSA-DRA, BP 633 Bouaké, Côte d'Ivoire.

2. INRA-SRA, 37380 Nouzilly, France.

3. CIRAD-EMVT, 10, rue Pierre Curie, 94704 Maisons-Alfort Cedex, France.

4. UFAC, 95450 Vigny, France.

Reçu le 9.11.1994, accepté le 7.3.1995.

TABLEAU I
Caractéristiques nutritionnelles des aliments utilisés au cours de l'essai

	AC croissance (5-8 S)	AC poulettes (9-18 S)	AC ponte (19-42 S)	Maïs	Complément protéiques
E.M. kcal/kg	2 912	2 931	2 497	3 257	2 050
P.B. (p. 100)	19,3	17,2	16,1	9,5	39,1
Lysine (p. 100)	1,05	—	—	0,27	3,11
A.A.S. (p. 100)	0,93	—	—	0,47	1,68
Ca (p. 100)	1,06	1,07	3,82	0,03	3,09
P assim. (p. 100)	0,5*	0,60*	0,70*	0,05**	1,70

* Données communiquées par le fabricant (SIPRA).

** Données extraites des tables INRA (1984).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Une expérience a été conduite en 2 phases au Département des Ressources animales de l'IDESSA (Bouaké) du 9 juillet 1992 au 28 avril 1993 : la première phase de 0 à 18 semaines d'âge sur la croissance des poulettes, et une seconde phase de 19 à 42 semaines sur les performances de ponte. La première phase a eu lieu en saison des pluies avec des températures minimales (hebdomadaires) comprises entre 21,5 et 25,5°C et les maximales comprises entre 28 et 33°C. La ponte a débuté en fin de saison des pluies et s'est poursuivie en saison sèche ; les températures minimales étaient alors de 20-24°C et les maximales de 30-35°C (fig. 1).

Phase d'élevage des poulettes (0-18 S)

Trois cents poussins de souche "Isabrown" ont été répartis en 10 groupes de 30 animaux dans des parquets de 6 m² d'un poulailler semi-ouvert à ventilation statique. Tous les animaux ont reçu pendant les 4 premières semaines un aliment complet contenant 22,7 p.100 de protéines brutes et 2 930 kcal d'EM/kg. Pendant la période expérimentale 5-18 S, 2 modes d'alimentation à volonté ont été comparés : l'AS (maïs graines entières + complément protéique) et l'aliment complet (AC) équilibré. Les caractéristiques nutritionnelles des aliments utilisés sont indiquées dans le tableau I. Les teneurs en EM ont été calculées avec l'équation de Janssen (19), pour le maïs, et l'équation CEE indiquée par Carré et Rozo (5) pour le complément protéique et les aliments complets.

Chaque régime (AS ou AC) a été distribué à 5 parquets de poulettes, soit 5 répétitions par traitement. Dans les parquets recevant le régime séparé (AS), le maïs et l'aliment complémentaire ont été distribués, séparément, à volonté dans 2 mangeoires siphonides disposées côte à côte au centre du parquet. Les consommations d'aliments ont été mesurées chaque semaine. Les poulettes ont été pesées individuellement à 2, 4, 6, 8, 10, 12 et 18 semaines d'âge. L'éclairage, continu pendant les 4 premiers jours, a été réduit à 18 h par nyctémère pour le reste de la période d'élevage. Au début de la dixième

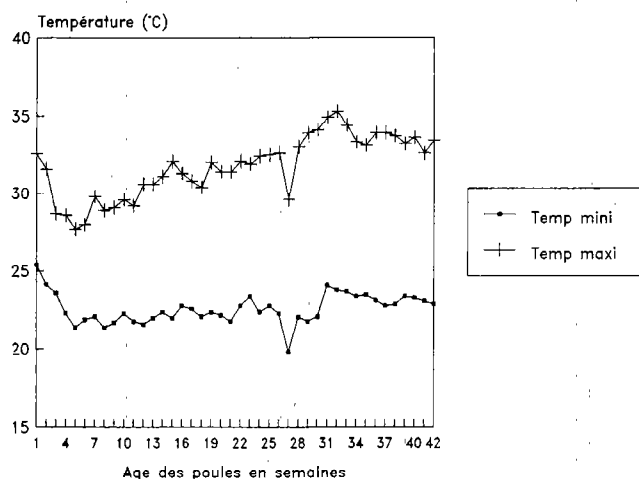


Figure 1 : Evolution de la température au cours de l'expérience.

semaine d'âge, toutes les poulettes ont subi un débécquage. A la douzième semaine, les animaux ont été répartis en 18 lots de 16/17 poulettes : 9 lots AC et 9 lots AS. Le type d'aliment reçu (AC ou AS) est resté le même pour chaque animal pendant toute la période expérimentale (5-18 S).

Phase de ponte (19-42 S)

La "phase de ponte" a débuté avec la 19e semaine. Un dispositif à 2 facteurs croisés a été adopté : le facteur 1 correspond au régime alimentaire en phase d'élevage (5-18 S) avec 2 niveaux (ac et as) et le facteur 2 au régime en phase de ponte avec 3 niveaux : aliment complet en farine (ACF), aliment séparé avec complément protéique à volonté (ASL) et aliment séparé avec complément protéique rationné à 30g/anim./j (ASR). Ce dispositif devait permettre de mettre en évidence une interaction éventuelle entre le mode d'alimentation en phase d'élevage et l'alimentation en phase de ponte. Il s'agit donc de comparer 6 stratégies alimentaires différentes : ACF (ac), ACF (as), ASL (ac), ASL (as), ASR (ac), ASR (as), les aliments reçus en période de croissance étant signalés entre parenthèses.

Chaque traitement a été appliqué à 3 parquets de 16/17 poules. Dans chaque parquet d'AS, les animaux disposaient au choix de 3 aliments : le maïs grains entières, le complément protéique granulé, disponibles séparément dans 2 mangeoires siphonides et les coquilles d'huître en particules grossières de 4-6 mm distribuées dans une mangeoire linéaire de 60 cm de long.

Les poules ont été pesées à 18 S (début d'essai), 28 S, 42 S d'âge (fin d'essai). Les consommations d'aliments ont été mesurées chaque semaine pour chaque parquet. La consommation d'eau a été mesurée toutes les 8 semaines pendant 2 jours consécutifs. Le nombre d'œufs pondus par parquet a été relevé quotidiennement et un taux de ponte moyen a été calculé pour chaque semaine et chaque période de 28 jours. A la fin de chaque période, pendant 3 jours consécutifs, tous les œufs ont été pesés individuellement. A 24 S, 28 S et 42 S d'âge, tous les œufs pondus au cours d'un nyctémère ont subi différentes mesures pour l'évaluation de la qualité : poids de l'œuf entier, poids du jaune, poids de la coquille et couleur du jaune. Le poids du jaune a été obtenu par pesée directe après séparation du blanc. La coquille entière a été lavée puis mise à l'étuve à 90°C pendant 12 h au moins avant d'être pesée. Le poids du blanc a été déduit par différence : poids du blanc = poids de l'œuf entier (poids du jaune + poids de la coquille). La couleur du jaune a été évaluée visuellement par comparaison avec l'échelle de "Roche" graduée de 1 à 15. Les paramètres relatifs à la quantité de coquille déposée ont été calculés suivant les équations indiquées par Bonnet et Mongin (3) ainsi que Sauveur (33) où :

$$- S \text{ (surface de l'œuf)} = K \cdot P^{2/3}$$

avec P = poids de l'œuf entier ; K = coefficient (4,67 à 4,69)

$$- I \text{ (index de coquille)} = C/S \cdot 100$$

avec C = poids de la coquille

$$- e \text{ (épaisseur de la coquille)} = I/23,5.$$

Analyse statistique

Les données recueillies ont été analysées à l'aide du logiciel STAT-ITCF. Les données relatives à la phase de croissance (5-18 S) ont été soumises à une analyse de variance à un facteur (facteur aliment) à deux niveaux (ac et as). En revanche, les données de la phase de ponte ont subi une analyse multifactorielle : type d'aliment en croissance avec 2 niveaux (ac et as), type d'aliment pendant la ponte avec 3 niveaux (acf, asl et asr) ainsi que le stade de ponte/âge de la poule avec 6 niveaux. L'analyse a été faite "pas à pas" pour chacune des 6 périodes de ponte afin de vérifier la signification des interactions régime croissance * régime ponte. Les moyennes ont été comparées à l'aide du test de comparaison multiple de Newman et Keuls.

RÉSULTATS

Phase pré-ponte

Gain de poids

L'évolution du poids vif est représentée par la figure 2. Jusqu'à 10 semaines d'âge, le poids vif des poulettes est identique pour les 2 régimes alimentaires ($p > 0,05$). Cependant, au cours de la période 10-12 S, suite au débecquage, la croissance des animaux recevant l'AS a été plus lente ; ce qui a conduit à un poids vif à 12 S et 18 S significativement plus faible qu'avec l'AC ($p < 0,001$). A 18 semaines d'âge, le poids vif moyen est de $1\ 600 \pm 155$ g pour l'AC et $1\ 524 \pm 159$ g pour l'AS.

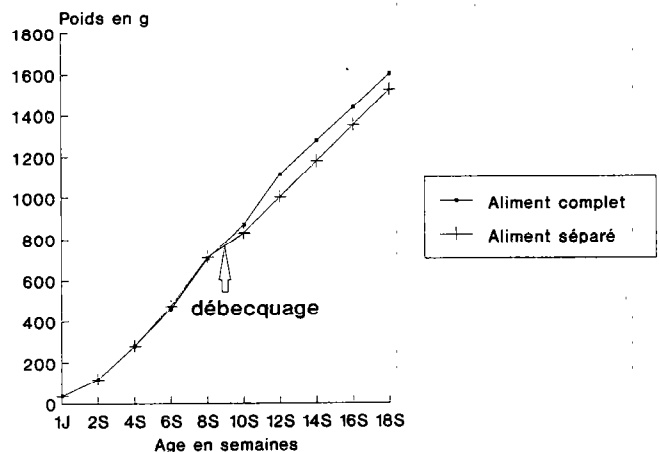


Figure 2 : Evolution du poids vif des poulettes (n = 150/traitement).

Ingestion d'aliments et efficacité nutritionnelle

Les ingestions d'aliments, d'énergie, de protéines et l'indice de consommation sont présentés dans le tableau II. L'ingestion totale d'aliment évolue de manière comparable pour les 2 régimes jusqu'à la 9e semaine : de 16 g/anim./j au cours de la première semaine, elle atteint 99 g à la 9e semaine pour l'AC et 88 g pour l'AS. A la 10e semaine, suite au débecquage, on observe une baisse brusque de la consommation. Chez les animaux recevant l'AS, cette baisse est due à une forte réduction de la consommation du complément protéique granulé. Les animaux retrouvent ensuite progressivement leur niveau d'ingestion antérieur ; cependant, cette reprise est plus lente pour les animaux en AS que pour les poulettes témoins recevant un aliment complet en farine (fig. 3).

En AS, la proportion de complément dans la ration quotidienne a été très variable. Au cours de la période de 5 à 9 S, elle varie de 50 à 60 p.100 de la ration, sauf pendant l'adaptation à la 5e semaine où il représente 40 p.100 de l'ingéré total. Ces taux correspondent à une teneur en

TABEAU II
Ingestion alimentaire et indices de consommation des poulettes
5-18 S (n = 150 / traitement)

	Mais + aliment protéique	Aliment complet
Période 4-9 S		
Poids vif 4 S (g)	280 ± 43a	279 ± 43a
Poids vif 10 S (g)	832 ± 108a	869 ± 107a
Consommation		
Céréales (g/anim./j)	29,9	—
Complément (g/anim./j)	33,8	—
Total (g/anim./j)	63,7a	70,2a
p. 100 complément	53,1 %	—
Protéines (g/anim./j)	16,5a	13,2b
Energie (kcal EM/anim./j)	166a	205b
Indices de consommation		
IC aliment (g aliment/g gain)	4,52a	4,82a
Rendement énergétique (kcal EM/g gain)	11,85a	14,1a
Rendement protéique (g protéines/g gain)	1,16a	0,91b
Période 10-18 S		
Poids vif 18 S	1 524 ± 150a	1 600 ± 155b
Consommation		
Céréale (g/anim./j)	46,2	—
Complément (g/anim./j)	10,0	—
Total (g/anim./j)	57,2a	75,3b
p. 100 complément	17,5 %	—
Protéines (g/anim./j)	8,7a	13,0a
Energie (kcal EM/anim./j)	175a	218b
Indices de consommation		
IC aliment (g aliment/g gain)	4,8a	5,8b
Rendement énergétique (kcal EM/g gain)	14,3a	17,0b
Rendement protéique (g protéines/g gain)	0,73a	1,06b

Les moyennes figurant sur la même ligne et portant la même lettre ne sont pas significativement différentes (p > 0,05).

protéines de 22 à 28 p.100 dans la ration ingérée. Après le débecquage, à 9 S d'âge, on observe un changement du comportement alimentaire des poulettes : l'ingestion du maïs continue d'augmenter tandis que la consommation de complément est réduite à environ 20 p.100 de l'ingéré total pour la période 10-18 semaines correspondant à une teneur en protéines de 15 à 16 p.100 dans la ration (fig. 4).

Les indices de consommation et l'efficacité protéique ne diffèrent pas significativement jusqu'à 9 semaines (p > 0,05) ; au-delà, ces indices, de même que l'efficacité protéique, sont meilleurs en AS qu'en AC (p < 0,0001).

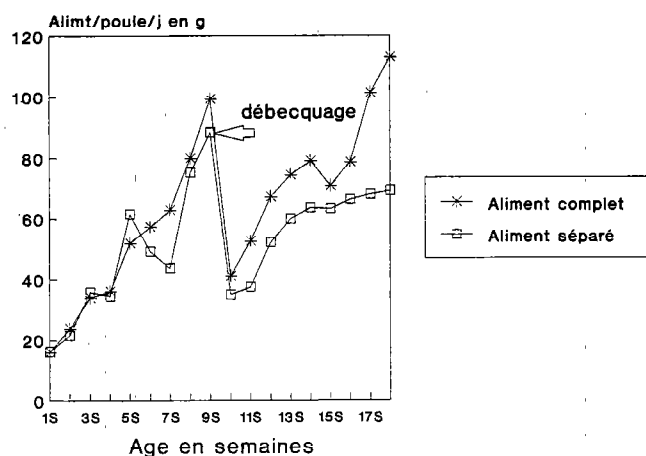


Figure 3 : Evolution de la consommation totale d'aliment de 0 à 18 semaines.

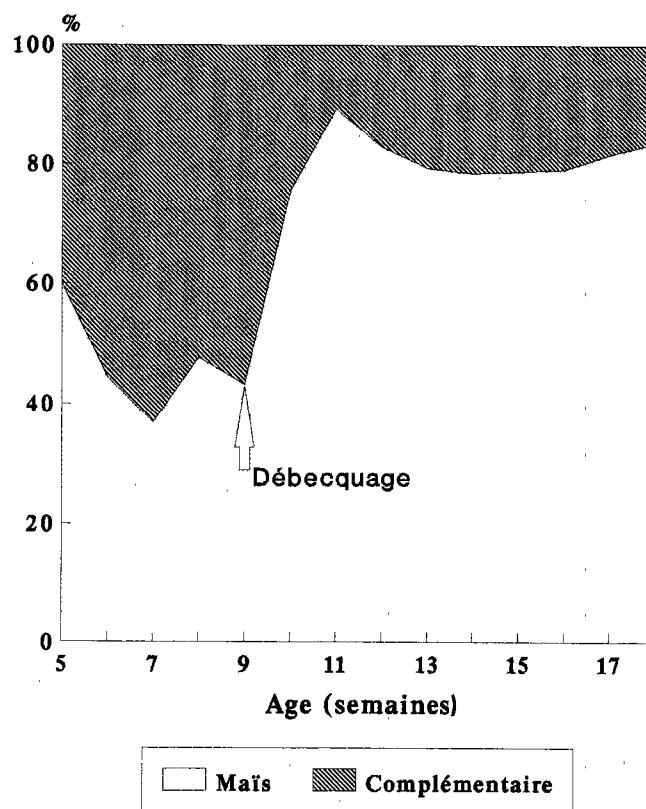


Figure 4 : Effet du débecquage sur le choix alimentaire des poulettes.

Phase ponte

Production d'œufs

L'évolution des taux de ponte est représentée par la figure 5. Les données relatives au poids moyen de l'œuf et à la masse d'œufs produite sont indiquées dans le tableau III.

Chez les animaux ayant reçu l'AS en période pré-ponte, on observe un retard de la date d'entrée en ponte : à 21 S

TABLEAU III
Production d'œufs et évolution de quelques paramètres de qualité de l'œuf (19-42 S)

	AC (ac)	AC (as)	ASL (ac)	ASL (as)	ASR (ac)	ASR (as)
Production d'œufs						
Masse d'œufs (g/poule/j)	37,8a	37,2a	37,0a	36,0a	37,7a	33,7b
Poids moyen de l'œuf	56,1 ± 4,4a	56,8 ± 5,6a	57,4 ± 5,5 a	58,3 ± 5,3	56,2 ± 4,0	56,3 ± 3,7a
Qualité de la coquille						
Index	8,1 ± 0,46a	8,3 ± 0,49a	8,0 ± 0,65a	8,0 ± 0,54a	7,9 ± 0,58a	8,0 ± 0,60a
p. 100 coquille	9,9 ± 0,60a	10,0 ± 0,62a	9,6 ± 0,69a	9,7 ± 0,71a	9,6 ± 0,69a	9,7 ± 0,75a
Blanc et jaune de l'œuf						
p. 100 Jaune	25,2 ± 1,54a	24,9 ± 1,71a	25,1 ± 1,92a	25,3 ± 1,88a	25,6 ± 1,53a	25,2 ± 1,97a
p. 100 Blanc	65,0 ± 1,70a	65,1 ± 1,74a	65,3 ± 1,98a	65,0 ± 2,11a	64,8 ± 1,66a	65,1 ± 2,34a
Intensité coloration du jaune	24 S 9,4 ± 1,18a	9,2 ± 0,89a	7,9 ± 1,03b	8,5 ± 0,85ab	7,6 ± 0,95b	8,2 ± 0,95ab
	28 S 12,2 ± 0,64a	12,3 ± 0,57a	7,5 ± 1,17b	7,7 ± 1,38b	7,4 ± 7,08b	8,1 ± 0,70b
	42 S 10,2 ± 1,21a	10,4 ± 0,78a	8,1 ± 0,50b	7,5 ± 0,91c	7,4 ± 0,54c	7,7 ± 0,62bc

Les moyennes figurant sur la même ligne et portant la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

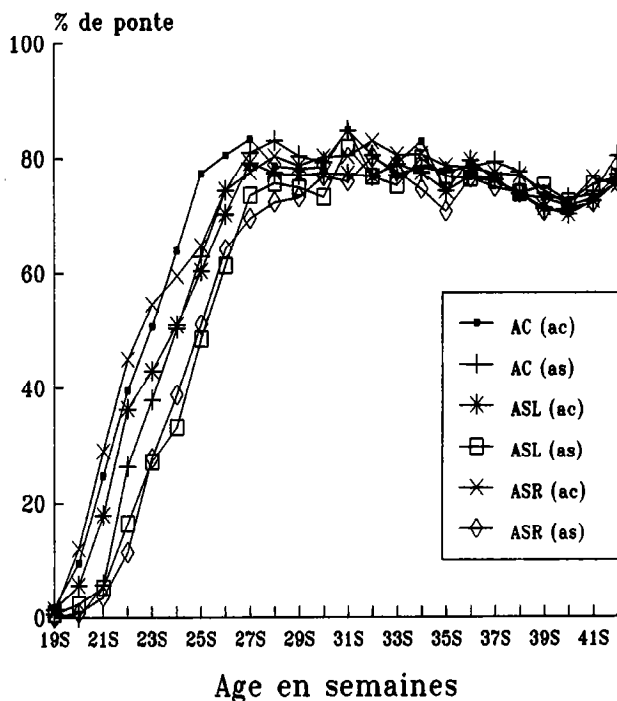


Figure 5 : Evolution du taux de ponte.

d'âge, ces poules ont un taux de ponte de 5 p.100 contre 25 p.100 pour celles ayant été nourries à l'AC. Compte tenu de ce décalage, on observe, pour les 2 premières périodes (19-26 S), une production d'œufs plus faible chez les poules nourries avec l'AS avant le début de la ponte ($p < 0,001$). Cet effet s'estompe par la suite. Pendant la période de ponte (27-42 S), le type d'aliment (AC, ASL ou ASR) n'a pas d'effet sur le taux de ponte ou la masse d'œufs produite ($p > 0,05$). En revanche, il a une influence significative sur le poids moyen de l'œuf

($p < 0,001$) : l'ASL donne des œufs plus lourds que l'AC et l'ASR. Cette différence apparaît à partir de la période 3 et persiste par la suite. L'alimentation avant la ponte n'affecte pas les poids moyens de l'œuf ($p > 0,05$). L'analyse unifactorielle sur les 6 combinaisons alimentaires utilisées montre, pour l'ensemble de la période 19-42 S que les masses d'œufs produites avec l'AC (ac), l'AC (as), l'ASL (ac), l'ASL (as) et l'ASR (ac) ne diffèrent pas significativement ($p > 0,05$). Seule la combinaison ASR (as) donne une production plus faible ($p < 0,05$). Il n'y a pas d'interaction aliments pré-ponte/ponte sur la production d'œufs ($p > 0,05$).

Paramètres de qualité de l'œuf

Le tableau III indique l'influence des différentes combinaisons alimentaires sur quelques caractéristiques de l'œuf. D'une manière générale, on observe que le type d'alimentation n'affecte pas le pourcentage de jaune ou de blanc de l'œuf ($p > 0,05$). En revanche, le ratio jaune/poids total de l'œuf augmente avec l'âge de la poule ($p < 0,001$) tandis que la part du blanc diminue.

Le type de combinaison alimentaire utilisé n'a généralement pas eu d'effet significatif sur l'index ou le pourcentage de coquille ; toutefois, à 28 S d'âge, les œufs du traitement ASR (ac) ont présenté un index de coquille inférieur à ceux du traitement AC (as). Le pourcentage de coquille tend à diminuer avec l'âge passant de 9,99 à 9,72 et 9,49 p.100 à 24, 28 et 42 semaines respectivement.

Les poules consommant l'AC produisent des jaunes plus colorés ($p < 0,001$) que celles recevant l'ASL ou l'ASR. L'interaction aliment * âge observée sur la coloration du jaune est due à l'AC dont la composition en matières premières a dû varier au cours de l'expérimentation.

Evolution du poids vif des poules

Les poules nourries pendant la ponte en régime ASL ont eu les gains de poids les plus élevés (3,64 g/j) contre 2,78 g/j pour l'ACF et 2,48 g/j pour l'ASR. Les poules ayant reçu l'AS en phase pré-ponte ont eu, pendant la ponte, une croissance plus forte (3,26 g/j pour l'AS contre 2,67 pour l'AC) et ont pu rattraper leur retard pondéral après 10 semaines de ponte.

Ingestion d'aliments et efficacité nutritionnelle

L'ingestion moyenne d'aliments, de nutriments et les indices de consommation sont rapportés dans le tableau IV. Les poules recevant une alimentation séparée ingèrent, à tous les âges, nettement moins d'aliment que celles en AC ($p < 0,001$). Les poules recevant le complément protéique à volonté (ASL) consomment plus d'aliment que celles rationnées à 30 g/j de complément. Le surplus de consommation est dû à une ingestion plus élevée de complément en régime libre. Chez les poules rationnées, l'ingestion de complément n'a effectivement atteint 30 g/j qu'après 8 semaines ; par la suite, cette quantité de complément était consommée en totalité en 4 à 5 h après distribution.

Les quantités de maïs consommées pendant les 4 premières périodes de ponte en ASL et ASR sont identiques ($p > 0,05$). Ce qui indique que l'appétit pour le complément n'est pas reporté sur le maïs. Toutefois, une compensation partielle est apparue au cours des 2 dernières périodes où les animaux en ASR consomment 6 à 9 g de maïs de plus qu'en ASL. Les animaux habitués à l'AS en période pré-ponte consomment pendant la ponte un peu plus de maïs que ceux ayant été élevés avec l'AC (3-6 g/anim./j) ; cette différence s'estompe toutefois après les 4 premières périodes. La consommation du complément qui a représenté, en moyenne, 28 p.100 de la ration en ASR a été nettement plus élevée avec le régime ASL, notamment à partir de la période 26-30 S : 40 à 46 p.100.

Le régime alimentaire n'a pas affecté significativement la quantité d'eau bue par les poules ($p > 0,05$), probablement du fait de la forte variabilité inter-parquets. Toutefois, le ratio eau/aliment pour les régimes séparés (2,6 à 4) est deux fois supérieur à celui observé sur AC (1,2 à 1,8) ($p < 0,001$) (tabl. V).

Pendant la période 23-42 S, l'aliment complet à volonté a entraîné une ingestion d'énergie élevée (386 kcal), supérieure à l'ASL (298 kcal) et à l'ASR (269 kcal). En revanche, le type de régime pré-ponte n'influence pas significativement ce paramètre ($p > 0,05$). Compte tenu du rationnement du complément protéique, les poules du traitement ASR ont eu la plus faible ingestion de protéines ($p < 0,001$) : 17,9 g/poule/j contre 25,6 g pour l'ASL et 25,0 g pour l'AC. Dans l'ensemble, les animaux en AC ont ingéré quotidiennement plus de calcium

(5,90 g) que ceux en ASL (4,66 g) ou en ASR (3,75 g). L'effet de l'alimentation pré-ponte observé sur l'ingéré protéique et calcique au cours des 2 premières périodes (19-26 S) est dû au retard d'entrée en ponte déjà signalé.

Les poules recevant un régime séparé (ASL ou ASR) ont eu un indice de consommation (g aliment/g œuf + g gain de poids) inférieur à celles consommant un aliment complet ($p < 0,001$). Pour cette période (23-42 S), l'IC était en moyenne de 3,38, 2,61, 2,37 respectivement pour l'AC, l'ASL et l'ASR. Le rendement énergétique (Kcal EM/g œuf + g gain de poids) varie dans le même sens que l'IC d'aliment. Il a été de 8,44 pour l'AC, 6,69 pour l'ASL et 6,29 pour l'ASR. Le rendement protéique (g protéines/g œuf + g gain de poids) a été de 0,55, 0,57 et 0,42 respectivement pour l'AC, l'ASL et l'ASR.

DISCUSSION

Les observations faites au cours de cette étude sur les poulettes en croissance et les poules en phase de production recevant une alimentation séparée montrent que les animaux de souche ponte, en situation de choix, ont un comportement alimentaire plus complexe que les poulets de chair (41).

Chez la poulette en période d'élevage, l'utilisation d'un système d'alimentation offrant un libre choix entre une source énergétique et une source protéique a permis d'obtenir une croissance pondérale identique à celle mesurée chez les poulettes consommant un aliment complet, sauf au cours des 3 semaines ayant suivi l'opération de débécage effectuée au début de la 10^e semaine d'âge. Cette opération a entraîné une diminution importante de la consommation d'aliment complémentaire granulé qui est passée de 34 g/poulette/j avant l'épointage du bec (5-9 S) à 10 g/poulette/j après cette opération (10-8 S). En revanche, le niveau d'ingestion du maïs était maintenu, voire accru. Ainsi, le complémentaire qui représentait 50 à 60 p.100 de l'ingéré total avant le débécage n'en constituait plus que 17,5 p.100 après l'opération. Cette modification du choix alimentaire a fait diminuer la concentration protéique de la ration de 22-28 p.100 (5-9 S) à 15-16 p.100 (10-18 S).

