

	Page
TRAVAUX ORIGINAUX	
BERNARD (G.). - Adaptation de la microtechnique de fixation du complément au diagnostic de la peste équine	451
CAISEY (P.), BALIS (J.). - Dosage de l'humidité résiduelle des vaccins lyophilisés par le réactif de Karl Fischer. Technique et causes d'erreurs	459
TOURE (S.M.), SEYDI (M.), SEYE (M.), KEBE (B.). - Valeur de la méthode d'immunofluorescence indirecte dans le diagnostic des trypanosomiasés bovines et leur étude épizootiologique	463
GRABER (M.). - <i>Parabronema longispiculatum</i> n. sp. parasite stomacal de l'éléphant d'Afrique (<i>Loxodonta africana</i> Blumenbach, 1797)	473
VASSILIADES (G.), TOURE (S.M.). - Essais de traitement des strongyloses digestives du mouton en zone tropicale par le Tartrate de Morantel	481
DENIS (J.P.), THIONGANE (A.I.). - Note sur les facteurs conduisant au choix d'une saison de monte au C.R.Z. de Dara (Sénégal)	491
TIDORI (E.), SERRES (H.), RICHARD (D.), AJUZIUGU (J.). - Etude d'une population taurine de race Baoulé en Côte-d'Ivoire	499
LHOSTE (P.), PIERSON (J.). - Essais d'insémination artificielle au Cameroun, à l'aide de semence congelée importée. I. - Insémination artificielle de femelles zébus en chaleurs naturellement	513
VALLERAND (F.), BRANCKAERT (R.). - La race ovine Djallonké au Cameroun. Potentialités zootechniques, conditions d'élevage, avenir	523
TACHER (G.). - Notes sur la démographie bovine au Sahel. I. - Représentation et projection théoriques du troupeau par un modèle mathématique	547
TACHER (G.). - Notes sur la démographie bovine au Sahel. II. - Représentation et projection théoriques du troupeau par un modèle mathématique après une catastrophe	571
RESUMES	
Maladies à virus	597
Technique de laboratoire	597
Trypanosomoses	597
Parasitologie	597
Zootechne	598
TABLE DES AUTEURS 1975	601
TABLE DES MATIERES	606
INDEX GEOGRAPHIQUE	616

Le sommaire de la REVUE D'ELEVAGE ET DE MEDECINE VETERINAIRE DES PAYS TROPICAUX est signalé dans « CURRENT CONTENTS AGRICULTURAL, FOOD AND VETERINARY SCIENCES », Philadelphie.

CONTENTS N° 4 - 1975

Page

ORIGINAL PAPERS

BERNARD (G.). - Adaptation of the microtechnique complement fixation test for the diagnosis of african horse sickness	451
CAISEY (P.), BALIS (J.). - Residual moisture evaluation in lyophilized vaccines by Karl Fischer's method. Technique and causes of mistakes	459
TOURE (S.M.), SEYDI (M.), SEYE (M.), KEBE (B.). - Value of the indirect fluorescence antibody test in the diagnosis and the epizootiological survey of bovine trypanosomiasis	463
GRABER (M.). - <i>Parabronema longispiculatum</i> n. sp. a stomach parasite of african elephant (<i>Loxodonta africana</i> , Blumenbach, 1797)	473
VASSILIADES (G.), TOURE (S. M.). - Trials with morantel tartrate in the treatment of sheep digestive strongylosis in tropical area	481
DENIS (J.P.), THIONGANE (A.I.). - Note on factors allowing the choice of breeding season in the Dara Zootechnical Research Center (Senegal)	491
TIDORI (E.), SERRES (H.), RICHARD (D.), AJUZIUGU (J.). - Study of a Baoule cattle breed in Ivory Coast	499
LHOSTE (P.), PIERSON (J.). - Trials on artificial insemination in Cameroon, with imported freezed sperm. I. - Artificial insemination of zebu cows naturally in heat	513
VALLERAND (F.), BRANCKAERT (R.). - Djallonke sheep breed in Cameroon. Zootechnical possibilities, breeding conditions, future	523
TACHER (G.). - Notes about cattle demography in Sahel. I. - Theoretic representation and plan of a herd by a mathematical pattern	547
TACHER (G.). - Notes about cattle demography in Sahel. II. - Theoretic representation and plan of a herd by a mathematical pattern after a catastrophe	571

SUMMARIES

Diseases caused by viruses	597
Laboratory technique	597
Trypanosomiasis	597
Parasitology	597
Zootechny	598

AUTHOR INDEX 1975	601
------------------------------------	-----

SUBJECT INDEX	606
--------------------------------	-----

GEOGRAPHICAL INDEX	616
-------------------------------------	-----

This contents is noted in CURRENT CONTENTS AGRICULTURAL, FOOD AND VETERINARY SCIENCES, Philadelphia.

Adaptation de la microtechnique de fixation du complément au diagnostic de la peste équine

par G. BERNARD (*)

RESUME

Adaptation de la microtechnique de fixation du complément au diagnostic de la peste équine

Afin de déterminer rapidement l'immunité d'une population équine, il était nécessaire de posséder une méthode simple. L'auteur a fait une adaptation à la peste équine de la microtechnique de fixation du complément, en précisant les différents paramètres. Cette épreuve doit être utilisée pour une recherche statistique uniquement et pour des cas d'immunisation récente.

INTRODUCTION

La peste équine sévit toujours à l'état endémique en Afrique. Il est même vraisemblable qu'elle diffuse vers le Nord à partir de foyers silencieux centre-africains mis en évidence par MAURICE et PROVOST (6). D'autre part, BOURDIN, BERNARD et LAURENT (1974) ont montré l'existence d'une forte proportion d'anticorps parmi les équins du Sénégal. Les échanges entre l'Afrique et l'Europe s'accroissant, un marché des chevaux africains est en train de se développer.

Aussi, il a paru nécessaire de mettre au point une méthode rapide et commode de recherche des anticorps dans le serum.

Il existe 8 types principaux d'antigène Peste équine, il fallait donc s'adresser à une épreuve de groupe telle la fixation du complément (5).

La microméthode a été retenue car elle présente une commodité d'emploi appréciable et permet de faire un grand nombre d'examen simultanément.

(*) Laboratoire National de l'Elevage et de Recherches Vétérinaires, B.P. 2057, Dakar-Hann. République du Sénégal.

I. MATERIEL ET METHODE

A) Les milieux

Les suspensions virulentes utilisées pour les inoculations intracérébrales de souris sont réalisées dans un tampon phosphaté pH 7,4 dont la formule est la suivante (1) :

- phosphate disodique (Na₂HPO₄) anhydre 3,20 g
- Phosphate monosodique (NaH₂PO₄, 2 H₂O) cristallisé 0,33 g
- Chlorure de sodium 6 g
- Eau bidistillée Q.S.P. . . . 1 000 ml

Stériliser à l'autoclave à 120° C pendant 20 minutes.

Les hématies sont récoltées dans du citrate de soude ou dans une solution de Alsever.

Les sérums, antigènes et complément sont dilués dans une solution de Veronal Gelatine (VG) :

- 10 comprimés « Complement fixation test diluent tablets » (oxoid).
- Gelatine (Difco) 1 g
- Eau bidistillée Q.S.P. 1 000 ml

Dissoudre au bain-marie à chaud.

Lorsqu'on prépare une gamme d'hémolyse, on utilise une solution de Veronal 5 fois concentrée (V5) préparée en dissolvant à chaud un comprimé « Oxoïd » dans 20 ml d'eau bidistillée.

Tous ces milieux sont conservés à + 4° C.

B) Le matériel spécial

A côté du matériel habituel, on utilise des microdilueurs de 0,025 ml, des pipettes compte-gouttes des 0,025 ml, des microplaques en U, des porte-plaques pour centrifugation et du papier GO.NO.GO pour contrôle des microdilueurs.

Ces instruments font partie du Microtiterkit produit par Cooke Instruments.

C) Préparation des différents constituants :

1. L'antigène : la fixation du complément peste équine étant une épreuve de groupe, on pourra utiliser l'un quelconque des types. Néanmoins, le type 9-S2 convient particulièrement.

L'antigène est préparé sur cerveaux de souris âgées de trois semaines environ.