Si la surconsommation de protéines observée au cours de la première période correspond assez bien aux résultats déjà signalés par d'autres auteurs (22, 24, 37), l'effet important du débécage sur le niveau d'ingestion du granulé protéique reste difficile à expliquer. Plusieurs études ont également montré que le débécage des poulettes entraîne une réduction de l'ingéré et une croissance pondérale plus faible (11). Cet effet persiste généralement pendant 5 semaines et est plus accentué avec un aliment présenté en granulés (10). La douleur et la gêne induites par la section du bec ont généralement été évoquées pour expliquer cette réduction de l'ingestion.

TABLEAU IV
Production, consommation moyenne d'aliments et indices de consommation au cours de la période 23-42 S
(n = 50 poules/traitement)

	AC (ac)	AC (as)	ASL (ac)	ASL (as)	ASR (ac)	ASR (as)
Production						
Taux de ponte (p. 100)	75,4a	74,2a	72,0a	69,7a	74,7a	68,3a
Poids moyen de l'œuf (g)	57,8 ± 4,0a	58,7a ± 3,8a	59,4a ± 4,0a	60,1 ± 3,9a	57,6 ± 4,3a	57,6 ± 4,5a
Masse d'œufs (g/poule/j)	43,6a	43,6a	42,7a	41,9a	43,0a	39,3a
Consommation						
Céréale (g/anim./j)	—	—	58,1b	63,0ab	62,0ab	65,9a
Complément (g/anim./j)	—	—	50,3a	48,3a	29,7b	29,1b
Coquilles (g/anim./j)	—	—	8,50a	7,95a	7,89a	6,97a
Total (g/anim./j)	155a	154a	117b	119b	100c	102c
p. 100 complément	—	—	43 %	40,5 %	29,8 %	28,5 %
Protéines (g/anim./j)	25,0a	24,9a	25,7a	25,4a	17,8b	17,9b
Energie (kcal EM/anim./j)	387a	385a	292b	304b	263b	274b
Calcium (g/anim./j)	5,92a	5,88a	4,79b	4,52bc	3,93cd	3,56d
Indice de consommation						
IC aliment (g aliment/g œuf + g gain)	3,40a	3,37a	2,58b	2,64b	2,24b	2,49b
Rendement énergétique (kcal EM/g œuf + g gain)	8,47a	8,40a	6,47b	6,93b	5,91b	6,72b
Rendement protéique (g protéines/g œuf + g gain)	0,55a	0,54a	0,57a	0,57a	0,40b	0,44b

Les moyennes figurant sur la même ligne et portant la même lettre ne sont pas significativement différentes (p > 0,05).

TABLEAU V
Ingestion moyenne d'eau et rapport eau/aliment
(n = 50 poules/traitement)

	AC (ac)	AC (as)	ASL (ac)	ASL (as)	ASR (ac)	ASR (as)
Consommation d'eau (g/anim./j)						
24 S	226a	225a	284a	276a	275a	254a
32 S	254a	267a	361a	390a	334a	386a
40 S	264a	301a	356a	344a	323a	336a
Ratio eau/aliment						
24 S	1,18a	1,41a	2,62b	2,58b	3,00b	2,68b
32 S	1,57c	1,74c	3,14b	3,23b	3,48ab	4,03a
40 S	1,65a	1,84a	2,82b	2,74b	3,14b	3,21b

Les moyennes figurant sur la même ligne et portant la même lettre ne sont pas significativement différentes (p > 0,05).

De plus, les volailles disposent au niveau du bec d'un ensemble de mécanorécepteurs qui jouent un rôle capital dans la prise et le transport des particules alimentaires vers la cavité buccale (2, 15, 23). Ces récepteurs permettent à l'animal d'opérer une discrimination très fine des particules alimentaires ; tout dommage au bec entraîne une importante modification des capacités sensorielles de l'animal (1) et peut être de ses choix alimentaires ?

En dehors de la période 10-12 S, la forte réduction du taux d'aliment protéique n'a pas altéré la croissance des

poulettes ; cela suggère que le choix alimentaire des animaux pendant cette période était probablement compatible avec leurs besoins de croissance. Le taux de protéines dans la ration de 15-16 p.100 correspond assez bien aux recommandations nutritionnelles de l'INRA (1984) et du sélectionneur (ISA, 1990) pour les poulettes d'élevage.

En période de ponte, la distribution d'un régime séparé, constitué de maïs, d'un aliment complémentaire en granulé et d'une source particulière de calcium, n'a pas eu

d'effet négatif sur la production des poules. Cependant, on a observé que les poulettes ayant reçu l'AS pendant la période pré-ponte montrent pendant les 8 premières semaines de ponte un niveau de production inférieur à celles élevées avec l'AC. Ainsi, alors que les poules élevées avec l'AC atteignent à 21 S d'âge un taux de ponte de 25 p.100, celles ayant reçu l'AS ont un niveau de ponte de 5 p.100. Cette différence est plus le reflet d'un retard de la maturité sexuelle qu'un effet *per se* du type d'alimentation pré-ponte. En effet, on a montré que les perturbations du débecquage ont entraîné chez ces animaux un poids vif à 18 S plus faible (1 524 g) que ceux ayant reçu l'AC (1 600 g). Ces poules ont rattrapé leur retard pondéral au bout de 10 semaines de ponte. Pendant cette période, elles ont dû mobiliser une partie relativement importante des nutriments ingérés pour leur croissance corporelle, aux dépens de la production d'œufs.

L'ensemble des résultats analysant les paramètres de production ont montré qu'il n'y a pas eu d'interaction significative entre les systèmes d'alimentation (AS ou AC) en "phase poulette" et en "phase ponte" conformément aux résultats de Karunajeewa et Tham (21) et Robinson (32). Cowan et Michie (8) ont également observé que l'AS chez les poulettes n'a pas d'effet négatif sur les performances ultérieures de ponte. Cela suggère que l'AS peut être introduite à l'entrée en ponte sans risque de baisse de performance, même si les poulettes n'ont pas été adaptées à ce mode d'alimentation pendant la phase d'élevage.

Certains résultats obtenus en chambres climatiques signalent qu'en température élevée (25-35°C), l'AS permet d'obtenir un taux de ponte supérieur à l'AC, au moment de l'entrée en ponte (38). Dans la présente étude, cet avantage de l'AS n'a pas été observé. Cela pourrait s'expliquer par l'évolution favorable de la température qui a été, en moyenne, de 27-28°C et dont les maxima ont rarement atteint 34-35°C (fig. 1). Des essais en climat plus chaud et plus humide (Abidjan, Douala) ou en condition sèche et très chaude (Sahel) pourraient permettre de vérifier cet avantage.

Au cours de cette expérience, les poules ayant eu libre accès au maïs et à l'aliment protéique ont montré une surconsommation de protéines entraînant une augmentation du poids moyen des œufs mais sans augmentation du taux de ponte ou de la masse d'œufs produite. Beaucoup de doute demeure donc quant à la capacité de la poule pondeuse à "optimiser" son choix alimentaire en fonction de ses besoins de production (16, 22) contrairement aux poulets de chair qui ont montré une assez bonne aptitude à réguler leur ingéré nutritionnel en situation de choix (41). Les performances obtenues avec le régime rationné (ASR) montrent que cette surconsommation correspond à un gaspillage et qu'elle peut être corrigée par la distribution d'une quantité limitée d'aliment complémentaire. Toutefois, le rationnement du complémentaire à 30 g/anim./j semble quelque peu sévère vu le poids moyen des œufs légèrement plus faible que ceux

obtenus avec l'aliment complet. Dans la pratique, on pourrait proposer la distribution à volonté du complémentaire de type C1 pendant les 8 premières semaines de ponte (adaptation), puis le rationnement à 35 g par poule et par jour pendant le reste de la période de ponte. Le niveau de consommation observé sur AC semble très élevé (155 g) et pourrait être dû à un gaspillage d'aliment.

Les poules rationnées en aliment complémentaire à 30 g/j ne reportent pas leur appétit sur le maïs, comme on pouvait le supposer ; la consommation de la plupart des nutriments en ASR est donc globalement plus faible qu'en ASL. La réduction de l'ingéré énergétique en AS (ASR et à moindre titre ASL) comparativement à l'AC, sans réduction significative des performances, conduit à une amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'énergie (pour l'ASR et l'ASL) et des protéines (pour l'ASR). L'amélioration de l'indice de consommation de la ration en AS a déjà été signalée par Kiiskinen (22) et Karunajeewa (20). Chah et Moran (6) expliquent ce phénomène par un meilleur ajustement chronologique entre l'ingestion de nutriments et le cycle de formation de l'œuf.

Du fait de son importance économique, l'évolution des caractéristiques de la coquille avec les régimes alimentaires a fait l'objet de nombreuses études. En effet, Smith (40) indique que la fréquence de casse pendant le transport est très faible pour les œufs ayant une coquille de 0,35 mm d'épaisseur mais quasi totale pour les coquilles mesurant seulement 0,25 mm d'épaisseur. La plupart des travaux menés sur l'alimentation calcique séparée ont montré une amélioration du poids, de l'épaisseur, et donc une meilleure résistance à la casse des coquilles (4, 27, 29, 30) du fait d'une ingestion plus élevée de calcium ou d'une meilleure utilisation du calcium ingéré. Chez les poules disposant d'un choix alimentaire plus large (énergie, protéines, calcium), plusieurs auteurs n'ont pu observer cette amélioration (6, 22, 24). Au cours de la présente étude, bien qu'aucun avantage apparent n'ait été observé au niveau des coquilles de l'ASL et de l'ASR, le ratio quantité de coquille déposée/ingéré calcique permet de déduire une meilleure utilisation du calcium dans les régimes séparés.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent qu'il est possible, en milieu tropical, d'utiliser un régime fractionné pour alimenter les poules en ponte sans incidence négative sur leur niveau de production. Il apparaît toutefois nécessaire de rationner la source de protéines en vue d'éviter un gaspillage. Un apprentissage préalable en période d'élevage ne semble pas indispensable.

En période pré-ponte, l'utilisation du système d'AS permet une croissance des poulettes comparable à l'AC. Cependant, le débecquage qui induit une perturbation des choix alimentaires a, dans les conditions de l'étude, réduit la vitesse de croissance et entraîné un retard

d'entrée en ponte des poulettes recevant une alimentation séparée sans toutefois affecter la production ultérieure en ponte. La tendance des poulettes à surconsommer les protéines, l'incidence encore inexplicée du débècquage et la difficulté de rationner un animal en pleine croissance, imposent que des informations supplémentaires soient acquises sur l'utilisation de l'AS pendant la phase pré-ponte.

En définitive, l'utilisation de la technique d'AS pourrait apparaître comme une solution économique pour nourrir les poules en ponte en milieu tropical. En effet, la perspective de valorisation directe des surplus de céréales disponibles sur l'exploitation devrait aboutir à la réduction d'achats d'aliments composés et à la diminution des coûts de production.

REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié d'un financement du Fonds d'Aide et de Coopération (FAC) dans le cadre du programme "Recherche-développement pour l'association agriculture-élevage en zone de savane". Les compléments protéiques utilisés ont été mis à notre disposition par l'UFAC (Vigny, France).

BIBLIOGRAPHIE

- APPLEBY M.C., HUGHES B.O., ELSON H.A., 1992. Poultry production systems: behaviour, management and welfare. Wallingford, U.K., CAB International, 238 p.
- BERKOUDT H., 1980. The morphology and distribution of cutaneous mechanoreceptors in bill and tongue of mallard (*Annas platyrhynchos*, L.). *Neth. J. Zool.*, 30: 1-34.
- BONNET Y., MONGIN P., 1965. Mesure de la surface de l'œuf. *Annls Zootech.*, 14 (4) : 311-317.
- BRISTER R.D., LINTON S.S., CREGER C.R., 1981. Effect of dietary calcium sources and particle size on laying hen performance. *Poult. Sci.*, 60: 2648-2654.
- CARRE B., ROZO E., 1990. La prédiction de la valeur énergétique des matières premières destinées à l'aviculture. *Prod. anim.*, 3 (3) : 163-169.
- CHAH C.C., MORAN Jr, E.T., 1985. Egg characteristics of high performance hens at the end of lay when given cafeteria access to energy, protein and calcium. *Poult. Sci.*, 64: 1696-1712.
- CLASSEN H.L., SCOTT T.A., 1982. Self-selection of calcium during the rearing and early laying periods of white leghorn pullets. *Poult. Sci.*, 61: 2065-2074.
- COWAN P.J., MICHIE W., 1979. Choice feeding of the fowl during rearing and lay. *Wld Rev. Anim. Prod.*, 15 (3): 47-50.
- COWAN P.J., MICHIE W., ROELLE D.J., 1978. Choice feeding of the egg-type pullet. *Br. Poult. Sci.*, 19: 153-157.
- DEATON J.W., LOTT B.D., MAY J.D., 1988. Effect of beak trimming on body weight and feed intake of broiler roasters fed pellets or mash. *Poult. Sci.*, 67: 1514-1517.
- DUNCAN I.J.H., GILLIAN S.L., ELAINE SEAWRIGHT, BREWARD J., 1989. Behavioural consequences of partial beak amputation (beak trimming) in poultry. *Br. Poult. Sci.*, 30: 479-488.
- EMERY D.A., VOHRA P., ERNST R.A., BURGER R.E., 1990. Egg production and shell quality as influenced by choice-feeding of hens. *Appl. Agric. Res.*, 5(1): 70-74.
- EMMERSON D.E., DENBOW D.M., HULET R.M., 1990. Protein and energy self-selection by turkey hens: reproductive performance. *Br. Poult. Sci.*, 31(2): 283-292.
- FARREL D.J., HAMID R.J., HUTAGALUNG R.I., 1981. Free choice feeding of laying hens in the humid tropics. *Trop. Anim. Prod.*, 6 (1): 22-29.
- GENTLE M.J., 1979. Sensory control of food intake. In: Boorman K.N., Freeman B.M. eds, Food intake regulation in poultry. Edinburgh, Scotland, U.K., Br. Poult. Sci. Ltd, p. 259-273.
- HUGHES B.O., 1984. The principles underlying choice feeding behaviour in fowls - with special reference to production experiments. *Wld's Poult. Sci. J.*, 40 (2): 141-150.
- Institut national de recherches agronomiques, 1984. L'alimentation des monogastriques : porc, lapin, volailles. Paris, France, INRA, 282 p.
- Institut de sélection animale, 1990. Guide d'élevage des pondeuses Isabrown. Lyon, France, ISA, 40 p.
- JANSSEN W.M.M.A., 1988. European table of energy values for poultry feedstuffs. Wageningen, Pays-Bas, Grafischbedrijf Ponson et Looijen bv Wageningen, 2nd ed., p. 1-13.
- KARUNAJEEWA H., 1978. The performance of cross-bred hens given free choice feeding of whole grains and a concentrate mixture and the influence of source of xanthophyll on yolk colour. *Br. Poult. Sci.*, 19: 699-708.
- KARUNAJEEWA H., THAM S.H., 1984. Choice feeding of the replacement pullet on whole grains and subsequent performance on laying diets. *Br. Poult. Sci.*, 25 (1): 99-109.
- KIISKINEN T., 1987. Influence of choice feeding on the performance of growing pullets and laying hens. *Annls Agric. Fenniae*, 26 (2): 131-144.
- KUENZEL W.J., 1989. Neuroanatomical substrates involved in the control of food intake. *Poult. Sci.*, 68: 926-937.
- LENNARD R.M., ROLAND D.D.A., 1981. The influence of time of dietary calcium intake on shell quality. *Poult. Sci.*, 60: 2106-2113.
- LEESON S., SUMMERS J.D., 1977. Dietary self-selection by poultry. *Feedstuffs*, 49 (19): 21-24.
- LEESON S., SUMMERS J.D., 1979. Dietary self-selection by layers. *Poult. Sci.*, 58: 646-651.
- MARCH B.E., AMIN M., 1981. Dietary limestone versus extra-dietary oyster shell as calcium supplements to different layer diets. *Poult. Sci.*, 60: 591-597.
- NIR I., MELCION J.P., PICARD M., 1990. Effect of particle size of sorghum grains on feed intake and performance of young broilers. *Poult. Sci.*, 69: 2177-2184.
- NYS Y., 1990. Qualité de la coquille de l'œuf. *Revue Alim. anim.*, 440 : 43-44.
- PICARD M., 1985. Heat effects on the laying hen: Protein nutrition and food intake. Proc. 5th Europ. Symp. Poult. Nut. Maale Hachamisha, Israel, 27-31 October 1985, p. 65-72.
- PICARD M., ANTOINE H., SAUVEUR B., 1986. Influence de l'alimentation calcique séparée sur l'ingéré énergétique de la poule pondeuse soumise à un stress thermique. In : Larbier M. ed., Proc. of the 7th Europ. Poult. Conf., Paris 24-28 août 1986. Paris, WPSA, Branche Française, p. 406-410.

T. Yo M. Picard H. Guerin P. Dauvilliers

32. ROBINSON D., 1985. Performance of laying hens as affected by split time and split composition dietary regimens using ground and unground cereals. *Br. Poult. Sci.*, 26 (3): 299-309.
33. SAUVEUR B., 1988. Reproduction des volailles et production d'œufs. Paris, France, INRA, 449 p.
34. SAUVEUR B., 1992. Adaptation des apports alimentaires aux variations journalières des besoins en calcium et phosphore de la poule. *Prod. anim.*, 5 (1) : 19-28.
35. SAUVEUR B., MONGIN P., 1974. Effects of time-limited calcium meal upon food and calcium ingestion and egg quality. *Br. Poult. Sci.*, 15: 305-313.
36. SCOTT T.A., BALNAVE D., 1985. Choice feeding of pullets at high environmental temperature. In: Cumming R.B. ed, Recent advances in animal nutrition in Australia. Proc. Symp. University of New England, November 24-27, 1985, unnumbered part.

YO (T.), PICARD (M.), GUERIN (H.), DAUVILLIERS (P.). Free choice feeding (whole-grain maize + complementary pellet concentrate + oyster shells) of pullets and laying hens in a hot climate. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1): 67-76

Between the age of 5 and 42 weeks, 300 pullets Isabrown were fed either a control complete mash feed (CMF) or a free choice (FC) between whole grain-maize, oyster shells and a complementary pelleted concentrate offered *ad libitum* (aFC) or restricted (30 g/hen/day) during the laying period (rFC). Feed intake and growth of pullets were not modified by the diets until debeaking at 10 weeks. Debeaking decreased intake of complementary concentrate from 53 to 17 % of total intake. At 18 weeks, FC pullets weighed less than CMF (1,524 and 1,600 g, respectively) and began to lay a little later: laying intensity at 21 weeks was 5 and 25 % respectively. Between 23 and 42 weeks of age, laying production and egg quality were not significantly influenced by the diet. Total feed intake of FC hens was significantly lower than for the CMF control group. Thus, the efficiency of energy and protein utilisation was better with FC. aFC tended to overconsume the complementary feed (50 g/day/hen instead of 30 g/day with rFC) without improving production. Under these conditions, free choice feeding with a restriction on the complementary feed promotes the direct use of locally-produced cereals, saving on transportation, grinding, mixing and pelleting costs of feeds for laying hens.

Key words: Laying chicken - Feeding system - Food resource - Growth - Oviposition - Egg character - Tropical climate - Côte d'Ivoire.

37. SCOTT T.A., BALNAVE D., 1986. The influence of dietary self-selection on performance of young laying pullets under hot and cold environmental temperatures. In: Larbier M. ed, Proc. of the 7th Europ. Poult. Conf., Paris, 24-28 Août 1986, WPSA, Branche Française, p. 401-405.

38. SCOTT T., BALNAVE D., 1988. Comparison between concentrated complete diets and self-selection for feeding sexually-maturing pullets at hot temperatures. *Br. Poult. Sci.*, 29: 613-625.

39. SCOTT T., BALNAVE D., 1989. Response of sexually maturing pullets to self-selection feeding under different temperatures and lighting regimes. *Br. Poult. Sci.*, 30: 135-150.

40. SMITH A.J., 1990. Poultry. London, U.K., The Mcmillan Press Ltd, 218 p.

41. YO T., PICARD M., GUERIN H., DAUVILLIERS P., 1994. Alimentación separée (céréales grains entières + aliment complémentaire granulé) chez les poulets de chair en climat chaud. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 47 (3) : 319-327.

YO (T.), PICARD (M.), GUERIN (H.), DAUVILLIERS (P.). Alimentación libre (granos enteros de cereales + suplemento granulado + concha de ostra) para pollitas y ponedoras en clima cálido. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 67-76

Trescientas pollas Isabrown recibieron de 5 a 42 semanas una alimentación control completa en harina (AC), o una alimentación libre (AS) de granos enteros de maíz, concha de ostra y un suplemento granulado, *ad libitum* (ASL) o controlado durante la postura (ASR: 30g/ponedora/día). Hasta el momento del recorte de pico, a las 10 semanas, la ingestión total de alimento y el crecimiento de las pollitas no fueron modificados por el régimen. Este recorte redujo la proporción de suplemento ingerido por las pollitas en ASL de 53 a 17 p. 100 de la ingestión total. Las pollas en ASL presentaron un peso vivo medio a 18 semanas inferior al de las pollas AC (1 524 y 1 600 g respectivamente), con una postura un poco tardía (intensidad de postura a 21 semanas : 5 y 25 p. 100 respectivamente). Durante el período de 23 - 42 semanas, los rendimientos de postura y las características de los huevos no fueron influenciados en forma significativa por el régimen alimenticio. Las cantidades globales de alimentos consumidos por las gallinas en AS fueron significativamente inferiores a las de las gallinas testigo AC. Por lo tanto, los rendimientos energéticos y proteicos de los regímenes fueron mejorados mediante la alimentación libre. Las gallinas ASL presentaron una tendencia a un sobre consumo del suplemento alimenticio (50 g/día/gallina en vez de 30 g/día por gallina ASR), sin mejora alguna en las producciones. En esas circunstancias, la alimentación libre controlada permite una utilización directa y eficaz de los cereales producidos localmente, mediante una reducción de los gastos de transporte, trituration, mezcla y granulación de los alimentos de las ponedoras.

Palabras clave : Gallina ponedora - Sistema de alimentación - Recurso alimentario - Crecimiento - Oviposición - Característica del huevo - Clima tropical - Côte d'Ivoire.

Une enquête sur la race bovine Somba au Bénin

S.J.G. Hall¹, L.K. Gnaho², C. Meghen³

HALL (S.J.G.), GNAHO (L.K.), MEGHEN (C.). Une enquête sur la race bovine Somba au Bénin. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 77-83

La race bovine Somba du Bénin et du Togo compte environ 25 000 têtes et cet effectif est en diminution. Le système traditionnel d'élevage, basé sur les petits troupeaux familiaux, est en train d'être remplacé par les grands troupeaux collectifs sous gardiennage professionnel. La productivité globale de ce cheptel a été recherchée au moyen d'une enquête rapide dans des villages. Elle est comparable à celle des autres races de taurins à courtes cornes de l'Afrique occidentale. Le taux d'exploitation est de 8,12 veaux/100 vaches/an. Le taux de survie des jeunes semble meilleur chez les troupeaux collectifs ; les veaux en surnombre sont conservés pour accroître la taille des troupeaux, plutôt que commercialisés. Les études génétiques indiquent que la race Somba n'est guère affectée par le métissage. La conservation de cette race est recommandée et le développement du système traditionnel d'élevage est à encourager.

Mots clés : Bovin Somba - Taurin à courtes cornes de l'Afrique occidentale - Enquête - Méthode d'élevage - Productivité - Commercialisation - Génétique - Bénin - Togo.

INTRODUCTION

A l'heure actuelle, en Afrique occidentale, les bovins les plus nombreux sont de type à bosse, c'est-à-dire des zébus (*Bos indicus*). Les races sans bosse, ou taurins (*Bos taurus*), se divisent en deux catégories, les races à longues cornes (N'Dama, Kouri) et celles à courtes cornes (13). Ces dernières sont classées collectivement comme "West African Shorthorn" (17, 21) dont la plus connue est la Baoulé (3, 14). La plupart, voire la totalité de ces races, sont actuellement en déclin (6, 15, 16, 22). Pour la race Somba du Bénin et du Togo, les effectifs en 1987 étaient estimés à 216 000 (24). Aujourd'hui, ils sont probablement de l'ordre de 25 000. Le défi le plus important à relever pour ces races est d'éviter l'absorption par le cheptel zébu (2, 19), presque partout complète au Bénin - de ce fait, la race Borgou est en augmentation (cette race est un métissage en voie de stabilisation comme race nouvelle).

Les données qui concernent la race Somba sont peu nombreuses et elle n'est guère caractérisée. Elle a peut-être pour origine des troupeaux importés des montagnes de l'Atacora au Bénin septentrional (5, 20). Il semble que cette race soit un reliquat de la souche originale (5), ancêtre du groupe des West African Shorthorn. En 1912, la race Somba était très répandue dans la région connue aujourd'hui comme la province de l'Atacora au Bénin, et dans celle de Kandé au Togo (7, 20). Mais, à l'état pur, elle n'est trouvée actuellement que dans la région de Boukombé au Bénin, à l'ouest de Natitingou, et dans la partie voisine du Togo.

D'après Joshi *et al.* (13), les hauteurs au garrot des adultes sont les suivantes : 114 cm (vache), 115 cm (bœuf) 116 cm (taureau) ; les ceintures thoraciques mesurent respectivement 136, 139 et 137 cm. Selon Trail *et al.* (26), les dimensions corporelles indiquées par deux études sont un peu moins grandes, et le poids relevé est de 149 kg. La vache Somba est plus petite que la N'Dama et la Baoulé.

On a décrit la race Somba comme possédant des aptitudes bouchères mais non laitières, peu appropriée à la traction et trypanotolérante (11). Toutefois, son utilisation pour la traction animale est signalée au Togo (25). Pour Joshi *et al.* (13), l'âge au premier vêlage est de 3,5 ans, et l'intervalle moyen entre vêlage, 14 mois. D'après Har-douin *et al.* (11), ils sont de 3 ans 11 mois et 2 ans respectivement.

Les ethnies Betiabè et Tamberma (connues sous le nom de Somba) de la région de Boukombé habitent traditionnellement des fermes construites en pisé (18) (figure 1). Ces édifices, nommés tatas, sont souvent regroupés en villages. La nuit, les bovins sont logés dans la plus grande pièce du rez-de-chaussée (figure 2).

En termes économiques, l'élevage est moins important que les cultures, mais en termes sociaux et culturels, il est très significatif. Le bétail est utilisé pour les dots et les cérémonies. Les usages et les coutumes sont très importants. Ni l'islam, ni les autres religions ne semblent avoir d'influence sur cet élevage.

On reconnaît deux types de troupeaux Somba. Tous les deux sont sédentaires. Le troupeau familial, basé sur le tata, est la forme traditionnelle : 3 à 10 bêtes sont surveillées au pâturage et rentrent au tata le soir (11). Ce système coexiste avec le "troupeau confié", ou troupeau surveillé par un Peul (20) (figure 3). La productivité de

1. Department of Clinical Veterinary Medicine, Madingley Road, Cambridge CB3 0ES, Royaume-Uni.

2. Service Santé animale, Direction de l'Elevage, B.P. 2041 Cotonou, Bénin.

3. Department of Genetics, Lincoln Place Gate, Trinity College, Dublin 2, République d'Irlande.

Reçu le 3.10.1994, accepté le 13.3.1995.

S.J.G. Hall L.K. Gnaho C. Meghen



Figure 1 : Groupe de tatas, près de Boukombé, Bénin, février 1993. (Cliché S.J.G. Hall)

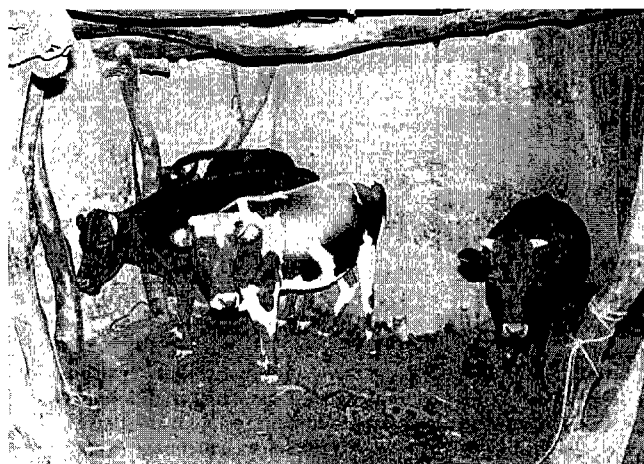


Figure 2 : Vaches Somba, dans leur étable au rez-de-chaussée d'un tata, près de Boukombé, février 1993 (photo au flash électronique). (Cliché S.J.G. Hall)



Figure 3 : Troupeau de bovins Somba, confié à un Peul, près de l'habitation du gardien, près de Boukombé, Bénin, février 1993. (Cliché S.J.G. Hall)

chacun des systèmes n'a pas été comparée. Dans le deuxième système, 40-100 bêtes appartenant à 5-30 propriétaires sont confiées à un gardien Peul qui a le droit de traire les vaches à son profit. On a pu constater que les veaux de ces troupeaux étaient mal nourris (11).

En juillet 1990, un recensement des cheptels a comptabilisé 16 751 bovins dans la sous-préfecture de Boukombé. Les fonctionnaires du Centre d'Action Régionale pour le Développement Rural de l'Atacora (CARDER-Atacora) pensent que l'effectif est de 15 000 bovins Somba. En ce qui concerne le Togo, l'adjoint technique du bureau de Kandé du ministère du Développement rural et de la Santé animale a comptabilisé 12 500 bovins dans la sous-préfecture de Kandé dont 10 000 têtes Somba. Le total approximatif est donc de 25 000 têtes comme indiqué plus haut.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Une enquête rapide relative à la conservation de cette race a été entreprise en février 1993. Onze troupeaux béninois ont été visités, dont 5 basés sur un tata, 5 sous gardiennage Peul et 1 appartenant à un immigrant récent venu du Togo. Les productivités ont été évaluées par la méthode des carrières individuelles des vaches (22). Certaines ont été sélectionnées et l'éleveur a parlé de leurs vêlages et du devenir de leurs veaux. Ces renseignements ont été obtenus pour 30 vaches avec des précisions sur 91 vêlages. Ces données ont été combinées avec les résultats des entretiens afin de contribuer à la caractérisation de la race. Le calcul de fécondité est basé sur la supposition que le premier vêlage a lieu à l'âge de 4 ans. La fécondité est exprimée comme le total des vêlages et des gestations connus, divisé par le nombre d'années de fécondité. Les années de fécondité d'une vache sont calculées comme l'âge moins 4 ans, et plus 1 an s'il est définitivement connu que la vache est gestante ou pas.

RÉSULTATS

Élevage

La taille moyenne des troupeaux basés sur le tata est de 4,8 vaches (extrêmes 3-8). Un seul possède un taureau géniteur, et deux ont des taurillons. Les 5 troupeaux confiés à un Peul sont plus importants (30-70 vaches).

Les troupeaux de "tatas" et ceux confiés sont tous conduits au pâturage pendant la saison des pluies et rentrent au tata ou au village le soir. Généralement, les animaux sont laissés libres pendant la saison sèche. Neuf parmi les 11 gardiens sont aidés par des enfants dans cette tâche.

Tous les gardiens Peul traient les vaches. L'un d'entre eux a déclaré effectuer la traite pendant la saison plu-

vieuse et non pendant la saison sèche. Le lait frais et le fromage sont soit autoconsommés, soit vendus. Un éleveur Somba a dit qu'il trayait ses vaches jadis. Un seul éleveur, le Togolais, ne traite pas ses vaches mais utilise son bétail pour la traction (figure 4).



Figure 4 : Bœuf Somba (à gauche) et bœuf Borgou (à droite) sous le joug près de Boukombé, Bénin, février 1993. (Cliché S.J.G. Hall).

Pour les éleveurs, le fait de castrer les taureaux sélectionnés est habituel. La raison principale, pour les deux systèmes, est d'empêcher les taureaux de poursuivre les vaches en chaleur lors du pâturage. Chez un troupeau de tata, un taurillon a été castré en vue de son embouche pour l'abattage à l'âge de 4 ans. Les critères pour garder entier un taurillon sont variés. Un Peul castré ses veaux à l'âge de 1 an, selon le nombre de mâles dans le troupeau à ce moment. Les veaux maigres, ainsi que ceux qui ne sautent pas les autres, sont castrés. Un autre Peul raconte comment il observe le développement des taurillons dès la naissance : les meilleurs et les plus vigoureux sont gardés entiers, alors que ceux qui commencent tôt à sauter les autres sont castrés.

La notion de paiement pour la saillie est inconnue, de même que l'achat d'un taureau. Seul 1 Peul décrit cette transaction comme normale. Il fournit son taureau géniteur aux autres éleveurs et attend d'emprunter des taureaux en échange. Les vaches des troupeaux de tatas sont toujours saillies au pâturage. Un seul propriétaire d'un troupeau de tata est sûr que ses vaches, au nombre de 5, sont saillies par son propre taureau. Ce dernier a sailli pendant 2 ans toutes les vaches et le propriétaire désirait le castrer. Un ancien géniteur castré se trouve toujours dans le troupeau.

Un seul propriétaire de troupeau de tatas sur 5 a pu estimer les prix courants : 30 000 F CFA pour une génisse, 40 000 F CFA pour un taureau. Tous les gardiens Peul font des estimations équivalentes : 25 000 - 35 000 F CFA pour une génisse, 25 000 - 45 000 pour un taureau,

100 000 F CFA pour un boeuf gras*. Deux des propriétaires des troupeaux de tatas ont vendu du bétail directement au boucher. Sinon, le bétail n'est pas commercialisé mais conservé pour l'autoconsommation ou les fêtes. Les gardiens Peul vendent le lait et le fromage (privilège traditionnel) et, de temps en temps, les propriétaires se réservent un animal pour la vente ou une cérémonie.

Productivité

Les données concernant 36 vaches ont été recueillies. L'âge de 29 d'entre elles a pu être estimé par les gardiens. Les données de fécondité se trouvent dans le tableau I. Celles concernant les vêlages (n = 88) ont été notées pour toutes les vaches, que leur âge soit connu ou non (tabl. II). La performance des vaches de tatas a été comparée à celle des vaches des troupeaux confiés. La différence n'est pas significative ($\chi^2 = 0,074$, d.l.=1). Ces données peuvent être combinées et indiquent une fécondité de 0,69 veau/an/vache correspondant à un intervalle moyen entre vêlage de 619 jours (20 mois).

Les troupeaux de tatas semblent perdre une proportion plus élevée (33 p. 100) de veaux en mortalité juvénile que les troupeaux confiés (17 p. 100) mais cette différence n'est pas significative sauf au niveau de 10 p. 100 ($\chi^2 = 3,01$, d.l.=1, χ^2 pour p < 0,05 étant 3,84). Les deux catégories de troupeaux possèdent le même taux de commercialisation (respectivement 14 et 15 p. 100 des veaux sont par la suite abattus, donnés ou autoconsommés). La combinaison de ces résultats indique que 100 vaches fécondes donnent par an 59 veaux, dont 14 p. 100 (soit 8,12 veaux) sont disponibles pour la commercialisation.

DISCUSSION

Le but primordial du système d'élevage traditionnel pratiqué par l'ethnie Somba est d'assurer la fourniture des animaux destinés soit à l'abattage, soit à être offerts pour les fêtes. La taille des troupeaux est petite. La maximisation de la productivité n'est pas la priorité. Il existe des systèmes semblables ailleurs en Afrique (6, 22). Le confiage des troupeaux aux gardiens professionnels, normalement les Peul, existe également.

D'après cette étude, les productivités des systèmes de tatas et de confiage ne sont guère différentes. L'intervalle moyen de vêlages (20 mois) est indépendant du système et comparable à celui des autres cheptels de races africaines à courtes cornes. La performance de la Savanna Muturu du Nigeria est semblable (22) ; les intervalles moyens pour trois troupeaux sont de 13,9, 17,1 et 26,8 mois. Pour les races trypanotolérantes, en général, le chiffre de référence (20 études) est de 17,5 mois (4).

D'après Chicoteau (4), l'âge moyen au premier vêlage chez les races trypanotolérantes est de 42 mois, et les

* Prix en vigueur avant la dévaluation du F CFA en janvier 1994. Actuellement, 100 F CFA = 1 FF.

TABLEAU I
Les femelles : fécondité comparée chez les troupeaux de tatas et chez les troupeaux Peul

Identité de la vache	Age affirmé (ans)	Nombre de veaux	Actuellement gestante (+) ou pas (0)
Troupeaux de tatas			
1	15	6	0
2	14	4	+
3	11	4	0
4	10	4	0
5	9	3	0
6	9	1	0
7	8	4	0
8	7	2	0
9	7	3	+
10	6	0	+
11	6	2	
12	5	1	+
13	4	1	
14	4	1	+
15	4	0	+
Troupeaux sous gardiennage Peul			
1	17	7	0
2	11	6	0
3	9	4	0
4	9	2	+
5	8	3	0
6	7	2	+
7	7	2	0
8	6	2	0
9	6	1	+
10	6	1	0
11	6	1	
12	5	1	0
13	4	1	
14	4	0	+

Fécondité : Troupeaux de tatas 0,58 veau/gestation par an (correspondant à un intervalle moyen entre vêlages de 629 jours). Troupeaux Peul 0,61 veau/gestation par an (intervalle moyen entre vêlages de 598 jours).

écarts extrêmes de 21-72 mois (21 études). Shaw et Hoste (24, Vol. I) donnent des chiffres généraux pour les cheptels villageois des bovins trypanotolérants : âge au premier vêlage 2,9 - 4,7 ans, plus souvent 4 - 4,5 ans ; mortalité dans la première année 10 - 45 p. 100, en moyenne 30 p. 100 ; taux de vêlage 44 - 66 p. 100, en moyenne 50 p. 100. A l'évidence, la race Somba s'approche du cas type. Le taux de productivité ("offtake rate", 8,12 p. 100, nombre de veaux prélevés pour 100 vaches et par an) ne tient aucun compte de la réforme des femelles adultes (ce qui est normalement difficile à déduire) (24, Vol. I).

La taille plus petite des troupeaux de tatas, qui manquent souvent de taureaux géniteurs, ne diminue pas pour autant leur fécondité. Les vaches en chaleur sont saillies d'une manière opportuniste au pâturage. Il est possible

TABLEAU II
Les femelles Somba : comparaison du devenir des veaux chez les troupeaux de tatas et chez les troupeaux Peul

Identité de la vache (âge affirmé)	Nombre de veaux	Morts jeunes	Vendus, donnés, autoconsommés	Encore dans le troupeau	Autre devenir
Troupeaux de tatas					
1 (15)	6	0	2	2	2
2 (14)	4	4	0	0	0
3 (11)	4	1	0	3	0
4 (10)	4	1	1	2	0
5 (9)	3	1	0	2	0
6 (9)	1	0	0	1	0
7 (8)	4	1	1	2	0
8 (7)	2	0	0	2	0
9 (7)	3	1	1	1	0
11 (6)	2	1	0	1	0
12 (5)	1	0	0	1	0
13 (4)	1	1	0	0	0
14 (4)	1	1	0	0	0
Total	36	12	5	17	2
p. 100	100	33	14	47	6
Troupeaux sous gardiennage Peul					
1 (17)	7	0	1	4	2
2 (11)	6	1	0	5	0
3 (9)	4	0	1	3	0
4 (9)	2	0	0	2	0
5 (8)	3	0	0	3	0
6 (7)	2	0	0	2	0
7 (7)	2	0	0	2	0
8 (6)	2	1	0	1	0
9 (6)	1	0	0	0	1
10 (6)	1	1	0	0	0
11 (6)	1	1	0	0	0
12 (5)	1	0	0	1	0
13 (4)	1	1	0	0	0
15 (-)	7	2	1	3	1
16 (-)	3	1	0	2	0
17 (-)	5	0	3	2	0
18 (-)	4	1	2	1	0
Total	52	9	8	31	4
p. 100	100	17	15	60	8

que la mortalité juvénile soit plus basse chez les troupeaux confiés aux Peul, en dépit de la traite des vaches, ce qui, par conséquent, augmente la taille des troupeaux. Apparemment, les propriétaires des troupeaux de tatas, gérés par un système traditionnel, y compris le logement la nuit dans la case, ne cherchent pas à augmenter la taille de leurs troupeaux, ce qui n'est pas étonnant, compte tenu de l'espace limité dont ils disposent.

Des études basées sur la génétique moléculaire sont actuellement en cours dans le laboratoire de D. Bradley à Dublin (République d'Irlande). Les distances génétiques calculées entre les races peuvent identifier les races les plus distinctes qui, en termes d'un critère de la maximisation de la biodiversité, méritent la conservation (9, 10). Ces études utilisent les microsatellites (1, 19, 23), dont certains

allèles sont caractéristiques des races de zébus ou de taurins. Il est possible de calculer le taux de mélange de ces races. Des échantillons de sang ont été prélevés sur 60 animaux Somba, dans 7 troupeaux confiés aux Peul. Les résultats préliminaires indiquent que la race Somba est une souche assez pure : 8 p. 100 du génotype ont été remplacés par des gènes de zébus. En revanche, dans les races Kapsiki et Namchi du Cameroun, 45 p. 100 et 27 p. 100 respectivement des gènes ont été remplacés de cette façon (Meghen *et al.*, en préparation).

CONCLUSION

Négliger la race Somba aurait pour conséquence la diminution des petits troupeaux traditionnels, basés sur les

tatas, qui seraient remplacés par les troupeaux confiés aux Peul. Il en résulterait à la fois :

- une augmentation du nombre des vaches, donc du surpâturage et des dégâts à l'environnement, sans aucune amélioration de la fécondité et du taux de survie des jeunes ;

- une rétention des veaux pour augmenter la taille des troupeaux plutôt que la commercialisation, sauf pour les fêtes ; la production de la viande et les revenus ruraux ne croîtraient pas en proportion en dépit de la hausse du nombre des vaches ;

- une utilisation plus intensive des taureaux géniteurs des races Borgou et zébus.

On peut donc considérer la race Somba comme une des composantes d'un système agroalimentaire auto-entretenu et équilibré. La politique la plus raisonnable pour maintenir cet équilibre est de protéger cette race qui, de plus, mérite d'être conservée en raison de sa relative pureté génétique (8, 9, 10, 12).

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur gratitude à tous ceux qui les ont aidés dans la réalisation de ce travail patronné par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et, tout particulièrement, MM. Diagne et Delbare, de la Représentation de cette organisation à Cotonou, ainsi que M. Mondote Koami et ses collègues de la CARDER-Atacora. Sont également remerciés le comité de lecture de la Revue pour sa contribution à la mise en forme de cet article, et le Dr. Francisco Galindo-Maldonado, pour sa participation à la traduction du résumé en espagnol.

BIBLIOGRAPHIE

1. BRUFORD M., WAYNE R.K., 1993. Microsatellites and their application to population genetic studies. *Curr. Opin. Genet. Dev.*, 3: 939-943.
2. CAMUS E., LANDAIS E., POIVEY J.P., 1981. Structure génétique du cheptel bovin sédentaire du Nord de la Côte d'Ivoire. Perspectives d'avenir en fonction de la diffusion croissante du sang zébu. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 34 (2) : 187-198.
3. CHICOTEAU P., 1989. Adaptation physiologique de la fonction sexuelle des bovins Baoulé au milieu tropical sud-soudanien. Thèse doct. en biologie et physiologie animales, Université Paris XII, Créteil, France, 174 p.
4. CHICOTEAU P., 1991. La reproduction des bovins tropicaux. *Recl Méd. vét.*, 167 : 241-247.
5. COULOMB J., SERRES H., TACHER G., 1980. L'élevage en pays sahéliens. Paris, France, Agence de coopération culturelle et technique, Presses universitaires de France, 192 p.
6. DINEUR B., THYS E., 1986. Les Kapsiki : race taurine de l'Extrême-Nord camerounais. I. Introduction et barymétrie. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 39 (3-4) : 435-442.
7. DOUTRESSOULE G., 1947. L'élevage en Afrique occidentale française. Paris, France, Editions Larose, 298 p.

8. HALL S.J.G., 1990. Genetic conservation of domestic livestock. In: MILLIGAN S.R. ed., *Oxford Rev. Reprod. Biol.*, 12: 289-318.
9. HALL S.J.G., 1993. Pourquoi autant de races d'animaux domestiques ? *Ethnozootecnie*, 52 : 77-92.
10. HALL S.J.G., 1993. Report of mission to Somba and Kuri cattle. Introducing: "The Somba-Kuri 1993 Project". Rome, Italie, FAO, 58 p. (rapport non publié)
11. HARDOUIN J., LOPEZ G., SANOGHO M.N., FOFANA B.S., TOURÉ S.M., 1989. Protection de la race taurine Somba et de son environnement. 1. Etude. 2. Proposition du document de projet. Bénin-Togo. Rome, Italie, FAO, 19, 31 p. (document de travail TCP/RAF/8864)
12. HODGES J. ed., 1992. The management of global animal genetic resources. Proceedings of an FAO Expert Consultation. Rome, Italie, FAO, vi-309 p. (FAO Animal Production and Health Paper 104)
13. JOSHI N.R., McLAUGHLIN E.A., PHILLIPS R.W., 1957. Types and breeds of African cattle. Rome, Italie, FAO, 297 p. (FAO Agricultural Studies No. 37)
14. LANDAIS E., 1983. Analyse des systèmes d'élevage bovin sédentaire du nord de la Côte d'Ivoire. Maisons-Alfort, IEMVT, 789 p. (Coll. Etudes et Synthèses de l'IEMVT n°9)
15. LHOSTE P., 1991. Cattle genetic resources of West Africa. In: HICKMAN C.G. ed., Cattle genetic resources. Amsterdam, Pays-Bas, Elsevier, p. 73-89 (World Animal Science, B7. Disciplinary approach)
16. LOFTUS R., SCHERF B. eds., 1993. World watch list for domestic animal diversity. 1st edn. Rome, Italie, FAO, x-375 p.
17. MASON I.L., 1988. A world dictionary of livestock breeds, types and varieties. 3rd edn. Wallingford, Royaume-Uni, CAB International, xx-348 p.
18. MAURICE A.-M., 1986. Atakora. Otiau, Otammari, Osuri. Peuples du Nord Bénin (1950). Paris, France, Académie des Sciences d'Outre-Mer, xxiii-481 p.
19. MEGHEN C., McHUGH D.E., BRADLEY D.G., 1994. Genetic characterization and West African cattle. *Wld Anim. Rev.*, 78: 59-66.
20. PECAUD (G.), 1912. Cité par : DOUTRESSOULE G., 1947, (7).
21. REGE J.E.O., ABOAGYE G.S., TAWAH C.L., 1994. Shorthorn cattle of West and Central Africa. I. Origin, distribution, classification and population statistics. II. Ecological settings, utility, management and production systems. III. Physical, adaptive and special genetic characteristics. IV. Production characteristics. *Wld Anim. Rev.*, 78: 1-48.
22. Resource Inventory and Management, 1992. Nigerian livestock resources. Vol. I-IV. Oxford, Royaume-Uni, RIM, Environmental Research Group, p. 30, 466, 441, 345.
23. SHARP P.M., 1993. Genetic characterisation of cattle in West and Central Africa. Annual report 1, Science and Technology in Developing Countries (STD3), CEC, DGXII. Dublin, Irlande, Department of Genetics, Trinity College, 9 p. (rapport non publié)
24. SHAW A.P.M., HOSTE C.H., 1987. Trypanotolerant cattle and livestock development in West and Central Africa. Vol. I, II. Rome, Italie, FAO, viii-184 p. ; viii- 330 p. (FAO Animal Production and Health Paper 67/1 and 67/2)
25. STARKEY P., 1991. Draught cattle world resources, systems of utilization and potential for improvement. In: HICKMAN C.G. ed., Cattle genetic resources. Amsterdam, Pays-Bas, Elsevier, p. 153-200 (World Animal Science, B7. Disciplinary approach)
26. TRAIL J.C.M., HOSTE C., WISSOCQ Y.J., LHOSTE P., MASON I.L., 1979. Trypanotolerant livestock in West and Central Africa. Volume 2. Country studies. Addis Ababa, Ethiopie, ILCA/FAO/UNEP, 303 p. (ILCA Monograph)

HALL (S.J.G.), GNAHO (L.K.), MEGHEN (C.). Studies on the Somba breed of cattle in Benin. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1): 77-83

The Somba cattle of Benin and Togo currently number approximately 25,000 and are declining. The traditional husbandry system is based on small family-owned herds and is being replaced by large collective herds under professional guardianship. A village survey indicates productivity to be similar to that of other West African Shorthorn populations (offtake rate 8.12 calves/100 cows per year). Juvenile survival may be better in collective herds; the extra calves are retained to increase herd size, rather than being sold. Genetic studies show Somba cattle to be little affected by introgression from other breeds. Their conservation is advocated and the encouragement and development of the traditional husbandry system is also proposed.

Key words : Somba cattle - West African Shorthorn cattle - Survey - Animal husbandry method - Productivity - Marketing - Genetics - Benin - Togo.

HALL (S.J.G.), GNAHO (L.K.), MEGHEN (C.). Una encuesta sobre la raza bovina Somba en Benin. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 77-83

La raza bovina Somba de Benin y del Togo cuenta con aproximadamente 25 000 cabezas de ganado, y este efectivo esta disminuyendo. El sistema tradicional de criaderos, basado en los pequeños hatos familiares, esta siendo reemplazado por los grandes hatos colectivos bajo control profesional. La productividad global de esta raza fue evaluada por medio de una encuesta rapida en las aldeas. Esta es comparable con la de otras razas de toros (*Bos taurus*) de cuernos cortos de Africa occidental. La tasa de explotación es de 8,12 terneros/100 vacas/año. La tasa de sobrevida de los juvenes parece mejor en los hatos colectivos. Los terneros en sobrenombre son conservados, en vez de comercializados, para aumentar el tamaño de los hatos. Los estudios genéticos indican que la raza Somba no esta amenazada de mezcla. La conservación de esta raza es recomendable y el desarrollo del sistema tradicional de criadero es fomentado.

Palabras clave : Bovino Somba - Bovino de cuernos cortos de Africa occidental - Encuesta - Método de crianza - Productividad - Mercadeo - Genética - Benin - Togo.

Impact de la castration du dague rusa sur les performances de croissance, d'abattage et sur la qualité biologique de la viande à 24 et 30 mois

S. Le Bel¹, P. Chardonnet^{2*}, D. Dulieu¹, M. Salas¹

LE BEL (S.), CHARDONNET (P.), DULIEU (D.), SALAS (M.). Impact de la castration du dague rusa sur les performances de croissance, d'abattage et sur la qualité biologique de la viande à 24 et 30 mois. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 85-93

Chez le jeune mâle rusa (*Cervus timorensis rusa*) destiné à être abattu, le rut est considéré par l'éleveur comme une contrainte. Le but de l'expérimentation est d'apprécier l'impact zootechnique de la castration. Dix-sept cerfs rusa de Java castrés (C) et dix-neuf entiers (E), âgés de 12 mois ont été embouchés à l'herbe et abattus à 24 ou 30 mois. La castration induit une diminution du poids vif à 24 mois (C : 54,5 ± 1,9 kg, E : 58,5 ± 2,3 kg, p < 0,01) et 30 mois (C : 62,5 ± 3,0 kg, E : 68,5 ± 2,3 kg, p < 0,01). De 12 à 24 mois, la croissance est de 82 ± 3 g/j (C) et 91 ± 1 g/j (E). De 24 à 30 mois, elle ralentit pour n'atteindre plus que 45 ± 6 g/j (C) et 63 ± 12 g/j (E). La castration et le vieillissement augmentent le rendement carcasse de 1 p. 100 (58-59 p. 100, p < 0,05) mais ne modifie pas le rendement de découpe (72-74 p. 100). La castration induit une diminution de la quantité de viande totale produite par carcasse (-13 p. 100, p < 0,01), cet effet ne touchant pas les morceaux de l'arrière-main (11,2 kg à 24 mois, 12 kg à 30 mois). La composition de la viande n'est pas modifiée par la castration ou l'âge d'abattage (23 p. 100 de protéines, 0,7 p. 100 de lipides, 0,5 p. 100 de collagène). A 24 mois, la venaison de cerf rusa est plus tendre (+ 24 p. 100, p < 0,01) et moins foncée (- 21 p. 100, p < 0,01) qu'à 30 mois. Si les éleveurs de cerfs rusa castrant leurs jeunes mâles vers 1 an, il semble plus intéressant de les abattre à 24 mois.

Mots clés : Cervidae - *Cervus timorensis rusa* - Cerf rusa - Castration - Abattage d'animaux - Carcasse - Croissance - Viande de gibier - Nouvelle Calédonie.

INTRODUCTION

La présence du cerf rusa en Nouvelle-Calédonie remonte à 1870, suite à l'introduction accidentelle de 12 animaux. S'inspirant du modèle néo-zélandais, la transition de la chasse à l'élevage démarra en 1987 avec l'appui de l'Agence de Développement rural et d'Aménagement foncier (ADRAF). Actuellement, la filière cerf s'articule autour d'une association d'éleveurs, l'Etablissement de l'Elevage de Cervidés de Nouvelle-Calédonie (EDEC), regroupant 12 000 animaux répartis dans une vingtaine de fermes. L'Office de Commercialisation et d'Entreposage frigorifique (OCEF), organisme territorial, se charge

1. CIRAD-EMVT, BP 186 Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

2. CIRAD-EMVT, 10, rue Pierre Curie, 94704 Maisons-Alfort Cedex, France.

* Adresse actuelle : CIRAD-EMVT/ERPA & IGF/EBCD, c/o FTCC, Richmond Tower, 75/20 Sukhumvit Soi 26, Bangkok 10110, Thaïlande.

Reçu le 14.3.1994, accepté le 21.3.1995.

de l'abattage des animaux (abattoir agréé CEE de Bourail) et de la commercialisation de la venaison.

Limitée par un marché intérieur étroit et saturé par des circuits parallèles (chasse et braconnage), la filière s'est tournée naturellement vers l'exportation d'animaux vivants (Malaisie, Thaïlande) et de venaisons (CEE, Japon, Australie). Si l'exportation de reproducteurs vers la Malaisie démarra rapidement en raison d'une forte demande, l'exportation de venaison s'est heurtée à un marché largement occupé par les néo-zélandais qui, avec 900 000 biches élaphe en production, offrent un produit disponible et de qualité standard.

Pour conquérir une part de marché, la filière cerf en Nouvelle-Calédonie doit offrir aux acheteurs potentiels un produit standard, de qualité hygiénique irréprochable. En raison de l'importance de la durée du rut chez cette espèce, les premiers travaux ont porté sur l'intérêt de castrer les jeunes mâles (daguets), l'abattage pendant le rut (juillet à novembre) présentant certains inconvénients : carcasses à odeur prononcée, manipulations d'animaux difficiles. Le but de cette étude est d'apprécier l'impact d'une castration pratiquée à un an sur la croissance et les performances d'abattage du jeune cerf rusa.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'élevage expérimental de cerf rusa du CIRAD-EMVT se situe dans la Station zootechnique de Port-Laguerre, à une trentaine de km au nord de Nouméa, sur la façade ouest de la Grande Terre. La station bénéficie d'un climat de type tropical océanique, caractérisé par l'alternance irrégulière de trois saisons : chaude et humide (de janvier à avril), fraîche (de mai à août), puis sèche (de septembre à décembre). La pluviométrie et la température moyennes se situent respectivement aux alentours de 1 200 mm et de 22°C. L'année 1991, période expérimentale, fut caractérisée par une pluviométrie déficitaire (836 mm) et une saison sèche marquée de 3 mois (octobre 1991 à mi-janvier 1992). En 1992, le niveau des précipitations se rapprocha des valeurs moyennes (1 160 mm d'eau).