On inocule, à chaque animal, 0,03 ml par voie intracérébrale, d'une dilution au 1/20 dans du tampon phosphaté pH 7,4 de la souche neurotrope conservée lyophilisée à — 25° C. Au bout de 3 à 5 jours, les souris présentant des symptômes nerveux très importants et une paralysie presque complète sont anesthésiées. Après découpage de la boîte crânienne, les cerveaux seront récoltés et congelés. Après décongélation, ils sont lavés trois fois dans du VG. On prépare une suspension au 1/20 (10 cerveaux + 12 ml de VG) que l'on broie dans un mixer. La suspension est centrifugée 1 h à 10 000 t/mn à + 4° C. Le surnageant représente l'antigène. Il peut être utilisé tel quel (le conserver à + 4° C) ou bien inactivé par 0,1 ml de solution de betapropiolactone à 0,1 p. 100 dans de l'eau distillée pour 0,9 ml d'antigène (agitation de 3 h à température ambiante puis 18 h à + 4° C).

Les antigènes préparés de cette manière ne présentent aucun pouvoir anticomplémentaire s'ils sont utilisés dans un délai de 1 mois.

2. Les hématies : on utilise des hématies de

mouton. Le sang est prélevé dans une quantité égale de citrate de soude ou de Alsever. On le conserve 4 à 5 jours à + 4° C avant l'utilisation. Les hématies sont alors lavées trois fois après centrifugation, avec la solution VG. Le culot du dernier lavage est remis en suspension dans un volume égal de VG. Conservation d'une semaine à + 4° C.

3. Le sérum hémolytique : on utilise le sérum de lapin anti-hématies de mouton.

Dans toutes les épreuves, on utilise une solution d'hémolysine (SH) diluée au 1/500 (2 microgouttes de SH dans 12 ml de VG) réalisant ainsi les conditions d'excès d'hémolysine.

4. Préparation du stock d'hématies sensibilisées (SS-SH) : on prépare une suspension à 3 p. 100 d'hématies (SS) dans la solution de VG à laquelle on ajoute, en effectuant un mouvement rotatif, un volume identique de SH (au 1/500). Après incubation de 15 mn à température ambiante, la suspension de SS-SH peut être conservée 24 h à + 4° C.

5. Préparation de la gamme d'hémolyse : suivant BARME et Collaborateurs (1) il est nécessaire de disposer d'une échelle étalon d'hémolyse avec laquelle des comparaisons pourront être faites. On prépare :

a) une solution d'hémoglobine (solution A) contenant 1 ml de SS + 7 ml d'eau bidistillée. Après agitation, on ajoute 2 ml de solution de V5.

b) Une suspension d'hématies (suspension B) en ajoutant 9 ml de VG à 1 ml de SS. On répartit dans 11 tubes à hémolyse :

Solution A : 0,0 - 0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,5 - 0,6 - 0,7 - 0,8 - 0,9 - 1,00 ml

Solution B : 1,00 - 0,9 - 0,8 - 0,7 - 0,6 - 0,5 - 0,4 - 0,3 - 0,2 - 0,1 - 0 ml

Pourcentage d'hémolyse : 0 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 90 - 100

Après agitation on reporte 5 gouttes à 0,025 ml de chaque pourcentage dans les cupules d'une micro-plaque. On centrifuge 5 à 1 500 t/mn à + 4° C. On recouvre de cellophane adhésive et l'on peut conserver plusieurs jours à + 4° C.

D) Titration des différents constituants

1. Le complément : on utilise dans la réac-

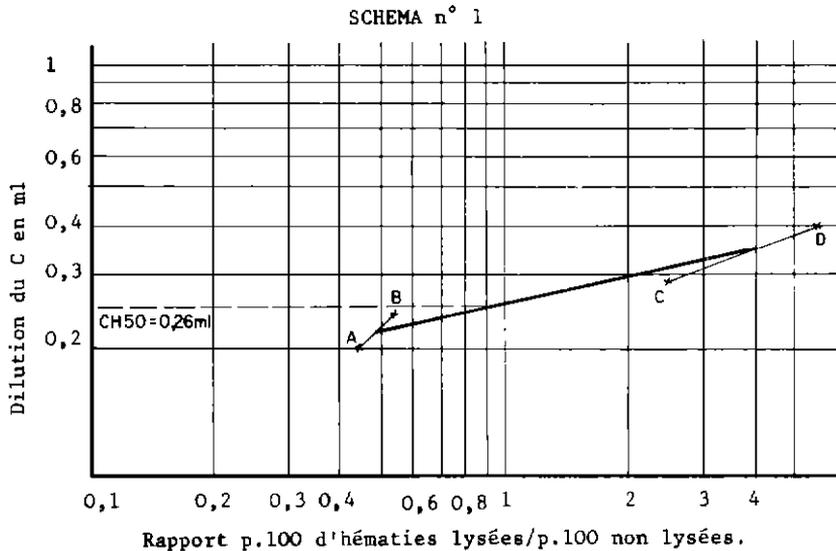


Schéma n° 1. — Recherche de l'unité de complément hémolyse 50 p. 100.

tion 5 unités de complément hémolyse 50 p. 100. On prépare deux solutions mères dans du VG : l'une au 1/250 (solution A) et l'autre au 1/300 (solution B). Si le complément est très actif, préparer les solutions mères au 1/400 et 1/450. On fait les dilutions suivantes en tubes à hémolyse :

Tube	N° 1	2	3	4
VG	0,60	0,55	0,50	0,40
Solution A	0,20	0,25	0,30	0,40
Tube	N° 5	6	7	8
VG	0,60	0,55	0,50	0,40
Solution B	0,20	0,25	0,30	0,40

On effectue le titrage en quadruple sur une plaque. On reporte 4 gouttes de 0,025 ml de chacun des tubes 1 à 8 et on ajoute 0,025 ml de SS-SH dans chaque cupule. Après agitation, on met 30 mn à l'étuve à 37° C avec agitation à la 15^e minute. On centrifuge alors 5 mn à 1 500 t/mn à + 4° C.

Les quatre titrages doivent donner des résultats identiques, sinon l'on prend la moyenne. On établit les courbes d'hémolyse sur papier logarithmique pour 1/250 et 1/300 (schéma n° 1). Les points A, B, C, D de la courbe auront pour ordonnée le volume de complément dans les tubes 1 à 4 (pour 1/250 et 5 à 8 (pour 1/300)). Les abscisses seront données par les valeurs suivantes correspondant aux pourcentages d'hémolyse :

Pourcentage d'hémolyse : 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 90.

Abscisses : 0,111 - 0,25 - 0,43 - 0,67 - 1,00 - 1,50 - 2,33 - 4,00 - 9,00.

suivant les valeurs données par WORK et HAMMON (9). Puis on joint d'une part AB et d'autre part CD. On trace la droite passant par le milieu de AB et de CD. Elle coupe la ligne logarithmique 1,00 en un point dont l'ordonnée Y sert au calcul suivant :

$$\frac{5 Y}{250 \text{ (ou } 300)} = \frac{0,4}{X}$$

0,05 ml d'une dilution à 1/X contiendront les 5 unités 50 p. 100.

2. L'antigène : On recherche l'optimum antigénique, on prépare, d'une part 6 tubes à hémolyse contenant les dilutions d'un sérum positif connu décomplémenté à 60° C pendant 30 mn (dilutions du 1/4 au 1/128) et d'autre part 6 tubes contenant les dilutions de l'antigène (du 1/2 au 1/64). On utilise une microplaque (schéma n° 2) dans laquelle on distribue dans 6 rangées verticales les dilutions du sérum, à raison de 0,025 ml par cupule et dans 7 cupules par rangée (la dernière qui est le témoin sérum sert à contrôler un éventuel pouvoir anticomplémentaire dans chaque dilution).

Dans 6 rangées horizontales, on distribue les dilutions de l'antigène à raison de 7 cupules par dilution et 0,025 ml par cupule (la dernière étant le témoin antigène). Dans les 2 rangées témoins antigène et sérum, on ajoute 0,025 ml de solution de VG par cupule. On distribue 0,05 ml de VG dans 3 cupules qui serviront de contrôle complément et 0,1 ml dans une cupule qui sera le témoin hématies.