Le cadre de l'expérimentation est une zone améliorée de 10 ha, peu accidentée et non embuissonnée, avec un couvert graminéen à base de *Brachiaria decumbens*, *Panicum maximum*, *Paspalum plicatulum*, *Setaria sphaelata* où l'on trouve également en faible proportion des

S. Le Bel P. Chardonnet D. Dulieu M. Salas

légumineuses spontanées (*Desmodium canum*, *Desmanthus virgatus*, *Mimosa pudica*) et introduites (*Macroptilium atropurpureum*, *Neonotonia wigthii*, *Stylosanthes scabra*).

Les animaux

Quarante-quatre faons mâles issus d'un même élevage sont introduits à la station à l'âge de 12 mois. Ils pèsent alors $24,6 \pm 3,7$ kg (écarts extrêmes 19,0 à 32,5 kg). Vingt des 44 daguets sont castrés par voie chirurgicale. Au cours des 18 mois d'expérimentation, le nombre de daguets castrés est passé de 20 à 17, un animal ayant eu un accident au cours d'une des premières pesées et 2 animaux s'étant temporairement échappés. Parmi les daguets entiers, 5 furent retenus comme futurs reproducteurs, donc non abattus.

Durée d'embouche

La durée d'embouche de cet essai est conditionnée par le rut qui s'étend, en Nouvelle-Calédonie, de juillet à novembre. Le premier abattage eut lieu au bout de 52 semaines d'embouche avant le rut (en avril), les daguets étant âgés d'environ 24 mois. Le deuxième abattage eut lieu après 78 semaines d'embouche pendant le rut (en octobre), à l'âge de 30 mois environ.

Quatre groupes sont distingués (tabl. I) : 2 lots d'abattages Ab1 et Ab2 (abattage d'avril et d'octobre) et deux phases de croissance Cr1 et Cr2 : une première phase de croissance d'avril 1991 à avril 1992 pour tous les individus et une seconde phase de croissance d'avril 1992 à octobre 1992 pour le groupe Ab2.

Conduite des animaux

Les parcelles réservées aux daguets sont pâturées par rotation en adoptant la stratégie suivante :

- exploitation des graminées au stade montaison ;
- séjour des animaux de 10 à 15 jours sur une même parcelle ;
- gyrobroyage des refus ;

- fertilisation azotée à raison de 200 kg/ha/an d'urée en 4 fois ;

- repousse de 4 semaines en saison chaude et de 8 semaines en saison fraîche ;

- pierre à lécher dans chaque parcelle (ciment, sel et complément minéral vitaminé) ;

- pesée des animaux à l'entrée et à la sortie des parcelles.

En saison sèche, les daguets sont immobilisés sur une des parcelles où de l'ensilage de maïs (0,73 UF/kg, 71 g MAD/kg) leur est distribué pendant 8 semaines en novembre-décembre 1991 à raison de 0,7 kg MS/cerf/jour.

Abattage et découpe des carcasses

Un premier lot de daguets (moitié castrés et moitié entiers) est abattu en avril 1992 et un deuxième lot (moitié castrés et moitié entiers) en octobre 1992 pendant le rut. Acheminés la veille à l'abattoir, les daguets sont abattus en procédant à leur étourdissement au matador puis à la saignée, suivie d'une électro-stimulation de la carcasse pendant une minute. La carcasse est ensuite reprise par la chaîne de travail classique, avant d'être inspectée par les services vétérinaires et pesée à chaud. Le ressuyage s'effectue en chambre froide à 4°C pendant 72 h. Les carcasses sont travaillées en salle de découpe (15°C) selon la méthode suivante :

- décollement des épaules puis désossage ;
- section de la carcasse au niveau de la jonction sacro-lombaire, puis découpe des 2 cuissots qui sont désossés ;
- décollement des 2 filets-mignons en face ventrale et des 2 longues en face dorsale ;
- le reste de la carcasse est décharnée pour fournir du ragoût.

Chaque pièce de découpe et le ragoût (2 épaules désossées, 2 cuissots désossés, 2 filets-mignons, 2 longues) sont emballés sous vide en sac rétractable CRYOVAC BB4L, imperméable à l'oxygène et au CO₂. Les mor-

TABLEAU I
Phases de croissance et périodes d'abattage

Début d'embouche 09/04/1991	1 ^{ère} phase de croissance Lot Cr1 52 semaines	1 ^{er} abattage Lot Ab1 10/04/1992	2 ^e phase de croissance Lot Cr2 26 semaines	2 ^e abattage Lot Ab2 16/10/1992
Age : 12 mois		Age : 24 mois		Age : 30 mois
Effectif : 44 cerfs dont 20 Castrés 24 Entiers	Effectif : 36 cerfs dont 17 Castrés 19 Entiers	Effectif : 18 cerfs dont 9 Castrés 9 Entiers	Effectif : 18 cerfs dont 8 Castrés 10 Entiers	Effectif : 18 cerfs dont 8 Castrés 10 Entiers

ceux de découpe, identifiés (numéro de la carcasse) et pesés, sont stockés en chambre froide à -18°C avant envoi en métropole.

Analyses biologiques des pièces de découpe

A chaque abattage, un échantillonnage de longues (une par daguet) maintenu à 0°C est acheminé au Centre technique de la Salaison, de la Charcuterie et des Conserves de Viandes de Maisons-Alfort (France) pour y être analysé.

Mesure unitaire par échantillon :

- de la teneur en humidité exprimée en p. 100 de matière fraîche (détermination de l'humidité par dessiccation à 103°C (NFV 04-401, janvier 1968) ;
- de la teneur en lipides exprimée en p. 100 de matière fraîche (détermination de la teneur en matière grasse totale par traitement à l'acide chlorhydrique et extraction à l'éther diéthylique (NFV 18-104, juin 1980) ;
- de la teneur en protides exprimée en p. 100 de matière fraîche (détermination de l'azote total selon la méthode de Kjeldahl, janvier 1968) ;
- de la teneur en collagène exprimée en p. 100 de matière fraîche (détermination de la teneur en L-hydroxyproline (NFV 04-405, avril 87)) ;
- de la teneur en pigments totaux exprimée en ppm de matière fraîche (méthode de Kaniecko) ;
- du pH par mesure de différences de potentiel (NFV 04-408, janvier 1968).

Série de 12 mesures par échantillon de :

- la texture exprimée en centième de joules, mesurée par résistance du produit en utilisant l'INSTRON 6022 avec un outil en forme d'étoile à 5 branches tranchantes (méthode CTSCCV).

Analyses statistiques

Selon le type de paramètre étudié, on procède à deux types d'analyse statistique :

- mesure de l'effet du facteur "castration" sur la croissance, en recherchant l'existence de différences significatives par comparaison des moyennes de gain moyen quotidien (GMQ) entre les deux lots Cr1 et Cr2 selon le test t (loi de Student-Fisher) appliqué aux petits échantillons ;
- mesure de l'effet des facteurs "castration" et "âge d'abattage" sur les performances d'abattage et la qualité biologique de la viande par analyse de variance (Anova, logiciel SPSS/PC+ V4.0, 1990).

RESULTATS

Croissance et castration

Les performances de croissance des deux catégories de cerfs, exprimées en (GMQ) figurent dans le tableau II.

Première phase de croissance d'avril 1991 à avril 1992

De 12 à 24 mois, le GMQ des daguets est de 82 g/j chez les sujets castrés et de 91 g/j chez les entiers. La faible différence de croît de 9 g/j est significative sur cette période d'embouche de 12 mois ($t = 3,35$, $p < 0,01$).

L'examen de la première partie du tableau II montre que cette première phase de croissance se découpe en deux temps. Jusqu'à la fin de la saison fraîche (périodes 1 et 2), la croissance des daguets castrés ou entiers est soutenue avec un GMQ supérieur à 100 g/j. En saison sèche (période 3), il diminue rapidement pour atteindre 51 g/j pour les sujets castrés et 48 g/j pour les entiers. Le retour de la saison des pluies (période 4) entraîne une faible reprise de la croissance, phénomène plus marqué chez les entiers (GMQ de 56 g/j pour les castrés et de 72 g/j pour les entiers). Les différences observées pendant ces 4 périodes ne sont pas significatives, sauf en saison fraîche (période 2).

En comparant le poids vif des jeunes mâles, il s'avère que la castration entraîne un effet négatif significatif ($t = 2,63$, $p < 0,01$) de faible amplitude. Après 12 mois d'embouche, l'écart de poids vif entre les deux lots est de 3,2 kg en moyenne (57,7 kg/54,5 kg), soit 5,5 à 5,9 p. 100 du poids vif du jeune mâle entier ou castré.

Deuxième phase de croissance d'avril 1992 à octobre 1992

De 24 à 30 mois, la croissance est ralentie. Le GMQ des daguets passe de 82 à 45 g/j chez les individus castrés et de 91 à 63 g/j chez les entiers. La différence de croît de 18 g/j pendant cette période entre les deux catégories de daguets est significative ($t = 2,52$, $p < 0,05$).

La lecture de la seconde partie du tableau II montre que cette phase de décélération de la croissance est marquée en saison fraîche (période 6) avec des GMQ inférieurs à 50g/j (33 g/j pour les sujets castrés et 44 g/j pour les entiers). L'écart de 3,2 kg entre les poids vifs des deux catégories d'animaux à 24 mois s'est accentué pour atteindre 6 kg ($t = 3,17$, $p < 0,05$) (68,5 kg/62,5 kg) au deuxième abattage à 30 mois, soit 8,8 à 9,6 p. 100 du poids vif du jeune mâle entier ou castré.

De 12 à 30 mois, la vitesse de croissance moyenne est de 70 g/j chez les daguets castrés et de 82 g/j chez les entiers. La différence observée est significative ($t = 3,17$, $p < 0,01$).

TABEAU II
Comparaison des gains moyens quotidiens (GMQ) des daguets castrés et entiers (exprimés en g par jour)

Lot Cr1, d'avril 1991 à avril 1992		Daguets castrés (n = 17)	Daguets entiers (n = 19)
Période 1		122 ± 14	117 ± 12
Période 2		111 ± 7 (**)	135 ± 9 (**)
Période 3		51 ± 8	48 ± 10
Période 4		56 ± 11	72 ± 13
Périodes 1 à 4		82 ± 3 (**)	91 ± 1 (**)
Poids initial (kg)		24,7 ± 1,8	24,4 ± 2,2
Poids final (kg)		54,5 ± 1,9 (**)	58,5 ± 2,3 (**)

Période 1 : Fin de la saison des pluies 1991 (49 jours).

Période 2 : Saison fraîche 1991 (125 jours).

Période 3 : Saison sèche 1991 (127 jours).

Lot Cr2, d'avril 1992 à octobre 1992		Daguets castrés (n = 8)	Daguets entiers (n = 10)
Période 5		69 ± 8	98 ± 30
Période 6		33 ± 10	44 ± 19
Périodes 5 et 6		45 ± 6 (*)	63 ± 12 (*)
Poids initial (kg)		53,7 ± 2,8	56,8 ± 2,2
Poids final (kg)		62,5 ± 3,0 (**)	68,5 ± 2,3 (**)
Ensemble des périodes (1 à 6)		70 ± 5 (**)	82 ± 5 (**)

Période 4 : Début de la saison des pluies 1992 (64 jours).

Période 5 : Fin de la saison des pluies 1992 (61 jours).

Période 6 : Saison fraîche 1992 (119 jours).

(*) Différence significative $p < 0,01$.

(**) Différence significative $p < 0,05$.

TABEAU III

Résultats des analyses de variances sur les principaux paramètres d'abattage et de découpe des lots Ab1 et Ab2 (avec l'âge et la castration comme facteurs)

Effet	Poids vif (kg)	Poids carcasse (kg)	Rendement d'abattage (p. 100)	Rendement découpe (p. 100)	Viande totale (kg)	Viande 1 ^{er} choix (kg)	Viande 2 ^e choix (kg)
Age d'abattage							
Castration	**	**	*	NS	**	**	**
Ecart type résiduel	4,20	2,64	1,38	3,23	2,06	0,80	1,49
Variance expliquée	37,5%	37,7%	10,4%	< 1%	40,0%	7,0%	45,0%
Moyenne ajustée à 24 mois	56,4 n = 18	32,7 n = 18	57,8 n = 18	72,7 n = 18	23,7 n = 18	11,2 n = 18	12,5 n = 18
à 30 mois	65,7 n = 18	38,8 n = 18	59,1 n = 18	73,4 n = 16	28,5 n = 16	12,0 n = 16	16,5 n = 16
Moyenne ajustée des sujets entiers	63,6 n = 19	36,8 n = 19	58,0 n = 19	73,8 n = 18	26,9 n = 18	11,7 n = 18	15,3 n = 18
des sujets castrés	58,3 n = 17	34,6 n = 17	59,0 n = 17	72,2 n = 16	24,9 n = 16	11,5 n = 16	13,3 n = 16
	(9 Ab1 + 8 Ab2)	(9 Ab1 + 8 Ab2)	(9 Ab1 + 9 Ab2)	(9 Ab1 + 7 Ab2)			

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$; NS $p > 0,05$ non significatif.

Performances d'abattage et castration

Résultats d'abattage

Les résultats d'abattage enregistrés sont exposés dans le tableau III. L'abattage des daguets à 30 mois plutôt qu'à 24 entraîne une augmentation significative du poids vif des animaux abattus ($F = 42,6$, $p < 0,01$) de 9,3 kg (+ 16,5 p. 100) [moyennes ajustées 56,4/65,7 kg], du

poids de la carcasse ($F = 48,6$, $p < 0,01$) de 6,1 kg (+ 18,7 p. 100) [moyennes ajustées 38,8/32,7 kg] et du rendement carcasse ($F = 8,1$, $p > 0,01$) de 1,3 p. 100 (moyennes ajustées 57,8/59,1 p. 100).

La castration des daguets se traduit par une diminution significative du poids vif ($F = 11,7$, $p < 0,01$) de 5,3 kg (- 8,3 p. 100) [moyennes ajustées 58,3/63,6 kg] et du poids carcasse ($F = 6,5$, $p < 0,05$) de 2,2 kg (- 6 p. 100) [moyennes ajustées 34,6/36,8 kg]. La castration des daguets entraîne néanmoins une augmentation significa-

TABLEAU IV

Résultats des analyses de variances sur les principaux paramètres biologiques de la viande de cerfs rusa des lots Ab1 et Ab2 (avec l'âge et la castration comme facteurs)

Effet	Humidité (p. 100)	Lipides (p. 100)	Protides (p. 100)	Collagène (p. 100)	Pigments totaux (ppm)	Acidité pH	Fermeté (0,01 joule)
Age d'abattage	NS	NS	NS	NS	**	**	**
Castration	**	NS	NS	NS	*	NS	NS
Ecart type résiduel	0,42	0,25	0,93	0,10	32,87	0,10	2,65
Variance expliquée	18,0 %	3,0 %	2,0 %	0,0 %	15,0 %	21,0 %	8,0 %
Moyenne ajustée à 24 mois	75,7 n = 18	0,6 n = 18	22,8 n = 18	0,5 n = 18	166,0 n = 18	5,8 n = 18	8,0 n = 18
à 30 mois	75,4 n = 16	0,7 n = 16	23,2 n = 16	0,5 n = 16	201,2 n = 16	5,7 n = 16	10,5 n = 16
Moyenne ajustée des sujets entiers	75,7 n = 17	0,6 n = 17	22,9 n = 17	0,5 n = 17	169,3 n = 17	5,8 n = 17	8,6 n = 17
des sujets castrés	75,3 n = 17	0,7 n = 17	23,0 n = 17	0,5 n = 17	195,8 n = 17	5,7 n = 17	9,7 n = 17

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; NS $p > 0,05$ non significatif.

tive ($F = 4,3$, $p < 0,05$) du rendement carcasse de 1 p. 100 (moyennes ajustées 58/59 p. 100).

Résultats de découpe

Les résultats de découpe sont exposés dans le tableau III. Les facteurs âge d'abattage et castration n'ont pas d'effet significatif sur les résultats du rendement de découpe ($F = 0,46$ et $1,84$, $p > 0,05$). Quels que soient la date d'abattage ou l'état de l'animal (entier ou castré), le rendement de découpe se situe dans une fourchette de 72 à 74 p. 100. Avec une variance expliquée (R^2) de 1 p. 100, les variations enregistrées dépendent fortement des facteurs individuels.

Le choix d'abattre à 30 mois plutôt qu'à 24 s'accompagne d'une augmentation significative de la viande produite par carcasse de 4,8 kg (+ 20 p. 100) ($F = 44,7$, $p < 0,01$) [moyennes ajustées 23,7/28,5 kg]. La quantité de viande de second choix produite par carcasse augmente de 32 p. 100 (4 kg) ($F = 59,9$, $p < 0,01$) [moyennes ajustées 16,5/12,5 kg], soit une progression de 8 p.100 (53 à 58 p. 100) entre 24 et 30 mois. De 24 à 30 mois, la quantité de viande de 1er choix augmente significativement ($F = 7,6$, $p < 0,01$) de 7 p. 100 (800 g) [moyennes ajustées 11,2/12 kg], rapportée à la production de viande totale, la proportion de viande de 1er choix diminue de 47 à 42 p. 100.

La castration entraîne une perte significative ($F = 8,6$, $p < 0,01$) de 2 kg de viande totale produite par carcasse (- 7,4 p. 100) [moyennes ajustées 24,9/26,9 kg] et de viande de second choix (- 13 p. 100) ($F = 14,3$, $p < 0,01$) [moyennes ajustées 13,3/15,3 kg]. La proportion de ce

type de viande est plus faible chez les daguets castrés (53 p. 100) que chez les entiers (57 p. 100). La castration n'a pas d'effet significatif ($F = 0,24$) sur la production de viande de premier choix, la valeur des moyennes ajustées chez les daguets entiers et castrés étant quasi similaire (11,7/11,5 kg). A poids carcasse égal, les castrés produisent plus de viande de 1er choix que les entiers (46,2 p. 100 chez les castrés et 43,5 p. 100 chez les entiers).

Qualité biologique de la viande et castration

Le tableau IV expose les résultats des principaux paramètres biologiques de la viande de cerf rusa.

Composition biochimique, facteurs nutritionnels

Humidité

Quels que soient le type d'animal abattu ou la saison d'abattage, la teneur en eau des carcasses est comprise entre 75,3 et 75,7 p. 100. Le facteur âge d'abattage n'influe pas sur la teneur en eau de la viande ($F = 3,7$, $p > 0,05$) et la castration entraîne une diminution significative ($F = 7,7$, $p < 0,01$) quoique minime (0,5 p. 100) de ce paramètre.

Teneur en lipides, protides et collagène

Les facteurs âge d'abattage et castration n'ont pas d'effet significatif sur les teneurs en lipides, protides ou collagène ($F = 1,5$, $p > 0,05$). Avec une variance expliquée de 0 à 3

p. 100, les variations enregistrées dépendent fortement des facteurs individuels. Indépendamment de la castration ou de la saison d'abattage, la viande de dague rusa apparaît comme une venaison riche en protides (23 p. 100), pauvre en lipides (0,6 - 0,7 p. 100) et en collagène (0,5 p. 100).

Teneur en pigments totaux

Le choix d'abattre à 30 mois plutôt qu'à 24 entraîne la production d'une viande significativement plus foncée ($F = 9,7$, $p < 0,01$), la teneur en pigments totaux augmentant de 21 p. 100 (moyennes ajustées 166/201,2 ppm). La castration entraîne le même type de phénomène ($F = 5,5$, $p < 0,05$), la teneur en pigments totaux étant de 16 p. 100 plus élevée chez les individus castrés (moyennes ajustées 169,3/195,8 ppm).

Acidité

L'âge d'abattage a un effet significatif ($F = 17,3$, $p < 0,01$) sur l'acidité des carcasses alors que la castration serait sans effet ($F = 0,9$, $p > 0,05$). Néanmoins les résultats des moyennes ajustées montrent que les variations restent faibles, la valeur du pH des carcasses se situe dans une fourchette de 5,7 à 5,8.

Mesures de texture pratiquées sur les longes

L'abattage à 24 mois donne une viande significativement plus tendre ($F = 7,9$, $p < 0,01$) qu'à 30 mois d'environ 24 p. 100 (moyennes ajustées 8/10,5 centième de joule). La castration n'entraîne aucune modification significative ($F = 1,5$, $p > 0,05$).

DISCUSSION

Croissance et castration

Dans le présent essai, le GMQ observé est en moyenne inférieur à 100g/j quel que soit le lot, la castration ayant néanmoins un effet dépresseur. Un tel niveau de croissance correspond à un type d'élevage extensif. D'autres travaux menés en Nouvelle-Calédonie et en Australie ont montré qu'il était possible, dans un système de production plus intensif, d'enregistrer des performances plus élevées que celles observées ici. En Australie, Woodford (36, 37, 38), sur kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) irrigué avec apport de céréales, enregistre des performances de 230g/j de 0 à 6 mois et de 175 g/j de 6 à 12 mois. Grimaud et Chardonnet (18) en Nouvelle-Calédonie rapportent des performances proches, 180 g/j sur des daguets de 4 à 16 mois nourris avec une ration fourrage (75 p. 100) et concentré (25 p. 100). Les daguets dans ce cas affichent un poids vif de 40 kg à 6 mois, 70 kg à 12 mois et 92,5 kg à 16 mois.

D'autres études conduites en Malaisie (24) rapportent des performances proches de celles enregistrées dans le

présent essai avec des poids vifs de 40,5 kg à 15 mois, les daguets étant nourris de 6 à 15 mois à base de granulés, patates douces et d'herbe à éléphant (*Pennisetum purpureum*).

L'impact de la castration du cerf rusa est actuellement à l'étude en Australie (20, 21, 22, 32, Dryden, com. pers.). Elle est pratiquée néanmoins par de nombreux éleveurs avant la puberté, vers 10-12 mois sur le rusa (Dryden, Hart, com. pers., 1992) et 4-6 mois sur le daim (11, 12, 27, 28, 30, 31) pour des raisons de commodités d'élevage (diminution de l'agressivité, facilité de manipulation des jeunes mâles en élevage et à l'abattage). Elle reste exceptionnelle avec le cerf rouge où elle s'effectue vers 6-7 mois (19).

Chez cette dernière espèce (7, 19), la castration entraîne une perte de poids atteignant 9 p. 100 du poids vif à 16 mois (84/76 kg) et 17 p. 100 du poids vif à 27 mois (118/98 kg). Avec le daim, où la castration est couramment pratiquée pour des raisons de conduite d'élevage (possibilité d'abattage pendant le rut), elle entraîne une perte de poids vif de 3 kg à 17 mois (6,8 p. 100) et de 6,5 kg à 24 mois (10,2 p. 100) (26, 27, 28, 29, 30, 31). Dans l'essai, la castration à l'âge d'un an induit le même type de phénomène, la perte de poids vif n'excédant pas 3 kg à 24 mois (5 p. 100 du poids vif) et s'accroissant par la suite pour atteindre à 30 mois 6 à 8 kg (8,8 à 11,7 p. 100 du poids vif). Dans des conditions alimentaires permettant des croissances plus élevées, Sookhareea et al. (32) montrent qu'une castration pratiquée précocement (27 semaines) n'entrave pas la croissance de daguets rusa abattus à 19 mois (81,7 à 84,8 kg).

Performances et âge d'abattage

Dans la présente étude, l'abattage à 30 mois entraîne une augmentation du poids de carcasse de 6,1 kg (38,8 kg à 30 mois, 32,7 kg à 24 mois) et un gain de 4,8 kg de viande produite à la découpe (28,5 kg à 30 mois, 23,7 kg à 24 mois). Le gain de viande réalisé concerne surtout les morceaux de second choix (+ 32 p. 100), contrairement à ceux de premier choix (+ 7 p. 100). Les carcasses des daguets abattus à 24 mois dans le présent essai sont plus légères que celles produites, à âge égal, par les éleveurs australiens (36, 37, 38, Hart, com. pers., 1992) avec un poids moyen de 45 à 48 kg. Cette différence s'explique par le régime alimentaire basé sur l'exploitation du pâturage et le choix du maigre disponible pour ce type d'embouche en avril 1991. Le pic de naissance du rusa en Nouvelle-Calédonie se situant de mi-avril à mi-juin (2), les jeunes daguets âgés de 10 à 12 mois affichent en début d'essai un poids vif inférieur à ceux enregistrés dans les élevages du Queensland (36, 37, 38). Cette situation reflète celle de l'élevage de cerfs calédoniens où le faon sevré est sous-alimenté pendant les 3 à 5 mois de la saison sèche (23). Une alternative pour

réduire la durée d'embouche serait de maintenir la croissance des faons pendant cette période en les supplémentant.

Dans la pratique, les éleveurs de cerfs optent pour un abattage précoce de leurs animaux vers 2 ans. Le cerf rusa est abattu à 24 mois en Australie (Hart, com. pers, 1992 ; 36, 37, 38) ou à l'île Maurice (3), le daim à 17 mois (12, 26, 27, 28, 29, 30, 31), le chital entre 13 et 18 mois (11) et le cerf rouge entre 14-15 mois ou 26-27 mois selon son état de développement (1, 7, 8, 9). Certains travaux chez le cerf rusa (18, 36, 37, 38) ont montré néanmoins qu'il était possible de raccourcir la durée d'embouche en abattant les daguets vers 14 mois (carcasse de 45 kg).

En ce qui concerne la carcasse, on cite des rendements de 60 à 62 p. 100 chez des daguets rusa abattus à 13-15 mois et de 61 p. 100 à 24 mois (36, 37, 38). Ces résultats sont supérieurs à ceux enregistrés ici où le rendement est de 58 p. 100 à 24 mois et de 59 p. 100 à 30 mois. Cette différence peut s'expliquer en raison du procédé d'abattage des cerfs en Australie et Nouvelle-Zélande (21) où la carcasse est pesée avec la fressure. Mulley et English (31) distinguent deux types de rendement chez le daim abattu à 17 mois, un rendement d'abattage de 60 à 61 p. 100 calculé en rapportant le poids de la carcasse plus fressure au poids vif de l'animal et un rendement carcasse de 55 à 56 p. 100 où le calcul est basé sur un poids de la carcasse débarrassée de la fressure.

Performances d'abattage et castration

Dans le présent essai, la castration entraîne une diminution du poids de la carcasse de 6 p. 100. La perte de viande induite (- 7,4 p. 100) affecte l'avant-main et le ragoût (- 13 p. 100) et non l'arrière-main.

Chez les autres espèces de Cervidés, la castration des daguets entraîne une diminution du poids de la carcasse pouvant atteindre 17 p. 100 chez le cerf rouge de 27 mois (7, 19) et 7 à 8 p. 100 chez le daim de 17 mois (11, 12, 31). De récents travaux (32) confirment l'effet dépressif de la castration sur le rendement de la carcasse mais soulignent que si les animaux sont abattus précocement vers 19 mois, on n'observe pas de diminution du poids de la carcasse à chaud ou à froid. Pour le daim comme pour le cerf rusa dans cet essai, la diminution du poids de la carcasse concerne des morceaux de l'avant-main, les morceaux de découpe de l'arrière-main n'étant pas affectés par la castration (Woodford, com. pers. in GRIMAUD (15) ; 30).

Venaison et castration

En comparant les valeurs obtenues avec celles des autres espèces bouchères (33), on constate que la longe de cerf rusa, avec 1 p. 100 de gras intramusculaire, plus de 22 p. 100 de protéides et moins de 0,5 p. 100 de colla-

gène, s'apparente aux viandes dites "maigres" comme la viande blanche parée de dinde ou de poulet, ou le maigre sans gras et nerf visible de boeuf ou de cheval.

Cette description analytique est voisine de celle des autres espèces de Cervidés (9). La longe de rusa apparaît néanmoins plus maigre avec 0,7 p. 100 de lipides que la longe de daim (1,3 p. 100 de lipides) (25), la viande de chevreuil (selle : 3,6 p. 100 de lipides) ou la viande de cerf rouge avant rut (venaison : 3,3 p. 100 de lipides) (33). Des travaux récents (34) montrent qu'il est possible d'avoir des teneurs en lipides similaires chez le cerf rouge (0,4 p. 100 pour la longe) lorsque celui-ci est abattu après le rut. D'après English (11), les espèces tropicales de Cervidés comme le rusa ou le chital se distingueraient des autres espèces tempérées par le faible dépôt de gras au niveau de la carcasse, dépôt qui peut atteindre 8 à 12 p. 100 chez le daim et le cerf rouge.