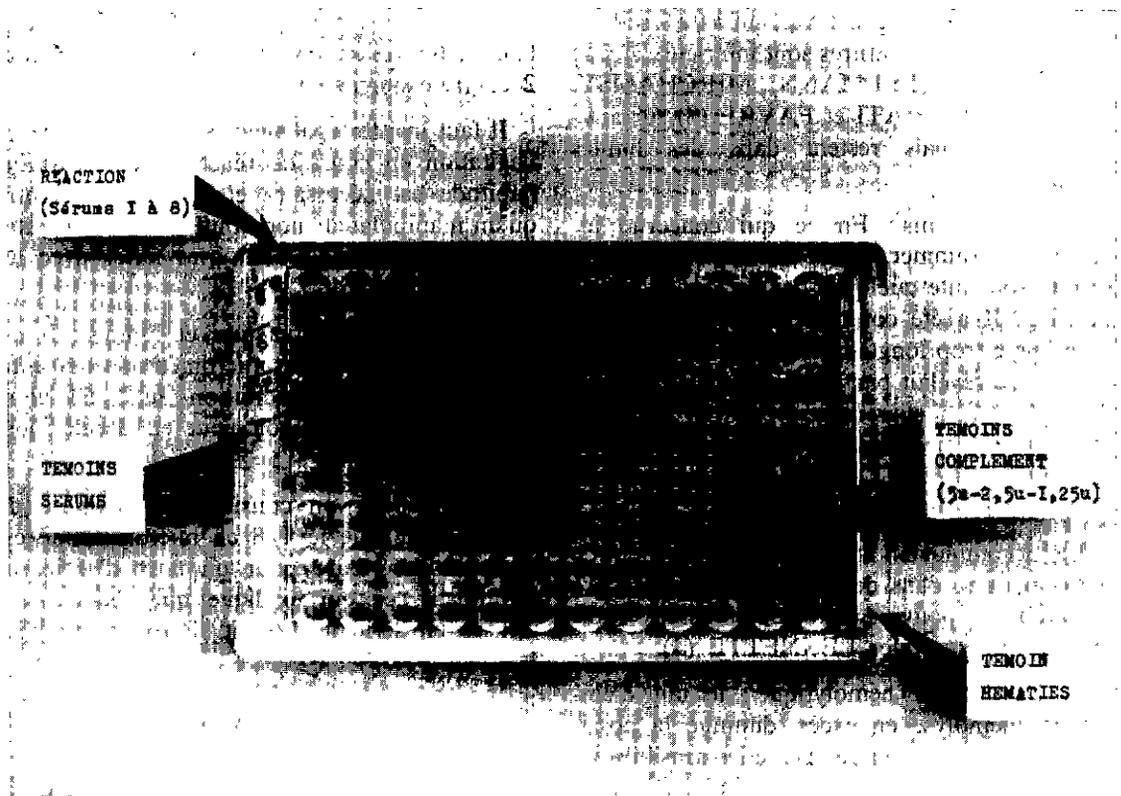


Photo n° 1. — Epreuve de fixation du complément sur microplaque.

- sérum sans anticorps : n° 6
- sérum ayant des anticorps au $\frac{1}{8}$: n° 2
- sérum ayant des anticorps au $\frac{1}{16}$: nos 1-3-4
- sérum ayant des anticorps au $\frac{1}{32}$: n° 5-7-8

aux deuxièmes cupules puis aux troisièmes. On retrempe alors les dilueurs dans les dilutions initiales au 1/4 et on les porte dans les cupules témoins. Puis on distribue dans les cupules témoins, 0,025 ml de VG. 0,05 ml sont distribués dans trois cupules témoins complément (5 - 2,5 - 1,25 unités) et 0,1 ml dans un témoin hématie.

L'antigène titré est dilué et distribué dans les 3 premières cupules des rangées verticales (0,025 ml par cupule). Après agitation on laisse 15 mn à température ambiante.

Le complément dilué est ensuite distribué (0,05 ml par cupule) :

- à 5 unités dans toutes les cupules réactions,
- à 5, 2,5 et 1,25 unités dans les témoins correspondants.

Après agitation, on met à + 4° C pendant 18 h. Ensuite, on stabilise 15 mn à température ambiante, on distribue dans toutes les cupules 0,025 ml de SS - SH.

Après agitation, les plaques sont mises 30 mn

à l'étuve à 37° C (agitation à la 15^e minute), puis elles sont centrifugées 5 mn à 1 500 t/mn à + 4° C.

Le titre des sérums est indiqué par la dilution la plus élevée donnant de 0 à 30 p. 100 d'hémolyse.

II. RESULTATS ET DISCUSSION

A. Les différents constituants

1. L'antigène : la souche neurotrophe utilisée pour préparer l'antigène doit être diluée au 1/20 minimum. Plusieurs essais faits avec des concentrations virales plus importantes se sont révélés négatifs, les souris inoculées résistant à l'injection. D'autre part, deux années d'expérimentation sur l'antigène de cerveau non préparé comme indiqué dans la technique classique de CLARKE et CASALS (3), ont montré que cet antigène utilisé dans le mois suivant sa préparation ne présentait pas de pouvoir anti-

complémentaire et conservait un titre oscillant autour du 1/16. Ces titres sont inférieurs à ceux obtenus par STELLMANN, MIRCHAMSY, GIRAUD, HAZRATI et FAVRE (8) sur antigène traité mais restent dans des limites acceptables.

2. Les sérums : En ce qui concerne les sérums à examiner, il est nécessaire que leur récolte soit faite quelques heures après la prise de sang. Il a été constaté que le sérum d'un sang laissé trop longtemps au repos avant l'extraction se révélait par la suite anticomplémentaire plus particulièrement en ce qui concerne les sérums d'âne ainsi que l'ont montré PILOMORON, VINCENT, AIT-MESBAH et FORTHOMME (7).

La décomplémentation à 60° C au lieu de 56° C permet, dans de nombreux cas, de faire disparaître le pouvoir anticomplémentaire comme le fait remarquer LENNETTE (4).

3. Le système hémolytique : le fait d'employer l'hémolyse en excès, diminue la possibilité de conservation des hématies sensibilisées qui s'agglutinent, aussi, vaut-il mieux utiliser une suspension fraîche de SS - SH pour chaque réaction.

B. L'épreuve de fixation du complément et sa valeur

1. Technique : la microtechnique utilisée s'est révélée très pratique. 200 sérums peuvent être analysés en une seule épreuve quantitative. L'ensemble des manipulations est réalisable en deux heures par un seul technicien. La lecture est assez aisée si la centrifugation est faite.

La reproductibilité statistique est également bonne mais il faut noter que d'une manière individuelle, ainsi que l'a montré BERNARD (2),

des différences apparaissent d'une épreuve à l'autre. On ne saurait donc trop recommander 2 contre-examens en cas de doute.

Il faut insister également sur l'importance de l'agitation en cours de réaction. Une certaine habitude est nécessaire et il a été démontré qu'un manipulateur non confirmé pouvait rater successivement plusieurs séries faites avec les mêmes sérums.

2. Portée de la réaction et limites : Il est très rare de déceler en microméthode des anticorps au-delà d'une dilution au 1/64 alors qu'en macrométhode on peut en déceler jusqu'au 1/128 (5).

D'autre part, on considère en matière de peste équine que le 1/8 en microméthode est la limite inférieure pour un taux d'anticorps significatif, ce qui explique que seuls soient utilisés en série le 1/8, le 1/16 et le 1/32.

CONCLUSION

La microméthode de fixation du complément peste équine est une épreuve de groupe pouvant être utilisée facilement par un laboratoire non spécialisé. Utilisant des antigènes inactivés, elle peut servir au contrôle des anticorps dans un pays réputé non infecté.

Son emploi requiert une manipulation méthodique par un agent entraîné.

C'est une réaction très intéressante lorsqu'on veut faire le survol de l'immunité récente d'une population équine, mais dans tous les autres cas il sera nécessaire de faire appel à d'autres techniques telle la séroneutralisation sur souris ou la recherche de l'index de neutralisation sur cultures cellulaires.

SUMMARY

Adaptation of the microtechnique complement fixation test for the diagnosis of african horse sickness

To determine the immunity of a large equine population, it was necessary to have a rapid as well as simple method. The author has done this adaptation of the microtechnique complement fixation test to african horse sickness by precisising the different conditions and reagents used in the test.

This test should be applied only for the purpose of statistical research, and in case of recent immunization.

RESUMEN

Adaptación de la microtécnica de fijación del complemento para el diagnóstico de la peste équina.

Para determinar rápidamente la inmunidad de una población de caballos, necesitaba tener un método sencillo. El autor ha probado la microtécnica de fijación del complemento para la peste equina, precisando las diferentes condiciones de uso. Esta técnica sirve únicamente para la búsqueda estadística y para casos de inmunización reciente.