La castration n'a pas entraîné d'augmentation de dépôt de gras intramusculaire, quelle que soit la période d'abattage. Chez les espèces de Cervidés tempérés, on constate l'effet contraire avec une augmentation du dépôt de gras au niveau de la carcasse de 16 p. 100 chez le cerf rouge (7) et de 2 à 10 p. 100 chez le daim (27).

Avec moins de 0,5 p. 100 de collagène, la longe de cerf rusa castré ou entier appartient à la catégorie des viandes tendres, pauvres en tissu conjonctif, dites à rôtir ou à griller (14). En comparaison, les viandes de boeuf ou de cheval contiennent 2 à 4,5 p. 100 de collagène (6, 10) ; seules, les viandes blanches parées de volailles affichent des teneurs inférieures à 1 p. 100.

Les mesures de texture effectuées dans cet essai montrent que la tendreté de la viande de cerf rusa est affectée par le vieillissement et non par le rut ou la castration. Sookhareea *et al.* (32) aboutissent aux mêmes résultats chez le jeune mâle rusa castré. Leurs travaux diffèrent néanmoins en ce qui concerne l'impact de la castration sur la couleur de la viande : dans leur cas, elle l'éclaircit alors que dans le présent essai, elle l'assombrit. Chez les espèces tempérées comme le cerf élaphe (34), le rut se traduit au contraire par une diminution significative de la tendreté des muscles long-dorsaux ou semi-membraneux.

CONCLUSION

La castration du daguet rusa vers 10-12 mois entraîne une perte de poids vif d'environ 3 kg à 24 mois et de 6 kg à 30 mois. Chez les animaux abattus à 24 mois, la castration est compatible avec la fourniture de carcasses de bonne qualité bouchère : la perte en viande liée à cette pratique est limitée à 2 kg et ne concerne pas les meilleurs morceaux de venaison situés dans l'arrière-main. La castration n'affecte pas la qualité de la venaison du cerf rusa qui est une viande diététique riche en protéines, pauvre en lipides et collagène, destinée à un type de cuisson rapide (grillades). Chez les éleveurs de cerfs

rusa pratiquant la castration des jeunes mâles, les résultats de cet essai recommandent donc d'abattre précocement les animaux vers 24 mois. Un abattage à ce stade de développement permet notamment de fournir une viande plus tendre et moins foncée qu'un abattage tardif à 30 mois.

BIBLIOGRAPHIE

1. BRELURUT A., PINGARD A., THÉRIEZ M., 1990. Le cerf et son élevage. Paris, INRA, Maisons-Alfort, France, Editions du Point Vétérinaire, 143 p.
2. CHARDONNET P., 1988. Etude de faisabilité technique et économique de l'élevage de cerfs en Nouvelle-Calédonie. Maisons-Alfort, France, IEMVT/ADRAF, 282 p.
3. CHARDONNET P., 1988. Observations et réflexions sur l'élevage de cerfs à l'île Maurice. Maisons-Alfort, France, IEMVT, 36 p. (Rapport IEMVT)
4. CHARDONNET P., GRIMAUD P., AGATHE-NERINE S., 1990. Commercial rusa deer production in New Caledonia. In: Proc. Second Inter. Wildlife Ranching Symposium Edmonton, Alberta, Canada, June 1990, p. 109-112.
5. CHARDONNET P., LARTIGES A., 1993. Les habitats et la faune terrestre vertébrés de Nouvelle-Calédonie (1ère partie). *Bull. mens. Off. Natn. Chasse*, 180 : 41-45.
6. CTSCCV, 1983. Composition des matières premières. In : l'Encyclopédie de la charcuterie. Paris, France, Soussana, p. 150-152.
7. DREW K., GREER G., 1977. Venison production and carcass composition of red deer. *N.Z. Agric. Sci.*, 11 p.
8. DREW K.R., FENNESSY P.F., 1986. Venison research - Carcass feature proceeding and packaging. Deer Branch Course n°3. Roturua, Nouvelle Zélande, p.17-34.
9. DREW K.R., STEVENSON J.M., FENNESSY P.F., 1991. Venison. A marketable product. Deer Branch Course n°8. Sydney, Australie, p. 31-35.
10. DUMONT B.L., 1986. La viande de bœuf : structure et tendreté. *Pour la Science*, p. 88-96.
11. ENGLISH A.W., 1990. The Chital challenge. *N.Z. Deer Farmer*, p. 53-64.
12. ENGLISH A.W., 1990. Management strategies and health programs for farmed fallow deer in Australia. Deer branch course n°7, p. 116-127.
13. FLECHER T.J., 1986. In: Management and Diseases of Deer, Section 2: Reproduction. Veterinary Deer Society, p. 15-21.
14. FRAYSSE J.L., DARRÉ A., 1990. Produire des viandes. Volume 1 : Sur quelles bases économiques et biologiques ? Paris, France, Technique et documentation Lavoisier, 374 p. (Coll. agriculture d'aujourd'hui)
15. GRIMAUD P., 1991. Le cerf rusa, *Cervus timorensis russa* en Australie. Nouméa, Nouvelle-Calédonie, CIRAD, Mandat de gestion, 35 p. (Etudes et synthèses)
16. GRIMAUD P., 1992. Croissance et ingestion chez les bichettes et daguets. Les Journées Techniques de Port-Laguerre sur l'élevage du Rusa (2). Nouméa, Nouvelle-Calédonie, CIRAD, Mandat de gestion. (Etudes et synthèses)
17. GRIMAUD P., 1992. Ingestion comparée. Les Journées Techniques de Port-Laguerre sur l'élevage du Rusa (2). Nouméa, Nouvelle-Calédonie, CIRAD, Mandat de gestion. (Etudes et synthèses)
18. GRIMAUD P., CHARDONNET P., 1989. Comportement alimentaire du cerf rusa en croissance recevant une ration à base de graminée (*Bracharia mutica*). Actes du XVIe congrès international des herbages, Nice, France, 4-11 octobre 1989. Versailles, France, Association française pour la production fourragères, INRA, p. 1281-1282.
19. HERNANDEZ J.C., 1984. L'élevage des Cervidés en Nouvelle-Zélande. Thèse n°27, Ecole nationale vétérinaire de Toulouse, Toulouse, France, 179 p.
20. LE BEL S., 1992. Exploitation de la biomasse fourragère, méthodes et résultats technico-économiques. Les Journées Techniques de Port-Laguerre sur l'élevage du Rusa (1). Nouméa, Nouvelle-Calédonie, CIRAD, Mandat de gestion. (Etudes et synthèses)
21. LE BEL S., 1992. Embouche de daguets à l'herbe, effet de la castration. Les Journées Techniques de Port-Laguerre sur l'élevage du Rusa (2). Nouméa, Nouvelle-Calédonie, CIRAD, Mandat de gestion. (Etudes et synthèses)
22. LE BEL S., 1993. Rapport de mission en Australie du 16 nov. au 5 déc. 1992. Nouméa, Nouvelle-Calédonie, CIRAD, Mandat de gestion, 27 p. (Etudes et synthèses)
23. LE BEL S., DULIEU D., 1993. Rearing rusa deer in New Caledonia, a first attempt at relating feed management to the system of production. In: World Deer Congress, Christchurch, New Zealand, February 1993. New Zealand deer Farmers Association, p. 143-148.
24. MOHD NASIS A., ARIFF OMAR M., 1991. Body measurements and weights of *Cervus timorensis russa*. Pahang DM, Malaisie, Livestock research Division, Mardi Bukit Ridan. (in press)
25. MOJTO J., CARTUSEK V., PALANSKA O., LAHUCKY R., 1992. Carcass and meat quality of fallow deer. In: proceeding 38th International Congress of Meat Science and Technology, Clermont-Ferrand, France, August 23-28, 1992, Vol. 2. Helsinki, Finlande, Congress Secretariat of ICOMST, p. 97-100.
26. MULLEY R.C., 1984. The reproductive performance of farmed fallow deer in New South Wales. Proceeding Number 72, Deer Refresher Course, The Post-graduate Committee in Veterinary Science, The University of Sydney, Australie, p. 461-480.
27. MULLEY R.C., 1988. Reproduction and performance of farmed fallow deer (*Dama dama*) Ph.D. Thesis, The University of Sydney, Australie.
28. MULLEY R.C., 1990. Castration. In: Principles of Practical Deer Farming. Proc. Deer Breeders Assoc. of Western Australia, Perth, p. 74-86.
29. MULLEY R.C., ENGLISH A.W., 1985. The effects of castration of fallow deer (*Dama dama*) in New South Wales. *Anim. Prod.*, 41: 359-361.
30. MULLEY R.C., ENGLISH A.W., 1990. Evaluation of carcass changes to fallow bucks castrated pré-puberally. In : Brown D. ed, Proc. Inter. Symp. Biology of deer, Mississippi State University, USA, June 1990, p. 238-243.
31. MULLEY R.C., ENGLISH A.W., 1991. Fallow deer carcass production. Deer Branch Course n°8. Sydney, Australie, p. 68-75.
32. SOOKHAREEA D.G.T., et al., 1993. A study of carcass characteristics and meat quality of castrate and entire javan rusa stags. CSIRO, 5 p. (The Australian Meat Industry Research Conference n°8)
33. SOUCI S.W., FACHMANN W., KRAUT H., 1986. La composition des aliments. Tableaux des valeurs nutritives 1986-1987. 3e edn revue et complété par SCHERTZ H., KOOS G., SENSER F., Stuttgart, Allemagne, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, p. 230-344.
34. STEVENSON J.M., SEMAN D.L., LITTLEJOHN R.P., 1992. Seasonal variation in venison quality of mature farmed red deer stags in New Zealand. *J. Anim. Sci.*, 70: 1389-1396.

35. THORLEY A., 1990. The moluccan rusa dilemma. *Deer Farmer*, March 1990: 31-34.

36. WOODFORD K., 1991. Dry argument supports Australian Rusa Farming. *Deer Farmer*, 79: 37-39.

LE BEL (S.), CHARDONNET (P.), DULIEU (D.), SALAS (M.). Impact of castration of rusa stags on growth rate, slaughtering and meat quality at 24 and 30 months. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, **48** (1): 85-93

In young male rusa stags (*Cervus timorensis russa*) reared for slaughter, breeders consider rutting a constraint. The aim of the trial was to study the zootechnical impact of castration. Seventeen castrated (C) and nineteen entire (E) 12-month-old rusa Javanese stags were pasture-reared and slaughtered at 24 or 30 months of age. Castration reduces live weight at 24 months (C: 54.5 ± 1.9 kg, E: 58.5 ± 2.3 kg, $p < 0.01$) and 30 months (C: 62.5 ± 3.0 kg, E: 68.5 ± 2.3 kg, $p < 0.01$). From 12 to 24 months, the growth rate reaches 82 ± 3 g per day (C) and 91 ± 1 g per day (E). From 24 to 30 months, the growth rate is reduced to 45 ± 6 g per day (C) and 63 ± 12 g per day (E). Castration and age increase the carcass yield by 1 % (58-59 %, $p < 0.05$) but not the cutting yield (72-74 %). Castration reduces the total meat produced per carcass by 13 % ($p < 0.01$) but this does not affect the cuts of the hindquarter (11.2 kg at 24 months, 12 kg at 30 months). Meat composition is not affected by castration and age of slaughtering. The venison of entire or castrated rusa deer is a protein-rich (23 %), low-fat (0.7 %) and low-collagen (0.5 %) meat. The venison is more tender (+ 24 %, $p < 0.01$) and lighter (- 21 %, $p < 0.01$) at 24 months than at 30 months. If rusa stag breeders castrate young stags at one year old, the best time to slaughter them seems to be at 24 months.

Key words : Cervidae - *Cervus timorensis russa* - Rusa deer - Castration - Slaughtering - Carcass - Growth - Game meat - New Caledonia.

37. WOODFORD K., 1991. Deer production in Tropical and Subtropical environments. Deer branch of the NZ veterinary association. Deer Branch Course n°8. Sydney, Australie, p. 85-93.

38. WOODFORD K., DUNNING A., 1990. Production cycles and characteristics of rusa deer in Queensland, Australia, *In* : Brown D. ed., Proc. Inter. Symp. Biology of deer, Mississippi State University, USA, June 1990, p. 197-202.

LE BEL (S.), CHARDONNET (P.), DULIEU (D.), SALAS (M.). Impacto de la castración del ciervo rusa sobre las características del crecimiento y de la matanza y sobre la calidad biológica de la carne, a los 24 y 30 meses. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, **48** (1) : 85-93

En el joven ciervo rusa macho (*Cervus timorensis russa*) destinado a matadero, el celo es considerado por el criador como un obstáculo. El objetivo de este experimento, es el de apreciar el impacto zootécnico de la castración. Diecisiete ciervos rusa de Java, castrados (C) y diecinueve enteros (E), de 12 meses de edad, fueron alimentados con pasto y sacrificados a los 24 meses o a los 30 meses. La castración indujo una disminución del peso vivo a 24 meses (C : $54,5 \pm 1,9$ kg, E : $58,5 \pm 2,3$ kg, $p < 0,01$) y a 30 meses (C : $62,5 \pm 3,0$ kg E : $68,5 \pm 2,3$ kg, $p < 0,01$). De los 12 a los 24 meses, el crecimiento es de 82 ± 3 g/d (C) y de 91 ± 1 g/d (E). De los 24 a los 30 meses, éste disminuye para no alcanzar más que 45 ± 6 g/d (C) y 63 ± 12 g/d (E). La castración y el envejecimiento aumentan el rendimiento de la carcaza de 1 p. 100 (58-59 p. 100, $p < 0,05$), pero no modifica el rendimiento del corte (72-74 p. 100). La castración provoca una disminución de la cantidad de carne total producida por carcaza (- 13 p. 100, $p < 0,01$), sin afectar las porciones posteriores (11,2 kg a 24 meses, 12 kg a 30 meses). La composición de la carne no es modificada por la castración, ni por la edad de la matanza (23 p. 100 proteínas, 0,7 p. 100 lípidos, 0,5 p. 100 colágeno). A los 24 meses la carne de caza mayor del ciervo rusa es más suave (+ 24 p. 100, $p < 0,01$) y menos oscura (- 21 p. 100, $p < 0,01$) que a los 30 meses. Si los criadores de ciervos rusa castran sus machos jóvenes hacia la edad de un año, parece más interesante sacrificarlos a los 24 meses.

Palabras clave : Cervidae - *Cervus timorensis russa* - Venado rusa - Castración - Sacrificio - Canal animal - Crecimiento - Carne de animales de caza - Nueva Caledonie.

Etude des chaleurs des vaches trypanotolérantes N'Dama et Baoulé en Côte d'Ivoire. II. Composante hormonale (LH)

C. Meyer¹, P. Yesso²

MEYER (C.), YESSO (P.). Etude des chaleurs des vaches trypanotolérantes N'Dama et Baoulé en Côte d'Ivoire. II. Composante hormonale (LH). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 95-99

Les objectifs de cette étude sont, d'une part la détermination du délai de venue en œstrus et la durée de celui-ci chez des femelles cycliques de deux races bovines (trypanotolérantes) N'Dama et Baoulé après administration de prostaglandine F2 α et, d'autre part, la mesure des caractéristiques périphériques concomitantes de l'hormone LH. L'étude a été conduite en saison sèche et chaude en zone tropicale humide (Bouaké, Côte d'Ivoire). Elle a porté sur 7 vaches N'dama et 8 Baoulé. Les vaches observées en chaleur l'ont été selon un délai moyen de 59,9 \pm 9,2 h (7 N'Dama) et 91,7 \pm 10,3 h (6 Baoulé) suivant l'injection de 15 mg de luprostiol (analogue de la prostaglandine F2 α). Le niveau de base moyen de l'hormone LH en dehors de la décharge préovulatoire était égal à 1,5 \pm 0,5 ng/ml (N'Dama) et 1,8 \pm 0,7 ng/ml (Baoulé). Le pic préovulatoire de LH était typique sur 4 vaches N'Dama et 3 vaches Baoulé et présentait les caractéristiques suivantes : début 5,3 h après le début des chaleurs, durée 6-7 h, niveau maximal 60 ng/ml. Ces observations suggèrent un délai de venue en chaleur significativement plus précoce de 30 h environ chez les N'Dama que chez les Baoulé après injection de prostaglandine F2 α . Chez ces 2 races, pour les femelles qui ovulent, les concentrations circulantes de LH suivent des évolutions semblables à celles des bovins européens sous climat tempéré.

Mots clés : Vache - Bovin Baoulé - Bovin N'Dama - Taurin à courtes cornes d'Afrique de l'Ouest - Reproduction - Cycle œstral - Prostaglandine - Hormone - Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

L'élevage des bovins de races trypanotolérantes présente un grand intérêt dans les pays où sévissent de façon endémique les trypanosomoses. Un des freins au développement de cet élevage est constitué par les faibles performances de reproduction de ces races en milieu villageois. La connaissance de la physiologie du cycle sexuel de leurs femelles est nécessaire pour raisonner les anomalies de la reproduction que l'on peut constater (20) et améliorer les performances de reproduction.

Les résultats de l'étude comportementale et anatomique au cours des chaleurs des vaches (trypanotolérantes) N'Dama et Baoulé ont été précédemment reportés (12). Le jour des chaleurs (déterminées avec l'aide de l'évolution de la progestérone plasmatique), 84,4 p. 100 des N'Dama et 89,3 p. 100 des Baoulé acceptent la monte.

1. CIRAD-EMVT, 10 rue Pierre Curie, 94704 Maisons-Alfort Cedex, France.

2. Institut des Savanes (IDESSA), Département Elevage, BP 1152, Bouaké, Côte-d'Ivoire.

Reçu le 19.4.1994, accepté le 13.5.1995.

En effectuant deux observations de 30 min par jour, et en considérant comme critère des chaleurs au moins deux acceptations à la monte par jour, les deux tiers des chaleurs peuvent être ainsi détectés. Les caractéristiques des profils de LH chez les vaches des pays tempérés ont fait l'objet de nombreuses publications (3, 5, 7, 8, 10, 15, 16, 19, 21, 22, 24, 25, 26). Ces études ont permis d'établir la chronologie des événements (début et durée du pic de LH) en fonction des chaleurs et de l'ovulation et d'expliquer pourquoi la période de fin des chaleurs est préférable pour inséminer.

Le but de la présente étude est d'évaluer le délai de venue en chaleur et la durée de l'œstrus après administration d'un agent lutéolytique (analogue de la prostaglandine F2 α) ainsi que d'établir l'évolution de la concentration de LH autour des chaleurs et ses relations chronologiques avec celles-ci chez les vaches de races locales ivoiriennes trypanotolérantes N'Dama et Baoulé.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel

L'étude a eu lieu à la station centrale du Département des Ressources animales de l'IDESSA (Institut des Savanes) à Bouaké, dans le centre de la Côte d'Ivoire, au cours de la saison chaude et sèche (février). Elle a porté sur un lot de 7 vaches N'Dama et un autre de 8 vaches Baoulé adultes allaitantes pesant respectivement 268,9 \pm 31,2 kg (N'Dama) et 209,1 \pm 15,3 kg (Baoulé). Ces vaches ont toutes été reconnues cyclées auparavant par des observations journalières des chaleurs pendant plus de deux cycles œstraux. Elles étaient entretenues sur un pâturage de *Panicum maximum* variété C1. Un complément alimentaire composé de 4 kg de graines de coton et de 1 kg de mélasse par jour leur a été distribué tous les soirs, au parc de nuit où les vaches s'abreuvaient à volonté.

Méthodes

Les chaleurs de 15 vaches ont été synchronisées au moyen d'une injection intramusculaire de prostaglandine F2 α (15 mg de luprostiol = Prosolvin®) pratiquée le même jour à la même heure chez toutes les vaches qui se trouvaient alors entre le dixième et le quinzième jour de leur

cycle œstral. La détection des chaleurs s'est faite à l'aide d'une vache androgénisée, présentée pendant une demi-heure toutes les deux heures pendant 3 jours et 3 nuits en commençant 24 heures après l'injection. On a noté le nombre d'acceptations à la monte pour chaque demi-heure d'observation. Ces données ont permis de déterminer le moment du début des chaleurs et la durée de celles-ci pour chaque vache. Un examen gynécologique (vulve, utérus, ovaires) a été effectué avant et après l'étude.

Des prélèvements de sang ont été exécutés toutes les 2 heures durant la même période. Ils ont été effectués avec des tubes héparinés. Le sang a été centrifugé dans l'heure pour recueillir le plasma qui a été aussitôt congelé (9). La technique de dosage de l'hormone LH utilisée a été la méthode radioimmunologique décrite par Thibier (20). Le pic de LH a été défini comme l'ensemble des valeurs dépassant le niveau de base de LH augmenté de 3 fois son écart type (7).

RÉSULTATS

Apparition et durée des chaleurs

Deux vaches Baoulé n'ont pas accepté le chevauchement et n'ont donc pas été considérées pour le reste de l'étude. Chez les autres vaches, des acceptations de la monte ont été observées à partir de $59,9 \pm 9,2$ h (7 N'Dama) et $91,7 \pm 10,3$ h (6 Baoulé) en moyenne après l'injection de prostaglandine F2 α . La différence entre les délais moyens pour les deux races est hautement significative ($p < 0,001$). L'apparition des chaleurs s'est échelonnée régulièrement, mais toutes les vaches N'Dama sont venues en chaleur avant les Baoulé (tabl. I). Certaines acceptations de monte ont été observées de façon très espacée avant ou après le pic des acceptations qui seul a été considéré pour le calcul de la durée des chaleurs. Celle-ci a été de $12,0 \pm 5,4$ h (N'Dama) et $10,3 \pm 6,5$ h (Baoulé). Les variations sont grandes : on relève 1 à 9 séries d'acceptations séparées de 2 ou 4 h dans les pics d'acceptations. Une vache N'Dama et une Baoulé ont présenté des chaleurs durant moins de 2 heures.

Profil de LH

Le tableau II rapporte les caractéristiques observées pour ces vaches. Le pic de LH commence tôt après le début des chaleurs (2,5 et 0,5 h, respectivement chez les N'Dama et les Baoulé). Il a une durée de 6 et 8,6 h respectivement chez les N'Dama et les Baoulé. Il est typique et "pointu" sur 4 vaches N'Dama et 3 vaches Baoulé et commence $4,75 \pm 1,0$ h (N'Dama) ou $6,0 \pm 6,0$ h (Baoulé) après le début des chaleurs. Son niveau maximal moyen est de $60 \pm 20,8$ ng/ml (N'Dama) et de $57,7 \pm 5,8$ ng/ml (Baoulé). En revanche, lorsqu'il est peu marqué ou tronqué (valeurs élevées avec un pic aplati), il commence 0 (N'Dama) ou - 5 h (Baoulé) après le début des chaleurs, avec de plus grandes variations.

La figure 1 montre la courbe de LH type et le moment des manifestations des chaleurs d'une vache N'Dama qui présente des caractéristiques représentatives de ce groupe. Le début de l'augmentation de la décharge cyclique apparaît 67 h après l'injection de prostaglandine F2 α . Le pic est atteint 3 à 4 h plus tard. La chute est forte et brutale. Le retour aux concentrations de base est observé 73 h après l'injection.

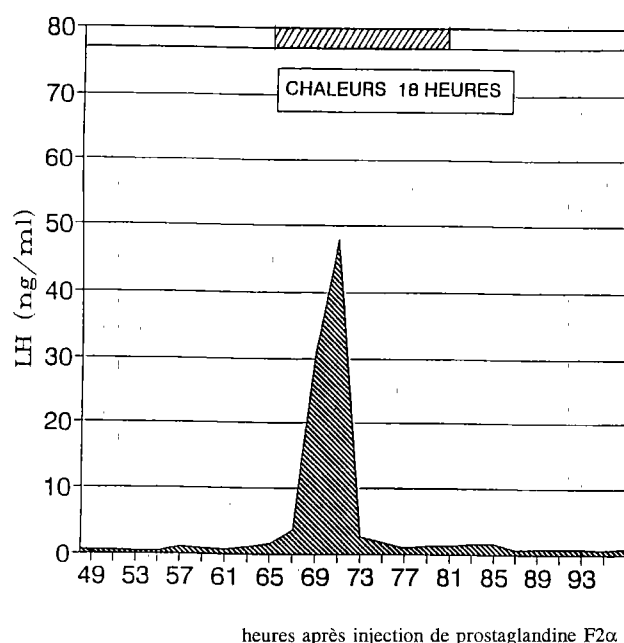


Figure 1 : LH autour des chaleurs chez une vache N'Dama.

DISCUSSION

L'œstrus des deux vaches Baoulé non vues en chaleur a pu être trop court, mais on aurait dû observer des valeurs élevées de LH. Or, le taux de LH était comparable au taux de base de la LH des autres vaches. Les chaleurs peuvent s'être manifestées au-delà de 119 h suivant l'injection, ce qui est rare. Il est cependant vraisemblable qu'elles ont eu une décharge préovulatoire de LH et aient ainsi ovulé car un corps jaune a été observé 7 à 9 jours après les chaleurs des autres vaches. Le poids de ces vaches était normal par rapport aux autres. Elles ne présentaient pas de misère physiologique ni de boiteries.

D'autres observations sur les mêmes races, concernant le délai d'apparition des chaleurs, ont donné des résultats semblables à ceux constatés dans cette étude pour les N'Dama mais distincts en race Baoulé (11). Les chaleurs étaient alors apparues 59,1 h (N'Dama) et 66,5 h (Baoulé) après l'injection de prostaglandine F2 α . Toutefois, comme dans cet essai, en race Baoulé, Chicoteau (1) a observé la venue en chaleur $84,9 \pm 20,6$ h après l'injection.

TABLEAU I
Moment où les chaleurs ont été observées (jours et heures) après injection de prostaglandines

Race	N°	+ 2 jours								+ 3 jours								+ 4 jours								+ 5 jours												
		49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75	77	79	81	83	85	87	89	91	93	95	97	99	101	103	105	107	109	111	113	115	117	119	
N	1	+	+	+	+	+		+	+																													
N	2		+		+	+	+	+	+																													
N	3				+		+	+	+	+	+																											
N	4							+	+	+	+												+			+												
N	5																																					
N	6		+																																			
N	7																																					
B	1																																					
B	2																																					
B	3																																					
B	4																																					
B	5																																					
B	6		+	+																																		

+ : Chevauchements observés.
N : N'Dama
B : Baoulé

TABLEAU II
Caractéristiques moyennes du pic préovulatoire de la LH

Race	N'Dama (n = 7)	Baoulé (n = 6)*
Durée des chaleurs (h)	12 ± 5,4	10,3 ± 6,5
Début des chaleurs - début du pic LH (h)	2,5 ± 6,3	0,5 ± 9,9
Durée du pic LH (h)	6,0 ± 1,6	8,6 ± 1,9
Niveau maximal moyen du pic LH (ng/ml)	37,3 ± 32	39,2 ± 21
Niveau de base moyen de LH (ng/ml)	1,53 ± 0,5	1,8 ± 0,7

(*) 2 vaches Baoulé sur les 8 initiales n'ont pas eu de pic de LH pendant la période de prélèvements.

La durée des chaleurs observée ici après synchronisation au moyen de prostaglandine F2 α est semblable à celle des chaleurs naturelles dans les deux races : 8 à 9 h (15) ou 9,38 ± 1,51 h (22) en race N'Dama et 10,7 ± 5,1 h (1) en race Baoulé. Chez les vaches de races européennes (non trypanotolérantes), la durée des chaleurs est généralement plus longue que celle des races locales : 14-16h (6). Cette différence est liée à d'autres facteurs que la trypanotolérance puisqu'elle s'observe aussi chez les zébus (non trypanotolérants) vivant dans le même milieu que les taurins N'Dama et Baoulé (14).

Le pic de LH commence environ 6 heures (3-7 h) après le début des chaleurs chez les vaches européennes (3, 5, 7, 8, 10, 15, 16, 19, 21, 22, 24, 25, 26). La présente observation révèle des valeurs semblables lorsque le pic de LH est typique. Chez la vache européenne (mêmes références), il dure 6 à 12 h. Les présents résultats sont aussi situés dans ces limites. Le niveau maximal rapporté

du pic de LH est de 5 à 100 ng/ml chez les vaches européennes et selon les systèmes de dosage ou les standards utilisés. Lorsque le pic est bien marqué, et dans le système utilisé ici, il est de 60 ng/ml environ en races N'Dama et Baoulé. Chicoteau *et al.* (2) ont relevé un niveau de 100 ng/ml en race Baoulé en effectuant des prises de sang toutes les heures et en ayant recours au même système de dosage, au même laboratoire. Comme elles ont été effectuées toutes les deux heures dans le cas présent, le pic réel a pu se trouver entre deux prélèvements. Le niveau de base de l'hormone LH est de l'ordre de 1 à 2 ng/ml chez les bovins européens. Les résultats de cette étude sont de même grandeur. Chicoteau *et al.* (2) ont observé, en race Baoulé, que le pic de LH présente des caractéristiques proches de celui des races européennes. Cette étude, conduite dans une région différente, confirme cette observation et montre qu'il en est de même pour la race N'Dama.

On peut se demander si les chaleurs étudiées ici étaient normales chez toutes les vaches avec pic de LH typique ou non. A la suite de l'étude, 7 à 9 jours après les chaleurs, un ou deux corps jaunes palpables ont été décelés, aussi bien parmi les vaches présentant un pic de LH normal que parmi celles présentant un pic tronqué comme d'ailleurs celles qui n'ont pas accepté le chevauchement (cf. supra.).

Si l'on admet que l'ovulation survient 20 à 24 h après le début du pic de LH (8, 10, 13, 18), celui-ci commençant vers 64,7 h (N'Dama) et vers 97,7 h (Baoulé) après l'injection, l'ovulation surviendrait vers 86,7 h (N'Dama) et vers 119,7 h (Baoulé) après l'injection de prostaglandine F2 α , soit 26,8 h (N'Dama) et 28 h (Baoulé) après le début des chaleurs. On peut admettre que les chaleurs commencent vers 90 h après l'injection de prostaglandine F2 α en race Baoulé (Chicoteau cite 88 h et il a été trouvé ici 91,7 h) et vers 60 h chez les N'Dama. Elles s'observeraient ainsi de 60 à 72 h (N'Dama) et de 90 à 100 h environ (Baoulé) après l'injection. Sachant que le meilleur moment pour inséminer correspond à la deuxième moitié des chaleurs chez les bovins européens, et si cela est vrai aussi dans ces races, ce moment serait entre 66 et 72 h (N'Dama) et entre 95 et 100 h (Baoulé) après l'injection de prostaglandine F2 α . Ce moment mérite d'être précisé sur un effectif plus grand. Si ces observations originales se trouvaient pleinement confirmées, ceci constituerait un modèle physiologique original pour élucider le mécanisme de déclenchement de l'acceptation du chevauchement en raison de différences génétiques de cette ampleur, en milieu identique. Toutefois, cette constatation ne semble pas due à la faiblesse de l'effectif des vaches de cet essai car le centre d'insémination artificielle de Bingerville (Côte d'Ivoire) semble déjà tirer avantage d'inséminations plus précoces de 24 h après synchronisation des chaleurs avec des analogues de prostaglandine F2 α chez des femelles de race N'Dama qu'en race Baoulé (Galet, communication personnelle). Les résultats de l'essai viennent conforter cette pratique.

CONCLUSION

Les pics de LH pendant les chaleurs chez les vaches (trypanotolérantes) N'Dama et Baoulé présentent généralement des caractéristiques voisines de celles des races européennes. Les vaches N'Dama viennent plus précocement en chaleur que les Baoulé après synchronisation des chaleurs avec la prostaglandine F2 α . En admettant qu'il est indiqué d'inséminer ces vaches dans la deuxième moitié des chaleurs naturelles, et que le moment d'apparition des chaleurs après injection de prostaglandine F2 α est proche de 60 h en race N'Dama et de 90 h en race Baoulé, le meilleur moment pour inséminer se situerait entre 66 et 72 h (N'Dama) et entre 95 et 100 h (Baoulé) après cette injection, soit en moyenne une différence de 28,5 h entre les deux races.

REMERCIEMENTS

Les analyses d'hormones ont été prises en charge par le projet FAO/RAF/88/100, à Banjul (Gambie) et par le Centre international de Recherches agronomiques pour le Développement (CIRAD). Nous remercions Mme Jean-guyot (Laboratoire d'hormonologie, UNCEIA) pour sa contribution aimable et efficace dans la réalisation des dosages hormonaux, de LH notamment. Nous remercions les techniciens N'Guessan Kouame, Kassou Kouassi et Yoboue Kouame ainsi que nos collègues du Département des Ressources animales qui se sont relayés avec nous pour assurer les observations et les prélèvements pendant 3 jours et 3 nuits.

BIBLIOGRAPHIE

1. CHICOTEAU P., 1989. Adaptation physiologique de la fonction sexuelle des bovins Baoulé au milieu tropical sud-soudanien. Thèse doct., Université Paris XII, Créteil, France, 174 p.
2. CHICOTEAU P., HUMBLLOT P., CLOE C., BASSINGA A., THIBIER M., 1989. Physiological and pathological plasma profiles of progesterone and LH in indigenous West African Shorthorn cows (*Bos taurus taurus*). *Zuchthyg.*, 24: 193-200.
3. CHRISTENSEN D.S., HOPWOOD M.L., WILTBANK J.N., 1974. Level of hormones in the serum of cycling beef cows. *J. Anim. Sci.*, 38 (3): 577-583.
4. DESSOUTER C., DENIS J.P., PAREZ M., THIBIER M., 1983. Profil des hormones gonadotropes (FSH et LH) pendant la période oestrale chez une femelle zébu pakistanaise. Dakar-Hann, Sénégal, LNERV/ISRA, septembre 1983, 6 p. (n° 64/Zoot)
5. DIELEMAN S.J., BEVERS M.M., VAN TOL H.T.M., WILLEMSE A.H., 1986. Peripheral plasma concentrations of oestradiol, progesterone, cortisol, LH and prolactin during the oestrous cycle in the cow, with emphasis on the peri oestrous period. *Anim. Prod. Sci.*, 10: 275-292.
6. DOBSON H., KAMONTAPANA M., 1966. A review of female cattle reproduction with special reference to a comparison between buffaloes, cows and zebu. *J. Reprod. Fert.*, 77: 1-36.
7. GAUTHIER D., 1986. The influence of season and shade on oestrus behaviour, timing of preovulatory LH surge and the pattern of progesterone secretion in FFPN and creole heifers in tropical climate. *Reprod. Nutr. Dev.*, 26 (3): 767-775.
8. HENRICKS D.M., DICKEY F.J., NISWENDER G.D., 1970. Serum LH and plasma progesterone levels during the estrous cycle and early pregnancy in cows. *Biol. Reprod.*, 2: 346-351.
9. HUMBLLOT P., THIBIER M., 1984. Evaluation comparée des méthodes de diagnostic de gestation chez les bovins. *Elevage Insém.*, 200: 3-18.
10. KARG H., Recent results concerning cyclic effects of pituitary gonadotropins. In: VIIe congrès international de Reproduction animale et d'insémination artificielle, Munich, Allemagne, 6-9 juin 1972, Vol. I. p. 46-52.
11. MEYER C., YESSO P., 1990. Moment de l'apparition des chaleurs après injection de prostaglandines en races bovines (trypanotolérantes) N'Dama et Baoulé. Bouaké, Côte-d'Ivoire, IDESSA/DE - ZOOT, octobre 1990, 13 p. (Note technique)
12. MEYER C., YESSO P., 1991. Les chaleurs des vaches trypanotolérantes Ndama et Baoulé en Côte-d'Ivoire. I. Particularités des composantes comportementale et organique. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 44 (2): 199-206.

13. MIKESKA J.C., WILLIAMS G.L., 1988. Timing of preovulatory endocrine events. Estrus and ovulation in Brahman x Hereford females synchronized with Norgestomet and estradiol valerate. *J. Anim. Sci.*, 66: 939-946.
14. MUKASA-MUGERWA E., 1989. A review of reproductive performance of female *Bos indicus* (zebu) cattle. Addis-Abeba, Ethiopie, ILCA, 134 p. (Monograph no. 6)
15. PETERS A.R., 1985. Studies of hormone patterns during the oestrous cycle of beef cows. *Reprod. Nutr. Dev.*, 25 (5) : 919-927.
16. RAHE C.H., OWENS R.E., FLEEGER J.L., NEWTON H.J., HARMS P.G., 1980. Pattern of plasma LH in the cyclic cow: dependance upon the period of the cycle. *Endocrinology*, 107 (2): 498-503.
17. RALAMBOFIRINGA A., 1978. Notes sur les manifestations du cycle œstral et sur la reproduction des femelles N'Dama. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 31 (1) : 91-94.
18. RANDEL D.R., 1984. Reproductive endocrinology of Brahman cattle. In: Chemineau P., Gauthier D., Thimonier J. eds, Reproduction des ruminants en zone tropicale. Actes de la réunion internationale, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, France, 8-10 juin 1983. Paris, France, INRA, p. 159-188. (Coll. Les colloques de l'INRA n° 20)
19. SCHAMS D., SCHALLENBERGER E., HOFFMANN B., KARG H., 1987. The oestrous cycle of the cow : hormonal parameters and time relationships concerning oestrus, ovulation, and electrical resistance of the vaginal mucus. *Acta Endocr.*, 86: 180-192.
20. THIBIER M., 1975. Variations circadiennes de la LH plasmatique chez le jeune taurillon. *Annls Endocr.*, 36 : 205-210.
21. THIBIER M., 1976. Les prostaglandines. Le cycle sexuel des mammifères domestiques. I. Description du cycle sexuel de la vache. *Econ. Méd. anim.*, 17 (3) : 116-134.
22. THIBIER M., HUMBLLOT P., 1981. L'utérus et le cycle sexuel (chap. II). In: Constantin A., Meissonnier E., eds, L'utérus de la vache. Maisons-Alfort, France, Soc. fr. Buiatrie, ENVA, p. 53-78.
23. TRAORE A., BAKO G., 1984. Etude du cycle sexuel chez les vaches et génisses N'Dama élevées au Centre de Recherches Zootechniques de Sotuba (Mali). I. Incidence de l'utilisation d'un taureau boute-en-train sur le taux de détection des chaleurs. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 34 (4) : 482-484.
24. VAISSAIRE J.P., 1977. Sexualité et reproduction des mammifères domestiques et de laboratoire. Paris, France, Maloine éd., 457 p.
25. WALTERS D.L., SCHALLENBERGER E., 1984. Pulsatile secretion of gonadotrophins, ovarian steroids and ovarian ocytocin during the periovulatory phase of the oestrous cycle in the cow. *J. Reprod. Fert.*, 71: 503-512.
26. WALTON J.S., VEENHUIZEN L.P., KING G.J., 1987. Relationships between time of day, estrous behaviour, and the preovulatory LH surge in Holstein after treatment with cloprostenol. *J. Dairy Sci.*, 70: 1652-1663.
27. WETTEMANN R.P., HAFS H.D., EDGERTON L.A., SWANSON L.V., 1972. Estradiol and progesterone in blood serum during the bovine estrous cycle. *J. Anim. Sci.*, 34 (6): 1020-1024.

MEYER (C.), YESSO (P.). Study of oestrus of N'Dama and Baoulé trypanotolerant cows in Côte d'Ivoire. II. Hormonal component (LH). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1): 95-99

The aims of this study were to evaluate the time elapsed between the injection of prostaglandin F2 α and the onset of oestrus (and the duration of oestrus) of cows from two *Bos taurus* (trypanotolerant) breeds: N'Dama and Baoulé (West African shorthorn) and to measure the plasma peripheral concentration of LH around oestrus. The study was performed in a humid tropical zone (Bouaké, Côte d'Ivoire) during the dry hot season from 7 N'Dama and 8 Baoulé cycling cows. The onset of oestrus of the cows was observed 59.9 \pm 9.2 hours (7 N'Dama) and 91.7 \pm 10.3 h (6 Baoulé) after injection with 15 mg of luprostiol (prostaglandin F2 α analog). The base level of LH was 1.5 \pm 0.5 ng/ml (N'Dama) and 1.8 \pm 0.7 ng/ml (Baoulé). The LH peak was typical in 4 N'Dama and 3 Baoulé cows and had the following parameters : beginning of the surge 5.3 h after onset of oestrus, duration 6-7 h, maximum level 60 ng/ml. The two main features of this study were therefore: the onset of oestrus began significantly earlier (30 h approximately) in N'Dama than in Baoulé cattle after injection of prostaglandin F2 α ; the peripheral LH concentrations from these two breeds appeared to have a similar evolution to that of European cattle in temperate climates.

Key words : Cow - Baoulé cattle - N'Dama cattle - West African shorthorn cattle - Reproduction - Oestrous cycle - Prostaglandin - Hormone - Côte d'Ivoire.

MEYER (C.), YESSO (P.). Estudio de los celos en las vacas tripanotolerantes N'Dama y Baulé en Côte d'Ivoire. II. Componente hormonal (LH). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 95-99

Los objetivos del presente estudio son, por un lado, la determinación del intervalo de retorno a estro y de la duración de éste en hembras adultas de dos razas bovinas (tripano-tolerantes) N'Dama y Baulé, post administración de prostaglandinas F2- α y por otro lado, la medida de las características periféricas concomitantes de la hormona LH. El estudio se llevó a cabo durante la estación seca y caliente en una zona tropical húmeda (Bouaké, Côte d'Ivoire), en 7 vacas N'Dama y 8 Baulé. La duración de los celos observados en las hembras fue de 59,9 \pm 9,2 horas (7 N'Dama) y de 91,7 \pm 10,3 h (6 Baulé), post inyección de 15 mg de luprostiol (análogo de prostaglandina F2- α). El nivel básico medio de la hormona LH, fuera de la descarga pre ovulatoria, fue igual a 1,5 \pm 0,5 ng/ml (N'Dama) y a 1,8 \pm 0,7 ng/ml (Baulé). El pico pre ovulatoria de LH fue típico en 4 vacas N'Dama y 3 vacas Baulé, presentando las siguientes características: inicio 5,3 horas post comienzo del celo, duración de 6-7 h, nivel máximo de 60 ng/ml. Estas observaciones sugieren un intervalo de retorno a celo significativamente precoz en las vacas N'Dama, de 30 horas post unyección de prostanglandinas F2- α . En estos dos animales, al menos en las hembras que ovulan, las concentraciones de LH circulantes siguieron una evolución similar a la de los bovinos europeos bajo clima templado.

Palabras clave : Vaca - Bovino Baulé - Bovina N'Dama - Bovino de cuernos cortos de Africa occidental - Reproducción - Ciclo estral - Prostaglandina - Hormona - Côte d'Ivoire.

Etude économique de la production laitière dans la zone périurbaine de Bamako au Mali*

S. Debrah¹, K. Sissoko², S.Soumaré³

DEBRAH (S.), SISSOKO (K.), SOUMARÉ (S.). Etude économique de la production laitière dans la zone périurbaine de Bamako au Mali. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 101-109

Le coût de production du lait frais dans trois systèmes de production laitière a été estimé à partir de données collectées sur 30 troupeaux aux alentours de Bamako au Mali, à des intervalles réguliers entre juillet 1989 et juin 1990. Dans le système de production intensive (concessions rurales), le coût de production du lait est estimé entre 110 et 195 F CFA/l alors que dans le système extensif villageois et les parcs communaux, il est estimé respectivement entre 15 et 76 F CFA/l et 62 et 408 F CFA/l. L'alimentation du bétail, le transport et les soins vétérinaires constituent les principaux éléments de dépenses. L'effectif optimal du troupeau, pour que les unités de production soient rentables, est de 8, 9 et 25 vaches respectivement pour les parcs communaux, le système villageois et les concessions rurales. Le lait est vendu 100 à 250 F CFA/l. Ainsi, avec ces niveaux de prix aux producteurs pratiqués avant la dévaluation du franc CFA, la production de lait est généralement rentable avec des bénéfices nets allant jusqu'à 106 F CFA/l. La récente dévaluation devrait encourager la production laitière locale afin de réduire le déséquilibre créé par la diminution des importations de produits laitiers.

Mots clés : Lait de vache - Production laitière - Système d'exploitation agricole - Coût de production - Economie de l'élevage - Commercialisation - Dévaluation - Enquête - Mali.

INTRODUCTION

L'ensemble des ressources animales des pays sahéliens était estimé à 19 milliards d'UBT** en 1987 (1), soit approximativement 1,2 UBT par personne. Cependant, le niveau de consommation des produits de l'élevage, particulièrement celui du lait, reste bas. En Afrique de l'Ouest, la consommation moyenne de lait était de 13,3 kg ELL (Equivalent Lait Liquide) par habitant et par an (1). Dans une étude récente sur la consommation des produits laitiers conduite à Bamako au Mali, la consommation moyenne de lait pour l'ensemble des différents groupes de revenus était estimée à 12 kg ELL/hab. dont 60 p. 100 étaient constitués de produits laitiers importés (2). Ce niveau de consommation est faible, aussi bien par rapport aux normes internationales que par rapport à l'objec-

tif du gouvernement malien d'atteindre 40 kg ELL/hab./an d'ici l'an 2000 (4, 5). Durant les 30 dernières années, la plupart des pays du Sahel ont compté sur les importations de produits laitiers pour satisfaire la demande croissante. Au Mali, ces importations ont augmenté de façon régulière à un taux annuel de 13,5 p. 100 entre 1961 et 1991, et leur valeur totale est passée de 436 000 dollars US en 1961 à 18,7 millions de dollars US en 1991 (3, 6).

Pour bien exploiter les ressources locales et réduire les importations de lait, il faut que la production soit rentable, ce qui motiverait les producteurs. Jusqu'ici, très peu d'études approfondies avaient été menées sur l'économie de la production du lait au Mali. L'objectif du présent travail est de corriger cette situation afin de permettre aux décideurs de prendre des mesures adéquates à partir d'informations fiables en matière de politique et de production des produits laitiers. Ceci favoriserait une augmentation de la production et de la consommation du lait et des produits laitiers au Mali. Cette étude constitue une partie d'une série d'études conjointes entreprises entre 1988 et 1991 par les chercheurs du CIPEA (Centre international pour l'Élevage en Afrique) et de l'IER (Institut d'Économie rurale) sur la production, la commercialisation et la consommation du lait et des produits laitiers au Mali. Bien qu'elle ait été réalisée avant la dévaluation du franc CFA survenue en janvier 1994, elle fournit des informations utiles qui pourraient conduire à la production efficiente de lait frais dans la zone périurbaine de Bamako afin de répondre aux demandes croissantes provenant de la production locale suite aux effets de la dévaluation.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

L'étude a été conduite sur 30 unités de production laitière choisies parmi trois systèmes différents dans la zone de Bamako. Les données ont été collectées au niveau de chaque unité de production à un rythme hebdomadaire durant huit semaines au cours de chacune des trois saisons. La collecte des données de la saison sèche froide a eu lieu en novembre et décembre 1989, suivie de celle des données de la saison sèche chaude en mars et avril 1990, et enfin celle des données de la saison des pluies en juin et juillet 1990. La sélection de l'échantillon d'unités de production a été faite suivant la procédure multi-

1. ICRISAT, West and Central Africa Regional Program, BP 320, Bamako, Mali.

2. Projet Production soudano-sahélienne, B.P 22, Niono, Mali.

3. Institut d'Économie rurale, B.P. 258, Bamako, Mali.

Reçu le 6.9.1994, accepté le 28.3.1995.

* Les recherches dans le cadre de cette étude ont été menées par le programme conjoint CIPEA/IER pendant que le premier auteur était employé au Centre international d'Élevage en Afrique (CIPEA), BP 60, Bamako.

** Unité Bétail Tropical : exemple de référence : bovin de 250 kg

étape. La première étape a consisté à choisir des zones à haut potentiel de production laitière, la deuxième à choisir les sites respectifs d'étude des trois systèmes de production. La dernière étape a consisté à sélectionner des unités laitières à partir des sites choisis.

Description de la zone d'étude et des systèmes de production laitière

La zone d'étude s'étend sur un rayon de 100 km autour de Bamako. Elle englobe le district de Bamako, une partie des cercles de Kati et de Koulikoro. Elle inclut donc la ceinture de pâturages identifiée comme zone recelant des potentialités pour la production du lait. Le climat est de type soudanien caractérisé par une saison pluvieuse de juin à octobre, une saison froide de décembre à février et une saison chaude de mars à mai. La zone est comprise entre les isohyètes 800 et 1 100 mm, avec une moyenne pluviométrique annuelle de 900 mm, d'où l'appellation de "zone subhumide". Les principales caractéristiques des trois systèmes de production laitière décrits par Debrah *et al.* (2) sont résumées au tableau I.

Les unités de production villageoises sont localisées sur les terroirs agropastoraux des villages (à 25 km et plus de Bamako). Elles sont caractérisées par le système d'élevage extensif traditionnel basé essentiellement sur l'exploitation des races locales (la N'Dama et son produit de croisement avec le zébu Peul, la Méré) sur des pâturages naturels. Elles se caractérisent aussi par un très faible niveau de prélèvement laitier, de vente et de complémentation alimentaire qui n'existe d'ailleurs que chez quelques rares producteurs.

Les concessions rurales sont localisées aux abords immédiats de la ville de Bamako, dans un rayon dénommé "zone centrale" (allant jusqu'à 25 km en moyenne autour de Bamako). Ce sont des unités de production agropastorales appartenant surtout à des fonctionnaires-commerçants résidant principalement dans le district de Bamako. La taille de ces exploitations est en général de 2 à 10 ha. Dans certaines concessions rurales, l'élevage coexiste avec d'autres spéculations telles que les cultures vivrières et les plantations d'arbres fruitiers. Dans d'autres, le système d'élevage est soit extensif traditionnel (identique à celui des unités de production villageoises), soit semi-intensif ou intensif (pratique de la complémentation). On note, dans la plupart des concessions rurales (environ 90 p. 100), une moyenne de 5 vaches de race exotique (principalement la Montbéliarde, la Rouge des steppes et la Méré exotique), avec un niveau relativement élevé de production et de vente de lait. Les producteurs des concessions rurales, du fait de leur situation socio-économique et de la proximité de la ville de Bamako, ont une plus grande facilité d'accès aux intrants et pour l'écoulement de leur production de lait.

Les parcs communaux se trouvent dans le district de Bamako (la ville est divisée en 6 communes). Pour

chaque commune, il existe un ou plusieurs parcs dénommés parcs "communaux" qui sont, soit individuels, soit communs à plusieurs propriétaires. Les propriétaires de ces parcs, à la différence de ceux des concessions rurales, ne disposent pas d'espace à droit d'usage individuel et le nombre d'animaux est beaucoup plus faible. Le système d'élevage de type semi-intensif est basé sur l'exploitation des pâturages naturels et des races locales, avec un niveau et une qualité de complémentation plus faibles que ceux des concessions rurales.

Choix des sites d'enquête et des unités laitières-échantillons

Les villages situés sur les axes retenus ont fait l'objet d'une description socio-économique. Sur cette base, et en fonction de la distance qui sépare les villages des axes principaux, 9 villages (Sanankoroba, Dialakoroba, Falan, Falanikoungo, Kandian, Ouéléssébougou, Tinguélé, Siby et Bancoumana) ont été présélectionnés. D'autres critères de choix ont été ensuite utilisés pour la sélection finale : accessibilité, facilité de communications avec Bamako, existence ou proximité de poste vétérinaire et de marchés, existence de sources d'abreuvement, accessibilité aux pâturages, proximité des parcs du village, possibilité de logement pour l'enquêteur, existence de projets ou autres services dans la zone. Sur la base de ces critères, 3 villages sur les 9 ont été retenus.

Le choix des parcs communaux dans le district de Bamako a été précédé d'une visite à la direction du District vétérinaire et dans huit parcs situés respectivement à N'Tomikorobougou, Lafiabougou, Sébénikoro, Missabougou, Boulkassoumbougou, Faladié, N'Komi et Bako-Djikoroni. Le but de ces visites était d'obtenir des informations sur ces parcs, aussi bien sur le plan de la gestion que sur celui des problèmes zootechniques majeurs. Sur cette base, deux localités (Missabougou et Sébénikoro) ont été retenues. Les critères du choix étaient les types de parcs (commun ou individuel), l'importance du cheptel bovin, l'accessibilité et la situation géographique du parc.

L'étude de diagnostic sur les concessions rurales (2) a servi de base pour le choix des sites à étudier. Ainsi, trois localités (Tienfala, Missabougou et Sanankoroba) sur les 15 sites identifiés ont été retenues. Les principaux critères étaient : la situation, la répartition géographique et l'importance du nombre de concessions rurales regroupées par localité. Le choix de Tienfala a été motivé par l'importance de ce regroupement dans cette localité située sur l'axe Bamako/Koulikoro. Quant aux localités de Sanankoroba et de Missabougou, leur choix a été dicté respectivement par la présence de concessions rurales à proximité du système villageois et des parcs communaux. Cela permet d'avoir des éléments de comparaison entre différents systèmes d'élevage se côtoyant sur le même terroir agropastoral.

PRODUCTIONS et INDUSTRIES ANIMALES

TABLEAU I
Caractéristiques des principaux systèmes de production laitière en zone périurbaine de Bamako

Caractéristiques	Système de production		
	Unités villageoises	Parcs communaux	Concessions rurales
Composition des troupeaux par sexe (p. 100)			
Femelles	16	70	67
Mâles castrés	11	0	10
Mâles entiers	24	30	23
Composition des troupeaux par race (p. 100)			
Zébus Peul	16	19	23
Zébus Maure	0	0	37
Zébus Aazaouak	0	0	2
Zébus exotiques	0	0	2
Méré exotiques	0	0	7
N'Dama	30	28	6
Méré	54	43	23
Production et gestion du lait			
Reproductrice dans le troupeau (p. 100)	30	24	43
Reproductrices traites (p. 100)	60	71	60
Prélèvement/vache traite/jour (litre)	0,52	0,80	1,87
Lait frais autoconsommé (p. 100)	65	60	17
Lait frais vendu (p. 100)	31	36	82
Lait frais utilisés autrement (p. 100)	4	4	1
UP vendus (p. 100)	29	50	70
Prix moyen du lait/litre (F CFA/litre)	129	250	238
Lieu principal de vente	Village	Parcs	ULB*
Vendeurs utilisant le lieu principal (p. 100)	77	80	50
Contraintes majeures	Alimentation Abreuvement (en saison sèche)	Alimentation	Coût de production élevé

Source : Debrah, Sissoko, Soumaré, Traoré, Diagnostic de la production laitière aux environs de Bamako. 1989.

En ce qui concerne le choix des unités laitières-échantillons, il s'agissait de choisir certaines unités de production parmi les unités villageoises, parcs communaux et concessions rurales localisés au niveau des sites d'enquêtes retenus. Le principe appliqué a été la participation à l'enquête sur la base du volontariat. Les objectifs de l'étude et la méthodologie de travail de l'équipe (manipulations des animaux telles que le marquage, la pesée, le contrôle laitier, l'exploration rectale, la prise de sang, etc.) ont été expliqués aux éleveurs des différents sites d'enquête. Après une telle sensibilisation, des listes de volontaires ont été dressées et trois principaux critères ont été utilisés pour le choix de l'échantillon des unités de production laitière : le nombre de génotypes (races) représentés dans le troupeau (la préférence a été donnée aux troupeaux contenant plus d'un génotype) ; le nombre de reproductrices dans le troupeau qui doit être supérieur ou égal à 3 ; la taille du troupeau en relation avec les effectifs de bovins dans la localité (grand, moyen ou petit troupeau). Au total, 13 unités de production villageoises, 6 parcs communaux (comprenant 5

troupeaux individuels et un troupeau commun appartenant à 10 personnes) et 11 concessions rurales ont été retenus.