BIBLIOGRAPHIE

1. BARME (M.), BRES (P.), HERY (G.), ROBIN (Y). Techniques des laboratoires des virus et des arbovirus. *Rapport fonct. Tech. Inst. Pasteur Dakar*, 1969-1970: 159-244.
2. BERNARD (G.). Les anticorps neutralisant et fixant le complément dans la peste équine africaine. 3^e Congrès de virologie. Madrid, 10-17 septembre 1975.
3. CLARKE (D.H.), CASALS (J.). Techniques for hemagglutination and hemagglutination inhibition with arthropod-borne viruses. *Am. J. trop. Med. Hyg.*, 1958, 7: 561.
4. LENNETTE (E. H.). General principles underlying laboratory diagnosis for viral and rickettsial infections. Diagnostic procedures for viral and rickettsial diseases, 1964: ch. I.
5. Mc INTOSH (B.M.). Complement fixation with horse sickness. *Onderstepoort J. vet. Res.*, 1956, 27: 165-169.
6. MAURICE (Y.), PROVOST (A.). La peste équine à type 9 en Afrique centrale. Enquête sérologique. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1967, 20 (1): 21-25.
7. PILO-MORON (E.), VINCENT (J.), AIT-MESBAH (O.) et FORTHOMME (G.). Origine de la peste équine en Afrique du Nord: Résultats d'une enquête sur les ânes du Sahara algérien. *Arch. Inst. Pasteur, Algérie*, 1969, 47: 105-118.
8. STELLMAN (C.), MIRCHAMSY (H.), GIRAUD (M.), HAZRATI (A.) et FAVRE (H.). Note sur le pouvoir fixant le complément du virus peste équine. *Rec. Méd. vét.*, 1969, 145: 1267-1282.
9. WORK (T. H.), HAMMON (W. Mc D.). Arbovirus infection in man. Diagnostic procedures for viral and rickettsial diseases, 1964: ch. 8.

Dosage de l'humidité résiduelle des vaccins lyophilisés par le réactif de Karl Fischer

Technique et causes d'erreurs

par P. CAISEY (*) et J. BALIS (*)

RESUME

Les auteurs décrivent une technique rapide de dosage de l'humidité résiduelle des vaccins lyophilisés par le réactif de Karl Fischer.

L'humidité résiduelle dans un produit lyophilisé revêt une très grande importance car son taux, en général très faible, est un des éléments majeurs intervenant dans la conservation des vaccins bactériens et viraux. La connaissance précise de ce facteur est indispensable si l'on veut comparer des échantillons de différents lots en fonction de paramètres tels que la température ou le temps.

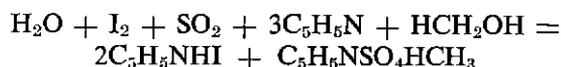
Le réactif de Karl Fischer, par sa sensibilité, permet un dosage très précis de cette humidité résiduelle.

Malheureusement, sa mise en application est souvent entachée de multiples erreurs dues à la présence de faibles quantités d'eau dans l'atmosphère ou dans les récipients utilisés pour le titrage des réactifs. La technique que nous avons utilisée élimine pratiquement ces sources d'erreurs et nous a permis d'obtenir de bons résultats à l'aide d'un matériel de laboratoire courant.

PRINCIPE DE LA METHODE

L'anhydride sulfureux est oxydé par l'iode en présence d'eau. Il y a formation d'acide

sulfurique et d'acide iodhydrique. Cette réaction étant réversible dès que la teneur en acide dépasse 0,05 p. 100, on la rend complète par addition de pyridine et de méthanol qui neutralisent les acides formés. On aboutit ainsi à l'équation suivante :



Une molécule d'iode correspond à une molécule d'eau, il est donc possible de calculer la teneur en eau d'un échantillon par la mesure de la quantité d'iode réduit. Quand toute l'eau est combinée, le point final de la réaction est indiqué par la première goutte de réactif en excès.

Il peut être noté colorimétriquement :

- soit par voie directe : virage du jaune citron au brun clair, en présence d'un témoin de coloration. C'est la méthode que nous allons décrire;
- soit par voie indirecte, par un dosage en retour : le virage est alors plus net mais le point neutre est en fait dépassé.

REACTIFS

1. Alcool méthylique

Il devrait être pratiquement anhydre. Ceci

(*) Veterinary Institute, P.O. Box 19, Debré-Zeit. Ethiopie.

étant très difficile à obtenir, on titre la quantité d'eau qu'il contient et on effectue la correction au cours des dosages.

2. Réactif de Karl FISCHER

On trouve dans le commerce une « solution pour réactif de Karl FISCHER » (*) dont la composition est la suivante :

Pyridine anhydre : 270 ml

Méthanol anhydre : 670 ml

Anhydride sulfureux : 64 g

Le réactif de Karl FISCHER est obtenu en ajoutant 85 g d'iode à un litre de cette solution. Le mélange, une fois effectué, est très sensible à l'humidité. Il doit être conservé dans des flacons parfaitement bouchés et à l'abri de la lumière. Il doit de plus être titré avant chaque utilisation.

Théoriquement la quantité d'iode nécessaire et suffisante pour oxyder 64 g d'anhydride sulfureux serait de 254 g, mais alors la réaction serait moins rapide : en effet l'excès d'anhydride sulfureux d'une part et de pyridine d'autre part sont destinés à déplacer l'équilibre dans le sens de la consommation d'eau.

Dans certains cas, pour obtenir une plus grande sensibilité, il est possible d'opérer avec un réactif de Karl FISCHER de titre plus faible, c'est-à-dire contenant moins de 85 g d'iode par litre.

MATERIEL

Il s'agit d'un matériel de laboratoire courant :

- Une balance de précision type Mettler;
- Un montage classique contenant du chlorure de calcium destiné à dessécher l'air que l'on introduit dans les flacons;
- Deux rhéomètres étalonnés pour les opérations de dilution et de transvasement de l'alcool méthylique;
- Des seringues en plastique, type tuberculine, graduées au centième, pour mesurer les volumes de réactif de Karl FISCHER que l'on a utilisé;
- Des flacons de 20 et 50 ml parfaitement secs, obturés par des bouchons de type pénicilline et capsulés; la meilleure techni-

que consiste à inclure dans le lot de vaccin à lyophiliser une vingtaine de flacons vides et à les traiter dans les mêmes conditions que le lot de vaccin. Ces flacons sont utilisés pour le titrage des réactifs et pour les dilutions;

- Deux flacons contenant l'un le réactif de Karl FISCHER, l'autre l'alcool méthylique, bouchés hermétiquement et munis d'un joint de caoutchouc perforable. Le prélèvement doit être effectué sans ouvrir le flacon, le vide créé étant comblé par de l'air passé sur colonne desséchante.

TITRAGE DES REACTIFS

Les titrages de l'alcool méthylique et du réactif de Karl FISCHER sont effectués conjointement :

1^{er} temps

A l'aide d'un rhéomètre, introduire un volume a ml d'alcool méthylique dans un flacon de 20 ml; puis avec une seringue type tuberculine graduée au centième, ajouter, progressivement et en agitant, le réactif de Karl FISCHER jusqu'à l'apparition d'une coloration brun clair. Cette coloration doit persister au moins 5 minutes. Soit x ml le volume de réactif ajouté.

2^e temps

Dans des flacons de 50 ml et à l'aide d'un second rhéomètre, réaliser une dilution d'eau distillée à 1 pour 1 000 à partir du même alcool méthylique. Puis répéter le titrage précédent sur un volume a ml de cette dilution, y étant le volume de réactif ajouté, on en déduit que 1 ml de réactif de Karl FISCHER correspond à $\frac{a}{y - x}$ mg d'eau.

DOSAGE DE L'HUMIDITE RESIDUELLE DANS UN VACCIN LYOPHILISE ET CONSERVE EN FLACON SOUS VIDE

On opère de la façon suivante :

- 1° « casser » le vide avec de l'air passé sur colonne desséchante;
- 2° Peser le flacon de vaccin (avec son contenu, son bouchon, sa capsule). Soit P le poids obtenu;

3° Introduire l'alcool méthylique titré à l'aide

(*) Solution pour réactif de Karl FISCHER suivant norme NFT 20-052; PROLABO, 12 rue Pelée, PARIS.

d'un rhéomètre (4 ml pour un flacon de 20 ml ou 1 ml pour un flacon de 5 ml);

4° Agiter jusqu'à désagrégation de la pastille;

5° Avec une seringue en plastique, type tuberculine, graduée au centième, ajouter, progressivement et en agitant, le réactif de Karl FISCHER jusqu'à virage au brun clair. Cette coloration doit persister au moins 5 minutes. Soit V le volume de réactif utilisé;

6° Ouvrir le flacon, le nettoyer et le rincer à l'eau distillée ainsi que le bouchon et la capsule. Sécher l'ensemble à l'étuve;

7° Peser le flacon vide avec son bouchon et sa capsule. Soit p le poids obtenu.