Collecte des données et méthodologie d'analyse

Les 30 unités laitières-échantillons (avec un total de 2 000 bovins environ) réparties dans les trois systèmes de production ont été suivies à un rythme hebdomadaire durant la période de juillet 1989 à juin 1990 par six observateurs. Ces derniers résidaient chacun au niveau d'un site de la zone d'étude et étaient sous la supervision d'une équipe pluridisciplinaire. Les questionnaires ont été intégrés de manière que les observateurs puissent se charger de la collecte de l'ensemble des informations sectorielles (socio-économie, zootechnie, reproduction, écologie).

Dans l'analyse, le bénéfice net a été calculé en déduisant le total des coûts variables de production du revenu total

obtenu pour chaque unité de production. L'estimation du revenu global d'activité de l'élevage bovin est basée essentiellement sur la valeur du lait, les éléments de la dynamique des troupeaux, la traction et la production de fumier. Pour l'estimation des coûts variables de production, les éléments suivants ont été considérés : frais vétérinaires, achat d'aliments, coûts de la main-d'oeuvre, frais de transport des intrants et du lait, frais d'entretien et de réparation des équipements et des diverses installations. Dans cette estimation, la valeur de l'amortissement de l'ensemble des investissements, tels que bâtiments et équipements réalisés dans le cadre général de l'élevage, n'a pas été considérée à cause des difficultés d'évaluation dues au manque de fiabilité des données collectées.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Production et gestion du lait

Au niveau des concessions rurales, la traite des laitières se fait deux fois par jour, contre une fois par jour dans les villages comme dans les parcs communaux. Une partie de la production totale est cédée au berger comme paiement en nature, une autre partie est consommée au niveau de la ferme et le reste du lait est destiné à la vente. Les quantités vendues varient en fonction du système de production, mais les plus grandes quantités sont enregistrées au niveau des concessions rurales.

Le lait est vendu soit à Bamako, soit sur le lieu de production (village ou ferme), soit dans les deux lieux. Les producteurs des concessions rurales vendent 90 p. 100 de leur production totale à Bamako. Ceux des parcs communaux vendent 57 p. 100 de leur production totale à Bamako et 38 p. 100 sur le lieu de production, tandis que ceux du système villageois vendent 80 p. 100 de leur production dans le village. Les principales catégories d'acheteurs sont les consommateurs directs, les intermédiaires et une usine de traitement de lait paraétatique, l'Union laitière de Bamako (ULB). Les producteurs des concessions rurales vendent 90 p. 100 de leur production à l'ULB, tandis que les parcs communaux vendent 76 p. 100 de leur production aux intermédiaires et que 96 p. 100 de la production des villages sont vendus directement aux consommateurs.

Estimation du revenu global par système de production

La figure 1 montre, par système de production, les éléments qui composent les bénéfices bruts, c'est-à-dire la valeur du lait, celle de l'exploitation du troupeau, et celle du fumier et de la traction. La valeur du lait a été estimée en multipliant le prix moyen pratiqué par la quantité totale de lait produit (y compris la part consommée par les veaux). La valeur moyenne pour les trois systèmes confondus se situe à 10 771 F CFA/unité de production par jour. Les valeurs moyennes respectives réalisées par

les concessions rurales, les parcs communaux et les unités villageoises sont de 23 276, 5 314 et 2 708 F CFA/unité laitière/j. Au niveau des concessions rurales et des parcs communaux, la valeur du lait représente 58 p. 100 du revenu brut total et seulement 20 p. 100 dans le système villageois. Dans celui-ci, la traction et le fumier étaient les éléments les plus importants, représentant 50 p. 100 du revenu brut total.

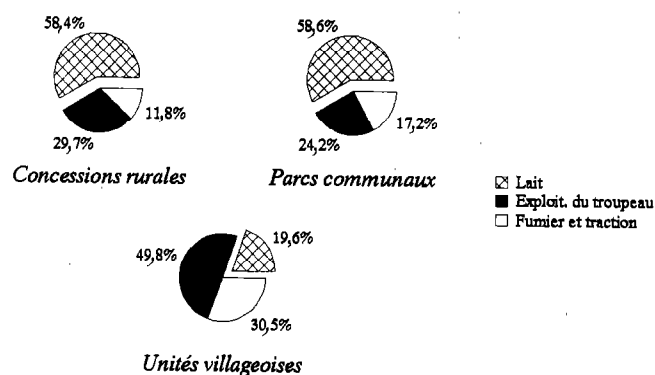


Figure 1 : Importance des composantes du bénéfice brut des exploitations laitières par système de production.

Revenu net à partir de la dynamique du troupeau

Deux sources de revenus ont été estimées à partir de la dynamique du troupeau : la variation de la valeur du troupeau au cours de l'année du suivi et la valeur nette de l'exploitation du troupeau. La valeur de variation est la différence entre la valeur initiale du troupeau (début du suivi) et sa valeur finale (fin du suivi). Il y a eu un accroissement net de l'effectif du troupeau de 46, 7 et 28 animaux respectivement au niveau des concessions rurales, des parcs communaux et des unités villageoises au cours de l'année. Les valeurs de cet accroissement de l'effectif sont estimées à 8 319, 1 414 et 5 042 F CFA respectivement pour les concessions rurales, les parcs communaux et le système villageois.

La valeur nette de l'exploitation du troupeau a été estimée en prenant en compte les ventes des animaux sur pied et les abattages moins la valeur des animaux volés ou égarés. Cela représente une valeur nette de 11 854 F CFA au niveau des concessions rurales représentant 29,7 p. 100 du bénéfice brut. Pour les parcs communaux et le système villageois, la valeur nette se situe respectivement à 2 198 F CFA et 6 872 F CFA (49,8 p. 100) du bénéfice brut des exploitations laitières.

Valeur du fumier et de la traction animale

Pour estimer la valeur du fumier déposé pendant la durée du suivi, une version de la formule proposée par l'Institut sénégalais de Recherche agricole (ISRA) a été utilisée. La quantité de fumier déposée est calculée à partir de la

PRODUCTIONS et INDUSTRIES ANIMALES

taille du troupeau exprimée en UBT (Unité Bétail Tropical). En supposant que 50 p. 100 de la quantité du fumier déposé sont utilisés comme engrais, à raison de 10 000 F CFA la tonne, la valeur du fumier a été estimée respectivement à 469, 1 545 et 3 435 F CFA par jour et par unité de production dans les concessions rurales, les parcs communaux et le système villageois pendant l'année de suivi.

La valeur de la traction a été estimée en multipliant le nombre de jours de travail des boeufs de labour par un prix unitaire de 2 500 F CFA par jour qui représente le coût moyen de la location d'une unité de traction. Ainsi, les valeurs du travail sont estimées à 26, 10 et 779 F CFA/j et par unité de production respectivement dans le système villageois, les concessions rurales et les parcs communaux. Au niveau des concessions rurales, le fumier et la traction contribuent pour 11,8 p. 100 dans le revenu brut tandis que leur contribution est de 17,2 et 30,5 p. 100 respectivement au niveau des parcs communaux et des unités de production villageoises.

Estimation du coût de fonctionnement par système

La figure 2 résume l'importance des différents postes de dépenses (aliments, transports, main-d'oeuvre, médicaments et coûts divers) dans les coûts de fonctionnement par système de production. La rubrique coûts divers concerne les frais de réparation, de réfection et d'entretien des bâtiments et équipements ainsi que l'achat de petits matériels tels que les abreuvoirs, les mangeoires, les cordes et les bidons. Au niveau des concessions rurales et des parcs communaux, ce sont les coûts d'alimentation qui représentent la plus grande part du budget de fonctionnement, estimés à 50,7 p. 100. Les dépenses d'alimentation au niveau des concessions rurales concernent l'achat d'aliment du bétail (tourteaux de coton et d'arachide) auprès d'unités agro-industrielles locales (HUICOMA et Grands Moulins du Mali). Les propriétaires de concessions rurales achètent aussi d'autres aliments comme la farine basse de riz et de blé. Les parcs communaux et les unités villageoises dépendent, en majeure partie, des résidus de récolte et de fourrages (fanés de niébé et d'arachide), de la paille de brousse et, occasionnellement, le sel et la mélasse sont utilisés comme suppléments alimentaires. Les coûts de transport constituent l'élément le plus élevé, après l'alimentation, pour les concessions rurales (28,7 p. 100). Ils comprennent le coût de transport de l'aliment et d'autres intrants aussi bien que le coût de transport du lait pour la vente à Bamako. Les parcs communaux et les unités villageoises dépensent moins en frais de transport mais beaucoup en main-d'oeuvre, laquelle est du reste essentiellement constituée par le clan familial.

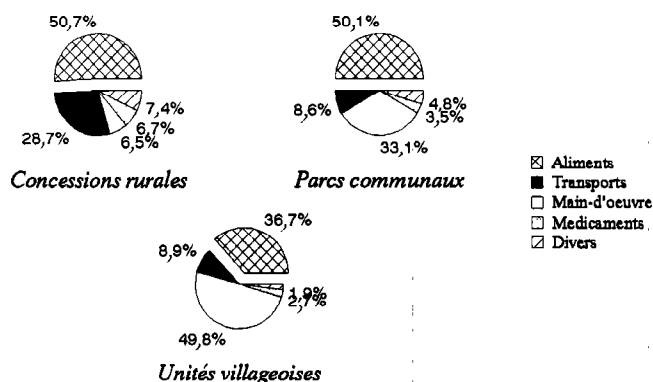


Figure 2 : Importance des postes de dépenses dans le coût de fonctionnement total par système de production.

Rentabilité économique de la production laitière par système

Estimation du coût unitaire de la production laitière

Dans une unité d'élevage, les coûts de production du lait font partie intégrante du coût de fonctionnement global de toutes les spéculations entreprises par l'éleveur. Ainsi, la part des coûts de production du lait dans le coût total de fonctionnement a été estimée sur la base de la valeur de la production du lait dans le produit brut de l'élevage. Le coût unitaire de production laitière (F CFA/litre) correspond donc au rapport du coût associé directement à la production du lait sur la quantité totale de lait produit. La performance économique d'une unité de production est le reflet de la qualité de sa gestion. Elle est jugée à travers trois paramètres : la marge bénéficiaire, le coût unitaire de production et la productivité. Une exploitation laitière bien gérée doit produire du lait à moindre coût avec un niveau de production laitière et une marge bénéficiaire satisfaisants. Ainsi, pour chacun des trois systèmes de production laitière, ces paramètres ont été analysés et comparés (tabl. II). Si le lait est vendu entre 100 et 250 F CFA/l, et le coût de production estimé à un montant entre 44 et 153 F CFA/l, la marge nette varie d'une perte de 3 F CFA/l pour les concessions rurales à un profit de 106 F CFA/l dans les unités villageoises. Pour un prix de vente du lait compris entre 150 et 250 F CFA/l, 45 p. 100 des unités de production (5 unités de production sur 11) au niveau des concessions rurales et 16 p. 100 (1 producteur sur 6) au niveau des parcs communaux produisent le lait à perte. Aucun producteur d'unités villageoises ne produit le lait à perte.

Bien que dans l'ensemble la production de lait semble rentable au niveau de tous les systèmes, il y a une grande disparité entre les unités de production prises de façon individuelle. Dans le tableau III, l'unité laitière la mieux gérée est comparée à la moins bien gérée dans chacun des systèmes, en vue de montrer l'impact de la gestion sur la productivité, la production, le coût et le profit par litre. Le niveau de production de lait dans la

TABEAU II
Rentabilité économique de la production laitière dans trois systèmes de production laitiers autour de Bamako

	Système de production		
	Concessions rurales	Parcs communaux	Unités villageoises
Nombre de laitières/Unité de production	11	6	13
Coût variable/laitière/jour (F CFA)	412	235	44
— Alimentation (p. 100)	51	50	37
— Transport (p. 100)	29	9	9
— Main-d'œuvre (p. 100)	6	33	50
— Soins vétérinaires (p. 100)	7	3	2
— Divers (p. 100)	7	5	2
Production de lait (litre/laitière/jour)	2,7	1,6	1,0
Coût unitaire de production (F CFA/litre)	153 (110-195)	147 (62-408)	44 (15-76)
Prix du lait (F CFA/litre)	150 à 250	150 à 250	100 à 150
Bénéfice net (F CFA/litre)	- 3 à 97	3 à 103	56 à 106

N.B. Les chiffres entre parenthèses représentent les limites de la variation du coût unitaire de production.
 Source : Données des enquêtes sur 30 troupeaux autour de Bamako de juillet 1989 à juin 1990.

TABEAU III
Profil selon la qualité de la gestion dans les trois systèmes laitiers autour du Bamako

	Concessions rurales		Parcs communaux		Unités villageoises	
	Exploitation la plus performante n° 53	Exploitation la moins performante n° 34	Exploitation la plus performante n° 43	Exploitation la moins performante n° 51	Exploitation la plus performante n° 11	Exploitation la moins performante n° 26
Taille de troupeau	20	4	4	2	22	1
Prélèvement de lait (litre/vache/jour)*	5,32	1,82	4,67	2,1	1,26	1,0
Dépenses (F CFA/vache/jour)	586	356	290	863	19	76
- Achat d'aliments	349	110	140	468	0	0
- Coût main-d'œuvre	49	42	99	45	1	10
- Frais transport	63	160	40	200	11	63
- Achat de médicaments	77	16	3	76	0	0
- Frais réparation, entretien, etc.	46	28	8	43	6	0
Coût de production (F CFA/litre)	110	192	62	408	15	76
Prix de vente du lait (F CFA/litre)	208	200	203	210	135	120
Marge nette (F CFA/litre)	98	8	141	- 198	120	44

* Source : Données d'enquête sur 30 troupeaux laitiers autour de Bamako de juillet 1989 à juin 1990.

meilleure unité laitière parmi les concessions rurales (troupeau n°53) se situe à 5,33 l/vache/j. Cette unité se caractérise aussi par le coût unitaire de production le plus bas (110 F CFA/l) comparativement à la moins performante (troupeau n°34) où le prélèvement de lait se situe à 1,82 l/vache/j avec un coût unitaire de 195 F CFA/l. Au niveau des parcs communaux, l'unité la plus performante (troupeau n°43) a produit en moyenne 4,67 l/vache/j à un coût moyen de 62 F CFA/l, comparativement au parc communal le moins performant (troupeau n°51) où le prélèvement est de 2,1 l/vache/j avec un coût unitaire de 408 F CFA/l. Pour les unités laitières villageoises, la même tendance a été aussi constatée en matière de productivité et de coût de production entre l'unité villageoise la plus performante (troupeau n°11) et l'unité la moins performante (troupeau n°26).

Perspectives d'amélioration de l'efficacité dans la production

L'alimentation, la main-d'œuvre, le transport et les soins vétérinaires sont les éléments les plus importants des coûts de production indiqués dans la figure 2. Afin d'obtenir une production plus efficace de lait, ces facteurs doivent être utilisés de manière qu'il en résulte une production optimale par vache. Dans la meilleure unité de production des concessions rurales, les dépenses complémentaires sur l'alimentation représentent 60 p. 100 du total des coûts, la main-d'œuvre 8 p. 100, les transports 11 p. 100 et les soins vétérinaires 13 p. 100. Cette exploitation obtient une production journalière de 5,32 l de lait par vache.

En revanche, l'unité de production la moins performante a dépensé seulement 4 p. 100 pour les soins vétérinaires, 12 p. 100 pour la main-d'œuvre, 30 p. 100 pour l'alimentation, mais 45 p. 100 pour le transport, et a obtenu une production journalière de 1,82 l par vache. Ainsi, on n'insistera jamais assez sur l'importance de l'alimentation et de la bonne santé pour le maintien de la productivité. Les autres coûts liés à la production du lait, tels que la main-d'œuvre, le transport et les opérations diverses dépendent de la taille du troupeau.

Certaines exploitations élèvent de nombreux animaux rendant ainsi les opérations de production et la gestion inefficaces, pendant que d'autres possèdent de si petites tailles de troupeaux que les frais d'exploitation par tête sont élevés. Le tableau IV récapitule l'information sur la relation entre la taille du troupeau et le coût unitaire de production pour les 30 unités de production de l'échantillon. Dans les concessions rurales, les exploitations ayant entre 3 et 14 vaches laitières produisent environ 344 à 611 l/mois et atteignent des coûts de production de 175 à 195 F CFA/l. Celles ayant entre 11 et 35 vaches laitières produisent à moins de 152 F CFA/l.

Les figures 3, 4 et 5 montrent les coûts moyens de production de lait par vache selon la taille du troupeau respectivement dans les concessions rurales, les parcs communaux et le système villageois de production. Au niveau des concessions rurales, le coût minimal de production est de

110 F CFA/l fourni par le troupeau n°53. Il correspond à une production de 1 740 l/mois pour un effectif de 25 vaches. Soixante-quatre pour cent des producteurs de concessions rurales maintiennent actuellement un troupeau de petite taille pour avoir l'économie d'échelle. Au contraire, 27 p. 100 maintiennent de trop grandes tailles pour produire de façon efficace. Au niveau des parcs communaux et des systèmes villageois, la plupart des producteurs se situent dans la zone de la courbe où le coût de production est élevé à cause de la trop grande taille de troupeaux. En se basant sur l'échantillon, la taille idéale de troupeau dans les concessions rurales se situe entre 21 et 29 vaches, ce qui donne un coût unitaire de production entre 110 et 130 F CFA/l. De la même manière, le nombre idéal de vaches laitières dans les parcs communaux se situe entre 6 et 10 vaches tandis qu'au niveau du système de production villageois, il se situe entre 6 et 12.

Dévaluation du franc CFA et perspectives de production du lait

Le franc CFA a été dévalué à 50 p. 100 de sa valeur initiale dans les pays francophones le 12 janvier 1994. Les effets d'une telle dévaluation découragent du point de vue théorique les importations tandis que la production interne, de même que les exportations, sont favorisées. Dans le secteur du lait, le recours aux produits laitiers importés pour faire face à la demande ne sera plus réalisable, ce qui fait qu'il devient impérieux d'accroître la production interne. Au cours de la période précédant la dévaluation, les frais de l'aliment du bétail, du transport et des soins vétérinaires constituaient les principaux éléments du coût de production. On s'attend à ce que le prix de l'aliment du bétail, qui dépend en grande partie de la disponibilité en sous-produits du coton et de l'arachide, baisse par suite de l'augmentation de l'offre. Les frais de transport et de soins vétérinaires, tributaires en grande partie des importations, devraient augmenter. Cependant, la demande de lait et de produits laitiers locaux doit s'intensifier par suite de l'augmentation du prix des produits laitiers importés et de la baisse des importations. Cela se traduira par des prix aux producteurs plus élevés qu'avant la dévaluation, créant ainsi plus d'incitation pour ces derniers.

CONCLUSION

Les résultats de l'étude montrent que la production de lait est rentable pour l'ensemble des trois systèmes de production étudiés. Cependant, le niveau de production de lait, le coût de production et le profit par litre de lait varient de façon substantielle en fonction du système étudié. Les résultats obtenus font aussi ressortir des différences dans la performance économique des systèmes de production de l'échantillon étudié. Ceci dépend principalement de l'efficacité des producteurs dans la gestion des activités au niveau de leur unité respective. Ainsi, il existe une taille idéale de troupeau pour chaque système qui est de 21 à 29 vaches dans les concessions rurales, 6 à 10 dans les parcs communaux et 6 à 12 en système villageois.

TABLEAU IV
Relation entre la taille du troupeau laitier, la production du lait et le coût unitaire de production

Système de production											
Concessions rurales				Parcs communaux				Unités villageoises			
N° du troupeau	Taille du troupeau	Production de lait (l/mois)	Coût unit. (F CFA/l)	N° du troupeau	Taille du troupeau	Production de lait (l/mois)	Coût unit. (F CFA/l)	N° du troupeau	Taille du troupeau	Production de lait (l/mois)	Coût unit. (F CFA/l)
34	4	344,5	195	41	3	70	136	26	2	30,4	76
35	7	350,8	190	44	6	210	114	27	3	40,2	66
65	10	450,6	187	43	8	500	62	25	5	59,2	62
62	12	610,8	175	42	9	762	73	24	6	62,8	58
36	14	740,2	152	45	10	1 081	90	32	7	134,4	51
52	19	971,2	145	51	16	1 200	408	11	8	150,3	15
60	22	980,3	128					23	9	160,5	21
53	25	1 740	110					13	10	344,6	23
37	28	1 800	130					22	11	428,5	30
64	31	3 000	135					15	12	476	39
63	34	3 300	140					14	13	520	46
								17	14	721	47
								33	15	851	47
Moyenne		1 299	153,3			637	147			306	44

Source : Données d'enquêtes sur 30 troupeaux laitiers autour de Bamako, de juillet 1989 à juin 1990.

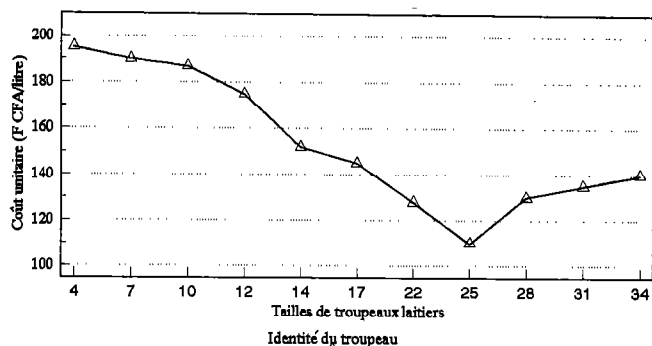


Figure 3 : Relation entre la taille du troupeau laitier et le coût unitaire de production de lait dans les concessions rurales. (Source : Données d'enquête sur 11 troupeaux laitiers de juillet 1989 à juin 1990).

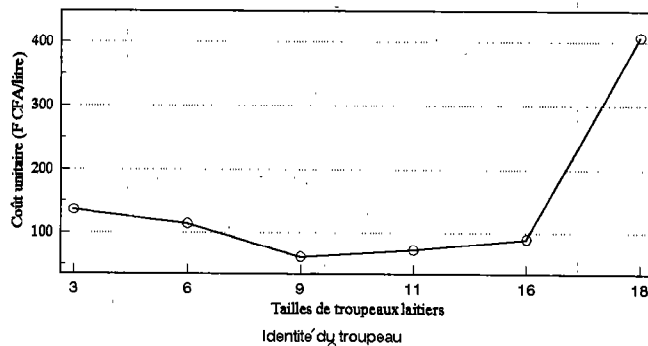


Figure 4 : Relation entre la taille du troupeau laitier et le coût unitaire de production de lait dans les parcs communaux. (Source : Données d'enquête sur 6 troupeaux laitiers de juillet 1989 à juin 1990).

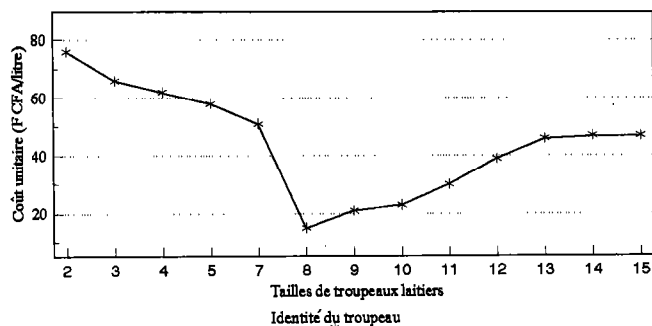


Figure 5 : Relation entre la taille du troupeau laitier et le coût unitaire de production de lait dans les unités villageoises. (Source : Données d'enquête sur 13 troupeaux laitiers de juillet 1989 à juin 1990).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient M. D. Sanogo pour sa collaboration lors de la révision du document et tous ceux qui, dans l'anonymat, ont contribué à la publication de cet article.

BIBLIOGRAPHIE

1. CIPEA (Centre International pour l'élevage en Afrique), 1994. Recueil statistique sur la production animale en Afrique. Addis Abeba, Ethiopie, CIPEA, 63 p.
2. DEBRAH S., SISSOKO K., SOUMARÉ S., TRAORÉ M., 1989. Diagnostic de la production laitière aux environs de Bamako. In: Session 1989 de la commission technique de l'IER, Bamako, Mali, 18 p.

PRODUCTIONS et INDUSTRIES ANIMALES

3. FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations), 1994. Agrostat-PC Database, Agrostat PC, 1993, Rome, Italy, FAO.

4. MEE (Ministère de l'Environnement et de l'Élevage), 1989. Commercialisation-distribution des produits laitiers et financement des actions. In : Séminaire sur la filière lait au Mali, 13 au 16 juin 1989, Bamako, Mali, 21 p.

DEBRAH (S.), SISSOKO (K.), SOUMARE (S.). Economic study of dairy production in the area around Bamako (Mali). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, **48** (1): 101-109

The cost of fresh milk production in three different dairy production systems was estimated from data collected from 30 herds in the Bamako area (Mali) at regular intervals between July 1989 and June 1990. In the intensive dairy production system ("concessions rurales") milk production is estimated to cost between 110 and 195 F CFA/l while in the extensive village system ("système villageois") and the "parcs communaux", the cost of production is estimated respectively between 15 and 76 F CFA/l and 62 and 408 F CFA/l. Feeding, transportation and veterinary care constituted the major cost components. The optimum dairy herd sizes at which milk production is profitable are estimated at 8, 9 and 25 respectively in the communal herds, the extensive village system and the intensive, peri-urban systems. At the producer price levels of between 100 and 250 F CFA before the devaluation of the CFA franc, milk production was generally considered a profitable enterprise with net profit of up to 106 F CFA/l possible. It is considered that the recent devaluation of the CFA franc will encourage domestic dairy production to respond to the additional demand created by reduced dairy imports.

Key words: Cow milk - Milk production - Farming systems - Production cost - Livestock economics - Marketing - Devaluation - Survey - Mali.

5. MRNE (Ministère chargé des Ressources naturelles et de l'Élevage), 1985. Politique Laitière. Bamako, Mali, MRNE.

6. VON MASSOW V.H., 1986. Importation de produits laitiers et politique d'importation au Mali. Effets sur le secteur laitier dans la région de Bamako. Addis Abeba, Ethiopie, CIPEA, 77 p. (Document de travail LPU n°8)

DEBRAH (S.), SISSOKO (K.), SOUMARE (S.). Estudio económico de la producción de leche en la zona peri-urbana de Bamako en Mali. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, **48** (1): 101-109

El costo de la producción de leche fresca en tres sistemas de producción lechera fue estimado a partir de datos recolectados en 30 hatos alrededor de Bamako en Mali, en intervalos regulares entre julio 1989 y junio 1990. En el sistema de producción intensiva de leche (concesiones rurales), el costo de producción es estimado entre 110 y 195 F CFA por litro, siendo que en el sistema extensiva aldeano y en los grupos comunales, este es estimado respectivamente entre 15 y 76 F CFA por litro y entre 62 y 408 F CFA por litro. La alimentación del ganado, el transporte y los servicios veterinarios constituyen los principales elementos de los gastos. El efectivo óptimo del hato para que las unidades de producción lechera sean rentables es de 8, 9 y 25 vacas respectivamente para los grupos comunales, el sistema aldeano y las concesiones rurales. La leche es vendida 100 a 250 F CFA por litro. De esta forma, con estos niveles de precios practicados por los productores antes de la devaluación del F CFA, la producción de leche es generalmente rentable con beneficios netos que alcanzan 106 F CFA por litro. La reciente devaluación debería fomentar la producción lechera local con el fin de satisfacer el desequilibrio creado por la reducción de las importaciones de productos lácteos.

Palabras clave : Leche de vaca - Producción lechera - Sistema de explotación - Costo de producción - Economía de la cría - Mercadeo - Devaluación - Encuesta - Mali.

Communication

Modifications entraînées par le fanage et évolution au cours de la conservation de la qualité du foin de *Brachiaria decumbens* et de *Digitaria swazilandensis* en Guyane française*

M. Béreau¹A. Xandé²B. Gaucher^{1**}

BÉREAU (M.), XANDÉ (A.), GAUCHER (B.). Modifications entraînées par le fanage et évolution au cours de la conservation de la qualité du foin de *Brachiaria decumbens* et de *Digitaria swazilandensis* en Guyane française. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1) : 111-114

La fenaison a été choisie par les éleveurs comme technique de conservation et de report saisonnier du fourrage en Guyane française. Les conditions climatiques et la disponibilité de cette biomasse durant la petite et la grande saisons des pluies (respectivement novembre-décembre et avril-juin) rendent cette technique utilisable pendant des périodes limitées, mais réparties sur l'année de façon bimodale. Cependant, l'optimisation de l'utilisation de ce foin nécessite qu'il soit de bonne valeur alimentaire. L'étude réalisée précise l'incidence des facteurs liés à la plante (âge et nature de fourrage) sur la qualité du foin obtenu. L'effet de la durée de conservation sur la valeur alimentaire finale du produit est aussi examinée. Le foin de *Digitaria swazilandensis* récolté à 30 jours d'âge est de meilleure valeur nutritive que celui de *Brachiaria decumbens* récolté au même âge. Dans les conditions d'étude, l'évolution de la valeur nutritive est sensible à partir du 5^e mois de conservation avec notamment une diminution significative de la digestibilité *in vitro* et de la teneur en matières azotées totales. Les auteurs concluent à la possibilité pratique de réaliser du foin de *Digitaria swazilandensis* de valeur alimentaire correcte, lorsqu'il est récolté à 4 semaines après avoir reçu une fertilisation azotée de 80 unités en début de repousse.

Mots clés : Foin - *Brachiaria decumbens* - *Digitaria swazilandensis* - Stockage - Valeur nutritive - Biomasse - Climat - Guyane française.

Introduction

La disponibilité en espèces fourragères cultivées et les particularités climatiques de la Guyane font que la fenaison a été choisie comme technique de conservation pour pallier l'irrégularité de la production fourragère annuelle (2, 3). Les premières analyses qualitatives d'échantillons de foin prélevés lors d'enquêtes sur le terrain (2) ont mis en évidence que des teneurs en matière sèche suffisantes (89 p. 100 en moyenne), mais des valeurs nutritives faibles (3,7 p. 100 de matières azotées totales (MAT)), correspondent à une exploitation des prairies à un âge des repousses supérieur à 90 jours.

1. INRA, BP 709, 97387 Kourou Cedex, Guyane, France.

2. INRA-URZ, BP 515, 97165 Pointe-à-Pitre Cedex, Guadeloupe, France.

* avec la collaboration technique de A. Patient et G. Saminadin.

** Adresse actuelle : La Cordonnière, 41600 Yvoy-le-Marron, France.

Reçu le 2.2.1993, accepté le 22.3.1995.

L'utilisation de foin tout au long de l'année (saison sèche et saison des pluies) implique une bonne maîtrise de la conservation, compte tenu des périodes limitées de possibilité de fanage (3). Elle nécessite de bien connaître l'évolution de sa valeur qualitative. Or, en milieu tropical, il existe peu de références dans ce domaine (5) car pour caractériser le foin réalisé en zone tropicale, et bien qu'il soit rarement utilisé sans complémentation, seules les performances zootechniques sont prises en considération (9).

Afin de permettre une plus grande intégration de cette spéculation dans les systèmes fourragers guyanais et d'en optimiser l'utilisation (11), il apparaît indispensable de mieux cerner les conditions de réalisation du foin dans une ferme expérimentale. L'objet de ce travail est d'étudier les variations de la composition chimique et de la valeur alimentaire au cours de la conservation, en fonction de l'espèce, de la fertilisation, du stade d'exploitation et des conditions de récolte.

Matériel et Méthodes

Les foins ont été préparés à partir des deux espèces fourragères, *Brachiaria decumbens* et *Digitaria swazilandensis*, qui constituent la base des prairies pâturées de Guyane. Les parcelles choisies étaient initialement intégrées dans un système de pâturage en rotation à la ferme expérimentale de l'INRA de Comby-Sinnamary.

Les conditions d'étude et les mesures effectuées sont reportées au tableau I. Les facteurs fumure, espèce, âge, conditions climatiques de fenaison et durée de conservation ont été testés. Les analyses classiques de composition chimique, matières minérales (MM), matières azotées totales (MAT), et la détermination de la valeur nutritive (DIV 48h, UFL, PDIE, PDIN), ont été réalisées au laboratoire d'analyses de l'Unité de Recherches zootechniques de l'INRA Antilles-Guyane. L'énergie brute (EB) n'a pas été déterminée, mais estimée à partir de la teneur en matières azotées totales et en matières organiques (MO) selon l'équation de Xandé et Garcia Trujillo (1985) établie pour les fourrages tropicaux. Les analyses statistiques ont été effectuées par la procédure GLM de SAS (10). L'évolution de la qualité du foin en cours de conservation a été globalement suivie sur 175 échantillons par le test de Duncan pour les variables MAT, DIV, UFL et PDIN.

Résultats

Les conditions météorologiques ont été favorables à la réalisation du foin (tabl. II). Sur les deux graminées utilisées, il n'y a pas eu de problèmes phytosanitaires. Contrairement aux résultats obtenus lors des enquêtes précédentes (2, 3), *B. decumbens* et *D. swazilandensis* sont dominants dans les parcelles récoltées. Ils représentent en moyenne 91 p. 100 de la composition botanique. Les autres espèces correspondent à des graminées (*Brachiaria arrecta* (tanner), *Paspalum* sp., *Sporobolus* sp., *Axonopus* sp., *Eleusine*), des cypéracées et des adventices diverses (*Borreria* sp., *Mimosa* sp.).

Communication

TABLEAU II
Conditions météorologiques

Age récolte	Durée du chantier	Temps	Pluviométrie	Température
30 jours	48 h	nuages pluie-soleil	1 ^{er} j : 0,8 mm 2 ^e j : 5,4 mm	24 à 31 °C
45 jours	72 h	absence de nuages, vents assez forts	0 mm	20 à 32 °C

TABLEAU I
Protocole

Matériels	
Types de sols	Ferrallitiques
Espèces fourragères	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf <i>Digitaria swazilandensis</i> Stent
Fertilisation	40 ou 80 unités de N, P, K/ha après chaque fauche (Ammonitrate : 33,5 p. 100 ; Scories : 0-20-20)
Age récolte	30 ou 45 jours de repousse
Epoque de récolte	Grande saison sèche : septembre 1987
Matériel de récolte	Faucheuse conditionneuse
Stockage	Sous abris ventilés naturellement disposés en lits superposés et aérés en damier.
Observations réalisées	
Prélèvements d'échantillons	— avant la fauche — au bottelage — 17-18 jours — du 1 ^{er} au 6 ^e mois (mensuel)
Notations	— relevé des conditions météorologiques — état sanitaire de la parcelle
Mesures	— qualité du foin en balles (couleur, moisissure, odeur sèche) — matière sèche — composition botanique
Analyses	— composition chimique et valeur alimentaire (MAT, DIV 48h, UFL, PDI)
Analyse statistique	— SAS/STAT Procédure G.L.M. (analyse de variance) ; test de Duncan

Caractéristiques du foin réalisé

Le poids moyen des bottes (densité moyenne) a varié de 17 à 26 kg pour des âges du fourrage à la fauche de 30 et 45 jours respectivement. Au cours des 6 mois de stockage (septembre 1987 à mars 1988), ni odeur de putréfaction, ni présence de moisissures au niveau des bottes, qui sont restées de couleur "brun paille", n'ont été décelées. Sur les échantillons prélevés régulièrement, les feuilles sont demeurées sur les stolons. La matière sèche a très peu varié puisqu'elle est en moyenne de 86 p. 100 avec un coefficient de variation inférieur à 1 p. 100. En

dépit de conditions climatiques moins favorables lors de la fauche à 30 jours, la teneur en matière sèche de 60 p. 100 observée au bottelage s'élève à 75 p. 100 après 5 jours de conservation sous abri. La disposition des bottes en damier aéré, sous hangar couvert de tôles et soumis à une ventilation naturelle assez régulière, explique partiellement cette évolution. Par ailleurs, le faible taux d'humidité relative de la région (50 p. 100 en moyenne en saison sèche) est un facteur favorisant, comparativement aux zones tropicales à forte humidité relative nocturne.

Evolution de la composition chimique et de la valeur alimentaire

Evolution des mesures entre la fauche et le bottelage

La teneur en MAT et la DIV 48h de la matière sèche chutent respectivement de 1,1 et 8,3 points, soit de 13 et 14 p. 100 entre la plante sur pied et la plante bottelée (tabl. III). En moyenne, les paramètres de composition chimique et de valeur alimentaire sont plus élevés pour le *D. swazilandensis* que pour le *B. decumbens*. Quel que soit le niveau de fumure et, indépendamment de l'espèce, l'effet de l'âge est significatif et la coupe à 30 jours fournit un foin de meilleure qualité. Cependant, avec une fauche à 45 jours, la fertilisation a un net effet améliorateur.

TABLEAU III
Modifications de la valeur alimentaire de la plante par la fenaison (fauche, fanage, bottelage)

	Avant fauche	Bottelage
MAT (p. 100)	8,6 ± 1,1	7,5 ± 0,9
DIV (p. 100)	58,1 ± 4,6	49,8 ± 3,2
PDIN (g)	55,6 ± 7,2	48,4 ± 5,6
UFV	0,56 ± 0,08	0,42 ± 0,05
UFL	0,65 ± 0,07	0,52 ± 0,05

Evolution pendant la conservation

Pour les 175 échantillons retenus, les valeurs moyennes de la MAT et de la DIV 48h ont été respectivement de 7,7 ± 0,77 et 49,6 ± 3,9. Le test de Duncan a permis de distinguer trois périodes caractéristiques :

TABLEAU IV
Signification des différents paramètres. Résultats de l'analyse de variance

	Moyenne	E.T.	Durée	Age	Fumure	Espèce
MAT (p. 100)	7,63	0,68	*0,0001 (6,98)	*0,0001 (79,78)	*0,0025 (9,72)	*0,001 (95,4)
DIV (p. 100)	47,5	2,84	*0,002 (4,6)	*0,0001 (102,6)		*0,0094 (7,05)
PDIN	49,3	4,43	*0,0001 (6,58)	*0,0001 (76,18)	*0,0032 (9,18)	*0,0001 (92,26)
UFL	0,48	0,04	*0,0036 (4,21)	*0,0001 (126)		*0,0002 (12,46)

* = seuil de probabilité ; () = valeur de F ; E.T. = écart type.

- avant fauche ;
- du bottelage à deux mois de conservation ;
- de deux à six mois.

L'analyse de la variance n'a été effectuée que sur cette dernière période (n = 112 ; tabl. IV).

Les teneurs en MAT du foin de *D. swazilandensis* sont significativement plus élevées que celles du foin de *B. decumbens*, quelle que soit la durée de conservation. En revanche, la DIV 48h ne dépend pas de l'espèce fourragère. L'âge à la récolte a un effet hautement significatif sur tous les paramètres mesurés. Quelle que soit l'espèce, la teneur en MAT et la DIV sont plus élevées pour la récolte à 30 jours. On ne note pas d'effet spécifique de l'âge à la récolte sur l'évolution de la qualité en cours de conservation (fig. 1 et 2).

L'apport d'engrais azoté a un effet positif sur les teneurs en MAT et PDIN du foin des deux espèces, quel que soit l'âge de la repousse à la récolte (tabl. IV, fig. 1). En revanche, on ne note pas d'effet sur la DIV 48h (fig. 2), ni sur la valeur énergétique nette qui en est déduite. La fumure appliquée n'influe pas sur l'évolution du fourrage en cours de conservation.

La teneur en MAT a baissé en moyenne de 8 à 6 p. 100 entre 2 et 6 mois de conservation. Cette diminution est significative mais n'est effective qu'à partir du 5^e mois. On observe un changement de pente des courbes à partir du 3^e mois (fig. 1). La DIV est corrélée négativement à la durée de conservation, mais sa diminution, surtout nette au cours des trois premiers mois, est faible par la suite.

Discussion - Conclusion

Ces résultats, obtenus dans une ferme expérimentale en Guyane, permettent de préciser les conditions de réalisation d'un foin de graminée de qualité. Ils fournissent des indications quant aux limites de conservation et d'utilisation, car les données de la bibliographie sont peu nombreuses sur ces limites de durée de conservation garantissant, en milieu tropical, un foin de qualité (5, 9).

Les résultats font apparaître qu'au delà de 5 mois de stockage, la valeur azotée du foin de graminée tropicale diminue significativement. La réalisation d'un bon foin de graminée, dans de telles conditions, implique que les espèces plantées (*Brachiaria decumbens* et *Digitaria swazilandensis*) ne soient pas exploitées à un âge des repousses supérieur à 4-5 semaines. En effet, la teneur en azote et la disponibilité des fourrages à la récolte sont les facteurs déterminants de la qualité du foin pour la Guyane (3). Les données de composition chimique et de valeur nutritive obtenues confirment la nécessité de faucher ces graminées à un âge inférieur à 6 semaines. Ces résultats vont dans le même sens que ceux regroupés par Caceres *et al.* (4), par Esperance et Caceres (5) à Cuba et Holm (6) en Thaïlande.

Parmi les espèces testées, à un âge des repousses de 4 semaines, *D. swazilandensis* a une meilleure valeur nutritive que *B. decumbens*. Afin de maintenir pendant toute la durée de la conservation une teneur en matières azotées totales supérieure ou égale à 8 p. 100, une fertilisation par 80 unités d'azote, en une seule fois au début des repousses, est nécessaire afin que l'azote ne soit pas le facteur limitant de l'ingestion des fourrages par les ruminants (7, 8).

Dans d'autres conditions pédoclimatiques, à la Martinique par exemple, des apports annuels d'engrais de 360 unités d'azote/ha/an, répartis régulièrement, permettent d'obtenir des foins de graminées plantées dont la teneur moyenne en MAT est de 7 p. 100 avec une DIV de la matière sèche de 55 p. 100 (1) et un âge de récolte identique de 7 semaines tout au long de l'année. Le foin en milieu tropical sub-équatorial doit donc être préparé à partir de fourrages jeunes pendant les différentes périodes favorables au fanage.

Bibliographie

1. ARTUS F., 1987. Etude de la réalisation du foin dans les conditions de la Martinique. CEMAGREF, Groupement Outre Mer, 39 p. (Etude n°18)
2. BÉREAU M., VIVIER M., 1987. Le foin en Guyane française. Premières tentatives. In : Systèmes d'élevage herbager en milieu équatorial. Actes du séminaire organisé par le Département de recherches sur les sys-

Communication

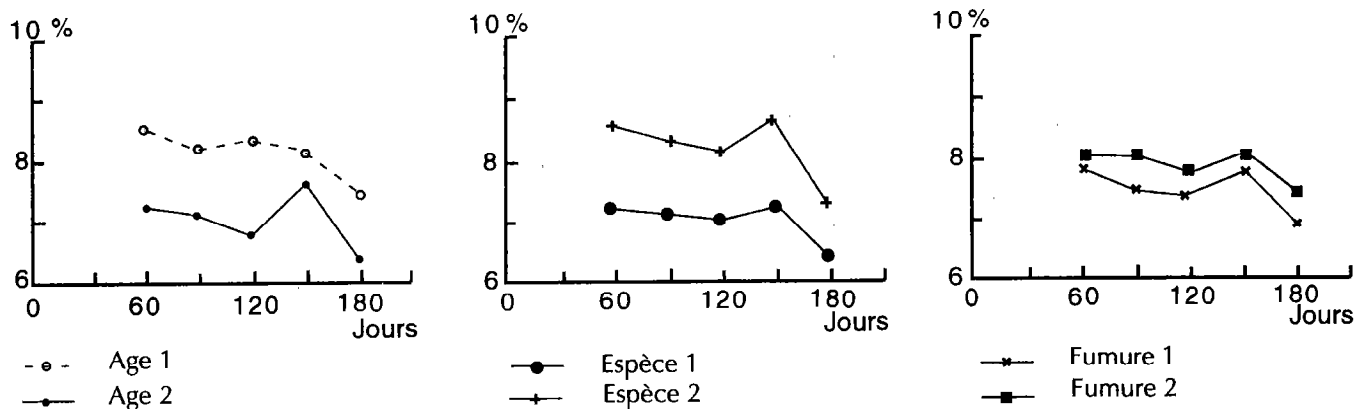


Figure 1 : Evolution de la teneur en matières azotées totales avec la durée de conservation.

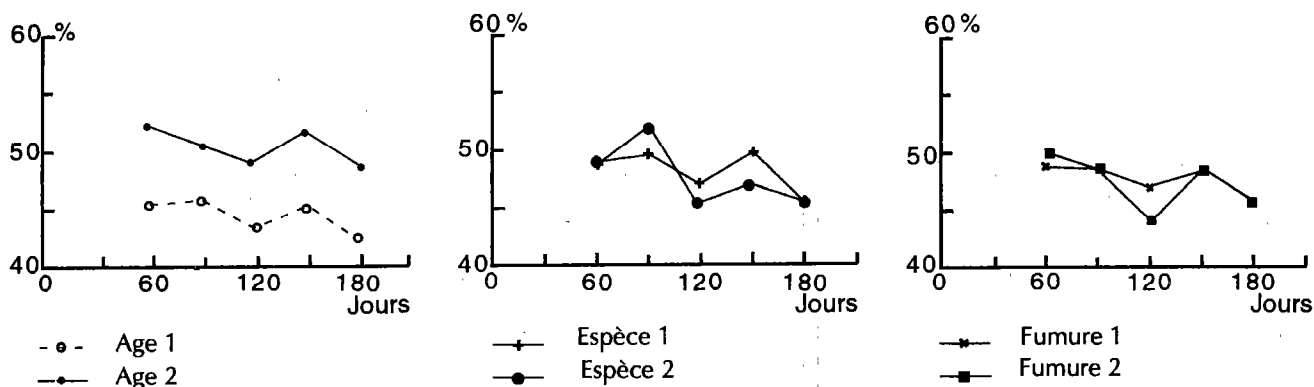


Figure 2 : Evolution de la digestibilité in vitro (DIV 48h) de la matière sèche avec la durée de conservation.

tèmes agraires et le développement de l'INRA, avec la collaboration du CIRAD et de l'ORSTOM, Cayenne, Guyane, France, 9-10 décembre 1985. Paris, France, INRA, p. 435-444.

3. BÉREAU M., XANDÉ A., GAUCHER B., 1989. Le foin en milieu tropical. Un aspect en Guyane française. In : Xandé A. et Alexandre G. éd., Pâturages et alimentation des ruminants en zone tropicale humide. Actes du 1er Symposium sur l'alimentation des ruminants en milieu tropical, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, France, 2-6 juin 1987. Paris, France, INRA, p. 55-64.

4. CACERES O., ESPERANCE M., ORAMAS J., 1984. Valor nutritivo de hierba guinea. *Pastos y Forrajes*, 7 : 251.

5. ESPERANCE M., CACERES O., 1986. Estudio de algunos factores que afectan la calidad y el valor nutritivo del heno. *Pastos y Forrajes*, 9 : 91.

6. HOLM J., 1971. Valeur nutritive de foin de graminées tropicales récolté à différents stades de croissance. Projekt der techischen Hilfe der Bundesrepublik Deutschland für das Königreich Thailand.

7. JARRIGE R. (ed.), 1989. Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables. Paris, France, INRA, John Libbey Eurotext, 389 p.

8. MINSON D.J., 1971. The nutritive value of tropical pastures. *J. Austr. Inst. Agric. Sci.* : 255-263.

9. RENDEL P., 1990. Efecto de heno picado y molido en raciones completas para vacas lecheras en confinamiento. In: 12e ALPA, Campinas, Brésil, 22-27 juillet 1990, p. 47.

10. SAS, 1987. Guide for personal computers, version 6. USA, NC:SAS Institute Inc. ed.

11. VIVIER M., VISSAC B., MATHERON G. (éds), 1995. L'élevage bovin en Guyane française. Une innovation majeure dans un milieu équatorial de plaine, 1975-1990. Maisons-Alfort, France, CIRAD, INRA, vii-303 p.

BÉREAU (M.), XANDÉ (A.), GAUCHER (B.). Modifications caused by tedding and evolution during storage of the quality of hay made from *Brachiaria decumbens* and *Digitaria swazilandensis* in French Guiana. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, 48 (1): 111-114

In French Guiana, livestock farmers have chosen hay making as the best technique for storing forage and dealing with seasonal variations in its availability. The climatic conditions and the availability of this biomass during the short and long rainy seasons (November-December and April-June, respectively) mean that this technique can be used during limited periods, distributed bimodally over the year. However, to optimize the use of this hay, it must be of good nutritional quality. The study shows the incidence of factors linked to the plant (age and nature of the forage) on the quality of hay produced. The effect of the storage duration on the nutritional value of the end-product is also examined. Hay produced with *Digitaria swazilandensis* cut when it is 30 days old is of greater nutritive value than hay made with *Brachiaria decumbens* cut at the same age. Under the trial conditions, the change in the nutritive value is significant from the 5th month of storage onwards, with a considerable reduction in *in vitro* dry matter digestibility and total nitrogen content. The authors conclude that it is possible in practice to produce hay of satisfactory nutritional value from *Digitaria swazilandensis* if it is cut 4 weeks after receiving 80 units of nitrogen at the beginning of regrowth.

Key words: Hay - *Brachiaria decumbens* - *Digitaria swazilandensis* - Storage - Nutritive value - Biomass - Climate - French Guiana.

Désinfectants : modes d'action et emplois. *Revue scientifique et technique de l'Office international des Épidémiologies*, 1995, 14 (1 et 2).

Paris, OIE, 1995, 248 p. (N°1) et 248 p. (N°2).

Prix : 265 FF (N°1), 265 FF (N°2). (ISSN 0253-1933) (ISBN 92-9044-367-7 : N°1, ISBN 92-9044-368-5 : N°2)

Ces deux numéros de la *Revue scientifique et technique de l'OIE* sont entièrement consacrés au thème de la désinfection et de ses applications. Les articles sont rédigés par des spécialistes qui font autorité en la matière sur le plan international. Dans sa préface, J. Blancou, directeur général de l'OIE, écrit que les "désinfectants constituent une arme efficace dans la lutte contre les maladies animales..." mais que, "la désinfection devient de plus en plus complexe", les consommateurs étant de plus en plus exigeants, tandis que les conditions de production, de traitement et de transformation des produits d'origine animale paraissent favoriser la propagation des agents infectieux. Aussi, parallèlement à la réduction des coûts de production, on détecte dans les abattoirs "davantage de porteurs latents d'agents pathogènes, pour l'homme comme pour l'animal, chez des sujets apparemment sains". La désinfection est certes essentielle, mais elle reste délicate à manier et les auteurs soulignent l'importance du choix du produit, de sa concentration et de son mode d'utilisation.

A l'évidence, écrit Blancou, "la désinfection est indispensable mais on s'est aperçu que beaucoup de produits chimiques actuellement autorisés sont, dans certaines circonstances, responsables de cancer et de malformations à la naissance ou encore qu'ils sont nocifs pour l'environnement. Des techniques de base existent, d'après bon nombre de spécialistes, pour produire par génie génétique des désinfectants ciblés sur des catégories très spécifiques de micro-organismes, et n'entraînant pas d'effet indésirable. Mais le développement de tels désinfectants ne serait pas rentable actuellement car le prix des produits existants est très compétitif, en particulier par rapport aux vaccins, médicaments et activateurs de croissance. Si les désinfectants actuels étaient retirés de la vente, de nouveaux produits pourraient alors être rapidement mis au point, mais à un prix bien supérieur."

Ces deux numéros apportent, tout en évitant le "jargon" technique et les formules complexes, des renseignements détaillés sur les procédures d'hygiène et de désinfection à mener dans des situations sanitaires particulières.

Le premier chapitre est consacré à l'histoire et aux perspectives de la désinfection ; le second fournit des renseignements techniques sur les propriétés des divers désinfectants, les précautions à prendre pour en assurer une utilisation efficace et éviter les effets nocifs sur les équipements et l'environnement ; il établit également des critères d'évaluation de l'efficacité des opérations de désinfection. Le troisième chapitre présente, dans son unique article, un schéma d'introduction aux considérations complexes que requiert la désinfection en santé animale.

Mais c'est particulièrement dans le quatrième chapitre "Instructions pour la désinfection", que réside l'intérêt majeur de cette revue. Le sujet est abordé sous un angle résolument pratique, tranchant avec les documents habituels qui privilégient la description ou les propriétés des désinfectants. Les articles étudient la procédure qui correspond à une situation zootechnique spécifique : désinfection des véhicules utilisés pour le transport routier, ferroviaire et fluvial des animaux ; des équipements de production animale ; des laiteries, des abattoirs, des établissements de production alimentaire, d'aquaculture, des parcs zoologiques, parcs à gibier et autres lieux de reproduction de la faune sauvage, etc. Certains articles sont consacrés aux modes de désinfection adaptés aux écuries, aux loges de mise bas pour les truies, aux couvoirs, etc. Le lecteur trouvera une explication claire sur les procédures à suivre - que ce soit lors d'opérations de routine en production animale, ou en cas d'apparition d'un foyer épizootique - ainsi que des conseils pratiques pour éviter les nombreux effets indésirables pouvant résulter des opérations de désinfection.

Le dernier chapitre présente enfin des recommandations pour la rédaction de règlements précis applicables en la matière, ainsi qu'une liste de tous les facteurs à maîtriser.

Tous ceux qui sont engagés dans la lutte contre les maladies des animaux et les zoonoses, ou qui ont des responsabilités dans ce domaine, trouveront, dans ces deux numéros, une réponse aux problèmes auxquels ils sont confrontés. Cet ouvrage servira de référence aux enseignants, chercheurs et professionnels, ainsi qu'aux responsables de la santé animale en général. Tous les auteurs sont à féliciter et à remercier pour leur contribution exemplaire à sa rédaction. Il faut citer tout particulièrement notre confrère H.A. Daniel, des Services vétérinaires du ministère américain de l'Agriculture, qui en a conçu le sommaire, conseillé, lu et révisé les articles, "ce qui, dit-il, lui a donné l'occasion d'explorer en profondeur un domaine qui constitue l'un de ses principaux centres d'intérêt depuis de nombreuses années".

Dr A.H. Robinet

AUDIOT A. Races d'hier pour l'élevage de demain. Paris, INRA, 1995, 230 p. (Collection Espaces ruraux) (ISBN 2-7380-0581-0) Prix : 185 FF.

En moins de 20 ans, la spécialisation de l'agriculture et la concentration de l'amélioration génétique sur un nombre restreint de grandes populations ont mis à mal la diversité des races locales françaises. Or les généticiens eux-mêmes, qui ont conçu et organisé la sélection des grandes races françaises, soulignent l'intérêt de préserver les races en péril pour maintenir la variabilité génétique.

L'ouvrage retrace la genèse des races animales domestiques et l'histoire de la conservation du patrimoine génétique. Soulignant le rôle joué par des éleveurs résistants aux normes techniques et économiques, il analyse la diversité des stratégies de conservation mises en œuvre et définit ainsi les principes qui conditionnent leur efficacité.

De nombreux exemples montrent que la valorisation des races anciennes participe aujourd'hui à un processus de diversification des productions, notamment à travers la recherche de produits typés et le développement du tourisme rural : les races d'hier contribuent ainsi à la construction d'une nouvelle modernité rurale.

Sur ces bases peut être élaborée une politique de gestion du patrimoine génétique des races animales articulant trois niveaux : national, régional et local.

Un ouvrage de référence pour les éleveurs, techniciens et ingénieurs, étudiants ou formateurs du secteur de l'élevage, mais aussi pour tous ceux qui s'intéressent à cette problématique, entre actualité scientifique et enjeux socio-économiques.