8° Calcul de la teneur en eau : le réactif de Karl FISCHER ajouté s'est combiné d'une part à l'eau de la pastille, d'autre part à l'eau de l'alcool méthylique introduit dans le flacon. Connaissant la teneur en eau de cet alcool, on en déduit v , volume de réactif de Karl FISCHER qui s'est combiné à l'eau apportée par l'alcool méthylique. Sachant que 1 ml de réactif de Karl FISCHER correspond à $\frac{a}{y-x}$ mg d'eau, on en déduit le pourcentage d'eau contenue dans l'échantillon :

$$\text{p. 100 eau} = \frac{V - v}{P - p} \cdot \frac{a}{y - x} \cdot 100$$

Les volumes sont exprimés en millilitres et les poids en milligrammes.

CAUSES D'ERREURS

A. Erreurs systématiques

Elles doivent être évitées et nous allons les énumérer avec pour chacune un exemple mettant en valeur leur importance.

1° Ne pas omettre de « casser » le vide avec de l'air desséché. En effet, d'une part 1 ml d'air pèse environ 1,3 mg, soit une erreur de pesée de 26 mg pour un conditionnement courant de 20 ml; d'autre part, à demi saturation et à la température du laboratoire, 20 ml d'air contiennent déjà 0,22 mg d'eau. Ce chiffre est capable de fausser les mesures puisque la quantité d'eau résiduelle dans une pastille de 160 mg est d'environ 1,7 mg.

2° Il est indispensable de peser la pastille lyophilisée à l'intérieur du flacon car :

— Il reste toujours des fragments adhérents aux parois. Une vérification sur 49 échantillons nous a donné une différence de poids de 14 p. 100 environ;

— Une pastille extraite du flacon reprend très rapidement une humidité importante. Sur trois lots de 10 échantillons chacun, nous avons obtenu les différences suivantes :

1^{er} lot : vide « cassé » sur air desséché : humidité 1,18 p. 100;

2^e lot : ouverture du flacon, sortie et pesée de la pastille, le tout en 3 minutes : humidité 1,80 p. 100;

3^e lot : même opération mais en 10 minutes : humidité : 3,10 p. 100.

3° Les flacons utilisés pour le titrage des réactifs doivent être parfaitement secs. Il est possible de le vérifier par addition de quelques gouttes de réactif de Karl FISCHER.

B. Erreurs expérimentales

Reprenons la formule : Humidité résiduelle en p. 100 = $\frac{V - v}{P - p} \cdot \frac{a}{y - x} \cdot 100$

L'erreur relative est égale à la somme des erreurs relatives de chacun des éléments. Mais, d'une part dans cette formule le facteur $\frac{a}{y-x}$ peut être déterminé avec précision en faisant la moyenne d'une série de titrages. Ce facteur sera le même pour un ensemble de mesures d'humidité. D'autre part l'erreur commise sur $P - p$ est très faible, la balance de Mettler étant sensible au dixième de milligramme. En définitive, il ne reste comme source principale d'incertitude relative que :

$$\frac{dV}{V} + \frac{dv}{v} ; dV \text{ et}$$

dv étant de l'ordre de 0,02 ml il est possible d'obtenir une valeur de l'humidité résiduelle avec une précision de 0,06 p. 100 lorsqu'il s'agit d'une pastille de 100 mg, cette précision atteignant 0,02 p. 100 pour un échantillon de 700 mg.

CONCLUSION

Le réactif de Karl FISCHER permet un dosage rapide et précis de l'humidité résiduelle dans un vaccin lyophilisé. Cependant, en raison

de sa très grande affinité pour l'eau, il est nécessaire d'effectuer toutes les manipulations en atmosphère desséchée. Le mode opératoire que

nous avons suivi permet d'obtenir des résultats satisfaisants à l'aide d'un matériel de laboratoire courant.

SUMMARY

Residual moisture evaluation in lyophilized vaccines by Karl Fischer's method. Technique and causes of mistakes

The authors describe a rapid technique of residual moisture evaluation in lyophilized vaccines by Karl Fischer's method.

RESUMEN

Dosaje de la humedad residual de las vacunas liofilizadas por el reactivo de Karl Fischer. Técnica y causas de errores

Los autores describen una técnica rápida de dosaje de la humedad residual de las vacunas liofilizadas por el reactivo de Karl Fischer.

Valeur de la méthode d'immunofluorescence indirecte dans le diagnostic des trypanosomiasés bovines et leur étude épizootiologique

par S. M. TOURE (*), M. SEYDI (**), M. SEYE (*) et B. KEBE (*)

RESUME

Des épreuves d'immunofluorescence indirecte, pratiquées dans les Trypanosomiasés bovines, il ressort que cette méthode, quoique très sensible et utile dans les études d'épizootologie et les recherches sur les anticorps, a cependant un intérêt plus limité en matière de diagnostic du fait de l'impossibilité de déceler des infections précoces, des incertitudes quant aux espèces de trypanosomes en cause et aussi parce que la présence d'anticorps ne traduit pas nécessairement une infection présente.

INTRODUCTION

La méthode d'immunofluorescence indirecte vient de s'ajouter, dans le diagnostic expérimental des trypanosomiasés animales, à de nombreux autres tests sérologiques, de sensibilité et de spécificité variables selon les cas et qui ont eu un bonheur inégal suivant leurs utilisateurs. La conception de l'immunofluorescence remonte à plusieurs décennies déjà (4), mais ses applications en parasitologie, particulièrement dans le diagnostic expérimental des trypanosomiasés, selon la méthode indirecte, peuvent être considérées comme relativement récentes : maladie de Chagas à *Trypanosoma cruzi* par FIFE et MUSCHEL, 1959 (6), trypanosomiasés expérimentales ou naturelles dues à *T. rhodesiense* ou à *T. gambiense*, par SADUN et DUXBURY, 1963 (11) (12). D'autres applications pratiques, se rapportant cette fois aux trypanosomiasés des bovins, ont été réalisées ces dernières années par divers auteurs dont la plupart ont travaillé sur du bétail africain.

La présente note a pour objet de passer en revue les résultats que nous avons obtenus par la méthode d'immunofluorescence indirecte, telle qu'elle est pratiquée ici depuis 1972 à maintenant, dans le diagnostic et l'étude épizootiologique des trypanosomiasés bovines au Sénégal, et aussi de faire une étude critique de cette méthode en nous appuyant sur nos observations et celles d'autres expérimentateurs.

MATERIEL ET METHODES

1. Conjugués

Le conjugué commercial anti-sérum que nous avons utilisé au cours des premières épreuves ne nous ayant pas donné complète satisfaction, nous l'avons abandonné au profit de conjugués préparés dans notre laboratoire comme suit : inoculation pendant trois semaines à des lapins de sérum de bœuf; récolte du sérum de ces lapins, isolement des globulines par le sulfate d'Ammonium en solution saturée 4,6 M. Les fractions anti globulines de bovin sont conjuguées à l'isothiocyanate de fluorescéine après dialyse contre un soluté physiologique tamponné et détermination de la concentration protéi-

(*) Institut sénégalais de Recherches agricoles (I.S.R.A.) Laboratoire nat. de l'Elevage et de Recherches vétérinaires, B.P. 2057, Dakar, Sénégal.

(**) Institut de Technologie alimentaire, Dakar, Sénégal.

que au spectrophotomètre. La conjugaison est suivie d'épuisement à travers une colonne de Sephadex G 50, de concentration par le polyéthylène glycol P.M. 4 000 et de purification par une poudre de foie.

Plusieurs lots de conjugués ont été préparés et, au moment de l'emploi, titrés et étalonnés. La dilution optimale pour les épreuves de fluorescence est comprise entre 1/10 et 1/32. En plus de ces conjugués antiglobulines de bœuf, il a été préparé des conjugués anti-IgM de bovins trypanosomés pour comparer la sensibilité des réactions obtenues avec ces conjugués et les précédents. Dans certaines épreuves, on a pratiqué la contre-coloration par le Bleu d'Evans.

2. Antigènes

Les antigènes proviennent d'animaux de laboratoire (rat ou souris) pour les souches de *Trypanosoma brucei* et *T. congolense* et de chèvre pour les souches de *T. vivax*. A titre de comparaison, on a utilisé en outre un antigène *T. theileri* de culture. Tous ces antigènes sont étalés sur lames et fixés à l'acétone.

3. Sérums testés

a) *Infection expérimentale.* - Cinq veaux ont été infectés par une souche de *T. brucei* et leurs sérums récoltés respectivement aux 15^e, 22^e et 76^e jours après infection; puis ces animaux sont traités au 76^e jour par l'acéturate de Diminazène et saignés aux 15^e, 65^e, 106^e et 145^e jours après traitement à l'exception d'un veau mort avant le traitement). Cinq autres veaux ont été infectés par *T. congolense*; le sérum est récolté uniquement, au 33^e jour après infection; puis les animaux sont traités (sauf un, mort avant traitement) et leurs sérums récoltés comme ci-dessus aux 15^e et 65^e jours pour les 4 animaux, aux 106^e et 145^e jours pour 2 d'entre eux.

Dans une épreuve plus récente, le sérum de deux bœufs a été analysé 15 j, 21 j et 28 j après infection par une souche de *T. congolense* qui était l'objet d'un test de virulence.

Au cours de ces épreuves, le sérum d'animaux témoins non infectés a été récolté parallèlement.

Tous les bovins d'expérience sont de race Zébu et ils ont été maintenus au laboratoire

pendant plus d'un an pour les différentes expériences.

Pour chaque animal, on a procédé à une analyse parasitologique du sang : un des veaux infectés par *T. brucei* avait des microfilaries de *Setaria* sp. D'autres part, l'hémoculture a révélé la présence de *T. theileri* chez un des animaux infectés avec *T. congolense*.

b) *Infection naturelle.* - Les sérums testés ici proviennent de bovins de diverses régions du Sénégal, situées dans l'aire de distribution des glossines, mais aussi, à titre de comparaison, hors de cette zone. Chaque prélèvement de sérum est accompagné de frottis et gouttes épaisses colorées au Giemsa suivant la méthode standard de détection des trypanosomes. Dans certains cas, le sang des animaux a fait l'objet d'hémoculture pour déceler *T. theileri*, comme ci-dessus. Enfin dans quelques localités, on a procédé à des récoltes de sang sur papier filtre pour analyse d'immunofluorescence par la méthode des confettis selon CUNNINGHAM *et al.*, (5).

4. Epreuves et résultats

Les étapes de la méthode indirecte d'immunofluorescence ont été codifiées dans de nombreuses publications et il n'y a pas lieu d'y revenir ici. Nous avons suivi les différentes phases, comme indiqué par AMBROISE-THOMAS, (1) (2), à qui revient le grand mérite d'avoir étudié par ce procédé dix parasitoses différentes, en analysant plus de 14 000 sérums.

Les lectures sont pratiquées sur microscope Wild M 20 doté d'une base de fluorescence utilisant une lampe à vapeur de Mercure HBO 200. Un équipement de microphotographie permet de prendre des photographies en noir et blanc ou en couleurs; nous avons utilisé avec de bons résultats un film Ansco 200 ASA.

L'interprétation des résultats a souvent posé des problèmes difficiles du fait de la subjectivité liée à l'appréciation du degré de fluorescence. Dans les premières épreuves, celles de diagnostic individuel, nous avons adopté l'échelle proposée par WERY *et al.*, (18) dans une étude de la maladie du sommeil :

- Trypanosomes à peine visible sur fond noir : ±
- Trypanosomes visibles, mais sans vraie fluorescence : +

- Trypanosomes contrastant sur fond noir et avec une pâle fluorescence : ++
- Trypanosomes présentant une fluorescence brillante sur fond noir : +++
- Trypanosomes présentant une fluorescence très brillante sur fond noir : ++++

Pour simplifier la représentation des résultats, cette échelle est chiffrée ici de zéro à 4, suivant l'intensité croissante.

D'un point de vue pratique, seules les réactions de degré 3 et 4 sont considérées comme positives; celles de degré 2 sont douteuses et au-dessous elles sont négatives. Dans les tests d'épizootiologie, on s'est borné à sérier les cas en positifs et négatifs sans chiffrer l'intensité de la fluorescence.

Enfin, nous avons suivi Ambrois-Thomas (1) pour présenter certains résultats par le calcul statistique de la moyenne géométrique des titres d'anticorps (geometrical Mean Reciprocal Titer (G.M.R.T.) selon Waugh :

$$G M R T = \text{antilog } \Sigma (\log x) / N$$

où x représente les titres réciproques d'anticorps, c'est-à-dire l'inverse des différents titres d'anticorps,

f le nombre de sérums qui ont respectivement donné chacun de ces titres,

N le nombre total de sérums.

Cela revient à prendre l'antilog de la valeur obtenue en divisant par le nombre total de sérums analysés, la somme des produits du logarithme de l'inverse de chaque titre d'anticorps par le nombre de sérums réagissant à ce titre.

RESULTATS

1. Infections expérimentales

1. Infection expérimentale par *Trypanosoma brucei brucei*

Dans ce premier lot, 5 veaux inoculés le 11 décembre 1972 avec une souche maintenue sur souris, n'ont présenté de parasitémie lisible que le 8 janvier suivant (4 positifs sur 5); les semaines suivantes, la parasitémie est irrégulière, toujours faible, à l'exception du n° 55 qui présente une forte infection les 15 et 16 janvier 1973 et meurt le 17 février, soit 67 jours après l'inoculation; les quatre autres animaux sont traités par l'acéturate de Dimina-

zène le 26 février, soit 76 jours après l'inoculation. Les récoltes de sérum, opérées aux 15^e et 22^e jours qui suivent l'inoculation (parasitémie non décelée) ainsi qu'au 76^e jour (parasitémie lisible) donnent les résultats présentés dans les tableaux qui suivent.

TABL. N°I-Infection expérimentale à *T. brucei*, 15 jours après infection, antigène homologue.

N° des bovins		Dilutions des sérums			
		Pur	1/10	1/20	1/40
	352	0 à 1	1	1	2
	354	2	2	2	2
	355	0 à 1	1	0 à 1	0 à 1
	356	0 à 1	2	1	1
	358	2	2	2	2
Témoin négatif	359	0	0	0	0
Conjugué seul		Fluorescence nulle			

A l'absence de trypanosomes sur les frottis et gouttes épaisses, correspondent des réactions négatives de fluorescence, même à faible dilution. A noter cependant que le conjugué utilisé est une préparation commerciale dont les conditions de conservation ont pu altérer la qualité.

TABL. N°II-Infection expérimentale à *T. brucei*, 22 et 76 jours après infection, antigène homologue.

N° des bovins		22 jours après			76 jours après			
		1/10	1/20	1/40	1/40	1/80	1/160	1/320
Infectés	352	2	2	2	-	-	-	-
	354	3	3	2	4	4	4	2
	355	2	2	2	4 ⁺	4 ⁺	3 ⁺	3 ⁺
	356	1	1	2	3	3	3	2
	358	1	1	1	3	3	3	2
Témoins négatifs	359	1	0	0	-	-	-	-
	353	-	-	-	1	1	1	0
	284	-	-	-	1	1	0	0
Conjugué seul		Fluorescence nulle						

Dans ces deux premiers tableaux, on note qu'à mesure que l'infection se prolonge, les réactions sont positives à des dilutions de plus en plus élevées. Le sérum du bovin n° 355 correspond au 67^e jour (+). Quelques uns de ces sérums ont été testés contre un antigène *T. congolense* mais les résultats sont peu nets,

même avec des sérums qui réagissent à dilution élevée sur l'antigène *T. brucei*.

TABL. N° III-Comparaison des résultats du tableau n° II

Dates	Titres	Sérum réagissant	Total analysé	GMRT
22e j.	négatif	4	5	1,8
	1/10	0		
	1/20	1		
76e j.	négatif	0	4	190,2
	1/40	0		
	1/80	0		
	1/160	3		
	1/320	1		

2. Infection expérimentale par *Trypanosoma congolense*

Un second lot de 5 veaux a été inoculé le 23 janvier 1973 avec une souche de *T. congolense*, maintenue sur souris. La parasitémie est lisible une semaine après, et le 3 février tous les animaux présentent un très grand nombre de trypanosomes dans le sang. Ils restent fortement parasités jusqu'à leur traitement le 26 février (soit la même date que les animaux du premier lot). Un des animaux est mort le jour où a été prise la décision de traitement, soit 34 jours après l'inoculation, et les autres ont fait l'objet de récolte de sérum.

Les sérums du 34^e jour ne réagissent que faiblement (fluorescence 2 à 1/80 et 1 à 1/160) avec un antigène hétérologue *T. brucei* et encore plus faiblement avec un antigène homolo-

gue. Les mêmes faits ont été constatés avec des sérums récoltés 15, 21 et 28 jours après infection de deux zébus soumis à un test de virulence de *T. congolense*. L'antigène *T. brucei* nous a semblé meilleur, que l'infection soit due à *T. congolense* ou à *T. brucei*.

3. Persistance des anticorps après traitement des 2 lots

Les 2 lots d'animaux, traités le même jour, ont fourni des sérums analysés aux 15^e, 65^e, 106^e et 145^e jour qui suivent le traitement. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau n° IV.

Les réactions obtenues avec les sérums des animaux à *T. congolense* sont sensiblement de même intensité qu'avant le traitement: elles restent faibles. Quant aux animaux antérieurement infectés par *T. brucei*, ils continuent à héberger des anticorps qui persistent à un niveau élevé jusqu'au 145^e jour, comme l'indique d'autre part la G.M.R.T. qui reste égale à 160 dans les quatre périodes du tableau.

4. Réinfections suivies de traitement

Un an après le début de l'expérimentation, certains animaux ont été réinfectés: le n° 365 par *T. brucei* (14 janvier 1974) le n° 354 par *T. vivax* (le 24 janvier 1974). Tous ces bovins ont été traités le 4 mars 1974 alors qu'ils présentaient une parasitémie marquée. Ensuite, les sérums, récoltés tous les 15 jours ont donné les résultats suivants avec un antigène *T. brucei* (tableau n° V).

TABL. N° IV-Persistance des anticorps après traitement: comparaison entre les deux lots d'après l'échelle de fluorescence.

N° des bovins		Infection initiale	Antigène	15 j. après		65 j. après		106 j. après		145 j. après	
				1/80	1/160	1/80	1/160	1/80	1/160	1/80	1/160
Initialement infectés	354	<i>T. brucei</i>	<i>T. brucei</i>	3	3	3	3	3	-	3	3
	356	<i>T. brucei</i>	<i>T. brucei</i>	3	3	3	3	3	-	-	-
	358	<i>T. brucei</i>	<i>T. brucei</i>	3	3	3	3	3	-	-	-
	285	<i>T. congolense</i>	<i>T. brucei</i>	2	2	2	1	-	-	-	-
	351	<i>T. congolense</i>	<i>T. brucei</i>	2	2	2	2	1	-	(2)?	1
	359	<i>T. congolense</i>	<i>T. brucei</i>	1	1	1	1	-	-	-	-
365	<i>T. congolense</i>	<i>T. brucei</i>	2	1	1	0	1	-	(2)?	1	
Témoins	353		<i>T. brucei</i>	1	0	1	0	-	-	-	-
	284		<i>T. brucei</i>	0	0	0	1	-	-	-	-
	289		<i>T. brucei</i>	0	0	1	0	0	-	0	0
Conjugué seul			<i>T. brucei</i>	Fluorescence nulle							

TABL. N°V-Degré de fluorescence dans les réinfections suivies de traitement.

N° des bovins	Infection initiale	Seconde infection	Avant traitement		Après traitement			
			Durée	Réaction	15 jours	30 jours	45 jours	60 jours
365	<i>T. congolense</i>	<i>T. brucei</i>	49 jours	4	4	3	3	3
354	<i>T. brucei</i>	<i>T. vivax</i>	39 "	3	3	3	3	1
357	<i>T. congolense</i>	<i>T. congolense</i>	38 "	3	3	2	1	1
359	<i>T. congolense</i>	<i>T. congolense</i>	38 "	3	3	1	1	1

Les observations ci-dessus ne portent que sur quelques animaux mais permettent, en première approche, de faire quelques comparaisons. Les animaux initialement infectés, puis réinfectés par *T. congolense* ont une production d'anticorps plus élevée qu'au cours de leur première infection, après une évolution de la maladie en un nombre de jours voisins (34 jours et 39 jours), mais il y a pareillement une baisse assez rapide du niveau des anticorps. Lorsque l'infection initiale est due à *T. congolense* et la consécutive à *T. brucei*, le niveau des anticorps est très élevé et semble se maintenir assez longtemps, comme on a pu le constater précédemment. L'intensité des réactions hétérologues observées avec *T. vivax* est assez forte et la persistance des anticorps plus longue que dans l'infection due à *T. congolense* mais plus faible que dans celle due à *T. brucei*.

A la lumière des observations résumées dans les tableaux n° IV et n° V, on ne saurait préjuger de la durée réelle de persistance des anticorps mais un fait est certain qui est de la plus grande importance en matière de diagnostic individuel, c'est que les réactions d'immunofluorescence sont positives avec les sérums d'animaux antérieurement infectés depuis plusieurs semaines mais guéris ensuite tant sur le plan clinique que sur le plan parasitologique, grâce à un traitement trypanocide; les réactions restent positives, selon les espèces de trypanosomes, plusieurs mois après le traitement.

5. Spécificité des réactions en fonction des antigènes

En opposant les sérums des animaux d'expérience à différents antigènes, on a pu constater :

a) que l'antigène *T. brucei* réagit fortement avec les sérums homologues et les sérums hétérologues; cet antigène s'est révélé le meilleur pour la pratique de l'immunofluorescence des trypanosomiasés animales;

b) que l'antigène *T. congolense* donne de moins bonnes réactions, même avec des sérums qui lui sont homologues;

c) que l'antigène *T. vivax* réagit bien avec les sérums homologues mais aussi, de façon égale, avec d'autres sérums;

d) que l'antigène *T. theileri* de culture donne une réaction de fluorescence avec un sérum provenant d'une infection à *T. brucei*, mais à la dilution 1/10.

Nous n'avons pu disposer que d'un sérum de bovin uniquement parasité par *T. theileri* et il n'est positif qu'à 1/10 avec l'antigène homologue.

Il apparaît en tout cas que la méthode d'immunofluorescence indirecte, telle que pratiquée ici, ne permet pas, du fait des réactions croisées, un diagnostic monospécifique des espèces de trypanosomes. Cette constatation, ajoutée à la persistance des anticorps chez un animal traité, limite considérablement l'intérêt de la méthode dans le diagnostic des trypanosomiasés animales. Mais qu'en est-il lorsqu'il s'agit de surveillance épizootologique ?

2. Infections naturelles et surveillance épizootologique

De mai 1973 à avril 1975, plusieurs centaines de sérums ont été analysés, provenant de bovins d'origine ou de répartition géographique diverse, pour juger de la valeur de la méthode d'immunofluorescence dans l'étude épizootologique des trypanosomiasés. Conjointement, pour chaque préparation sérologique, des lectures de lames colorées au Giemsa permettent une étude critique des résultats obtenus. Toutes les épreuves ont été faites en utilisant comme antigène *T. brucei*.

1. Bovins de Koungheul et Kaffrine

L'enquête relatée ici porte d'une part sur

des troupeaux d'unités expérimentales suivies par le Centre de Recherches agronomiques de Bambey et situées autour de Koungheul, d'autre part sur des animaux de Kaffrine. Les localités intéressées sont hors de la limite de distribution des glossines et les animaux ne risquent que très faiblement d'être trypanosomés.

Au total, 152 animaux ont été contrôlés par frottis et gouttes épaisses. Aucun n'héberge apparemment de trypanosomes. Par contre, 12 d'entre eux sont parasités soit par *Babesia mutans*, soit *Anaplasma marginale*, soit enfin des microfilaires de *Setaria*.

L'étude de 83 échantillons de sang prélevés sur papier filtre dans les villages des unités expérimentales a donné des résultats négatifs en immunofluorescence avec un antigène *T. brucei* et une dilution sérologique sensiblement égale à 1/80 (disque imprégné de sang de 9 mm de diamètre, élué dans 1,3 ml de tampon phosphate). Négatifs aussi sont les résultats obtenus avec 36 sérums récoltés à Kaffrine et dilués à 1/80.

Les animaux hébergeant des parasites autres que les trypanosomes font partie des 119 dont le sang a été analysé et on peut dire qu'il n'y a pas de réaction croisée entre les trypanosomes et les autres parasites sanguins trouvés chez ces bovins.

2. Bovins de Sokone

Les animaux de cette localité sont soumis à un grand risque de trypanosomiase du fait de la présence de glossines (*Glossina palpalis gambiensis* et *G. morsitans submorsitans*). La plupart des bovins élevés sont de race Ndama mais on trouve aussi des Diakoré, métis de Zébu et Ndama. Sur 66 bovins, 7 ont une parasitémie apparente sur les lames colorées, (5 *T. congolense* et 2 *T. vivax*), soit 10,6 p. 100. Par la méthode d'immunofluorescence, 18 réactions sont positives sur les 27 sérums récoltés, soit 66 p. 100 : 11 réagissent à 1/80 et 7 à 1/320. Le calcul de la G.M.R.T. donne 26,5 dans cette observation. Il n'y a pas de réactions croisées avec *Babesia begemina* et les microfilaires.

3. Zébus Guzera du Brésil

Leur état est inconnu : il s'agit de 24 animaux, importés du Brésil et mis en quarantaine à Dakar. Aucun n'a de parasitémie lisible et les hémocultures pour déceler *T. theileri* sont

aussi négatives. A l'immunofluorescence, le sérum de 4 des animaux est à la limite du positif, à la dilution 1/80, et celui des 20 autres est négatif. En considérant les 4 sérums comme positifs à 1/40, on obtient un G.M.R.T. égal à 1,8. Ces animaux sont vraisemblablement indemnes de trypanosomiase.

4. Zébus du département de Matam

La surveillance porte sur une région sans glossines. Dans un effectif de 128 Zébus, les lames colorées au Giemsa n'ont révélé de trypanosomes que chez 2 d'entre eux (*T. vivax*, *T. theileri*). L'immunofluorescence, pratiquée sur 29 sérums et à deux reprises, donne des résultats différents : tous les sérums sont positifs entre 1/80 et 1/320 et la G.M.R.T. est égale à 156,3. Bien que, dans leur grande majorité, ces animaux n'hébergent pas de trypanosomes, on peut dire qu'il y a eu une forte enzootie dans les semaines ou les mois qui ont précédé les prélèvements. L'enquête nous a révélé que, du fait de la sécheresse, ils ont en effet transhumé dans le sud du pays, infesté de glossines, et qu'au cours de cette transhumance ils ont pu contracter la trypanosomiase. De plus, ces bovins venaient de recevoir un traitement trypanocide dans le cadre d'une « opération de sauvegarde du bétail ».

5. Bovins de l'arrondissement de Maka

Les animaux des agglomérations visitées sont des croisements de Zébus et Ndama. Les prospections, faites en mars 1974, n'ont permis de déceler que de très rares glossines autour de Maka (*G. morsitans submorsitans* et *G. palpalis gambiensis*). Sur 209 analyses microscopiques, il n'y en a qu'une seule positive (*T. vivax*) tandis que sur les 24 sérums rapportés au laboratoire, 12 sont positifs à 1/80 (G.M.R.T. = 89). L'état des animaux est relativement bon et on constate une moindre enzootie de la trypanosomiase par rapport à une situation antérieure. Cela est lié à une très faible infestation en glossines du fait de la sécheresse de 1973.

6. Zébus de Dahra

Huit analyses sérologiques sur des Zébus du Centre de Recherches zootechniques de Dahra ont donné des résultats négatifs. Cela confirme l'absence de trypanosomiase dans ce centre, très éloigné des régions à glossines. Il en est de même pour 9 autres analyses faites en février 1975.

TABL. N°VI-Analyse de sérums récoltés à Kolda.

Villages	Nég.	1/40	1/80	1/160	1/320	N	G.M.R.T.
Madina Yéro Bula	3	1	3	3	0	10	24,6
Saré Guéladio	9	2	3	3	2	19	12,0
Bantan Kountouyel	4	0	0	0	0	04	-
Fafakourou	1	3	3	1	3	11	69,1
Santankoyel	3	4	3	2	1	13	29,0
Saré Sara	2	2	0	0	0	04	-
Cuiro Bocari	1	1	1	0	0	03	-
Dar Salaam	1	1	0	0	0	02	-
Mahon Bantanto	1	0	0	0	0	01	-
Lingueto	1	0	0	0	0	01	-
Madina Ladji	0	0	0	0	1	01	-
Kolda	26	14	13	9	7	69	16,8

7. Ndama de Kolda

Au cours de mai 1974 des enquêtes dans différents troupeaux de l'agglomération de Kolda, portant sur 298 bovins de race Ndama ont donné 34 cas positifs par la méthode standard (*T. congolense* ou *T. vivax*), soit 11,4 p. 100. C'est une incidence non négligeable d'autant plus qu'il s'agit d'animaux de race Ndama. La présence de *T. theileri* n'a été constatée que sur 2 lames mais une étude antérieure par hémoculture nous avait montré une incidence de cette espèce chez plus de 70 p. 100 des bovins de l'agglomération (15). L'analyse de 69 sérums prélevés dans plusieurs villages donne les résultats suivants (toujours avec l'antigène *T. brucei*) :

Les animaux positifs parasitologiquement sont positifs à l'immunofluorescence sauf un, infecté par *T. vivax*. Beaucoup d'animaux parasitologiquement négatifs sont positifs à l'immunofluorescence et on atteint 62,3 p. 100 de réactions positives. Il est à noter que les titres d'anticorps se rapportent ici à des réactions obtenues avec un conjugué anti-IgM bovine et qu'ils sont sans doute moins élevés que dans des réactions qui utiliseraient un conjugué anti-globulines totales.

DISCUSSION

De toute évidence, l'interprétation des faits est malaisée avec la méthode indirecte d'immunofluorescence et de nombreuses questions doivent être posées avant toute conclusion. L'acceptation d'un résultat comme positif est,

TABL. N°VII-Récapitulation des résultats des enquêtes

Localité	Glossines	Trypanosomes pathogènes	GMRT
Dahra	néant	néant	0
Koungheul	néant	néant	0
Kaffrine	néant	néant	0
Brésil	néant	néant	1,8
Maka	<i>G. morsitans</i> subm. <i>G. palpalis</i> gamb. (Très rares)	<i>T. vivax</i> (1 fois)	8,9
Sokone	<i>G. morsitans</i> subm. <i>G. palpalis</i> gamb.	<i>T. congolense</i> <i>T. vivax</i>	26,5
Kolda	<i>G. morsitans</i> subm. <i>G. palpalis</i> gamb.	<i>T. congolense</i> <i>T. vivax</i>	16,8
Matam	néant (mais transhumance)	<i>T. vivax</i> (1 fois)	156,3

à la limite, lié à quelque subjectivité de l'observateur. Un sérum qui réagit à 1/40 peut certainement être considéré comme positif mais sans doute pas à une dilution plus basse (22). En tout cas, pensons-nous, il y a lieu, pour un même animal, de faire une gamme de dilutions permettant de procéder à des évaluations critiques dans l'échelle de fluorescence adoptée avec un même antigène.

La méthode quoique sensible, ne permet pas de faire un diagnostic de trypanosomiase n'ayant évolué que quelques semaines. Cette opinion est partagée par MWAMBU et OMA-SET, (9) qui pensent que les anticorps ne sont décelables qu'à la phase clinique de la maladie; de même par ASHKAR et OCHILO, (3) et WILSON, (22).

Cette sensibilité est plus grande dans le système antigène-anticorps homologues de *T. brucei* qu'elle ne l'est dans les réactions hétérologues. L'antigène *T. congolense* nous a donné de mauvais résultats même avec des sérums homologues, mais il faut préciser que la souche utilisée a été passée plusieurs centaines de fois sur souris. En utilisant comme antigène *T. brucei* dans les épreuves de diagnostic et d'épizootologie, il ressort des résultats que la méthode d'immunofluorescence n'a dans les trypanosomiasés qu'une spécificité de groupe (nous préférons dire : réactivité générique, en l'apposant à une réactivité spécifique). En effet, on distingue bien cette maladie des autres affections parasitaires du sang : des bovins sans trypanosomes mais portant *Babesia bigemina*, *B. mutans*, *Anaplasma marginale* ou des microfilaires de *Setaria sp* n'ont, d'après nos observations, donné aucune réaction positive avec un antigène *Trypanosoma*. Par contre, au niveau spécifique, il y a des réactions croisées et celles-ci ne sont pas neutralisées par la contre coloration au Bleu d'Evans. Cela confirme de nombreuses observations : WAIN et BURRIDGE, (17) notent des réactions croisées entre *T. vivax* et *T. congolense*; ZWART et al., (24) entre *T. brucei*, *T. congolense* et *T. vivax*, mais ils constatent cependant à haute dilution des différences importantes entre réactions homologues et réactions hétérologues. Enfin WILSON et al., (23) trouvent, comme nous, des réactions croisées entre souches pathogènes (*T. congolense*, *T. brucei* et *T. vivax*) et souches non pathogènes (*T. theileri*) bien que, dans ce dernier cas, le titre des anticorps réagissant soit très faible (1/20 et même pas 1/40). Ce fait est important, car une réaction positive à une dilution plus élevée avec un antigène d'espèce pathogène peut être attribuée à une maladie présente ou passée. Mais il restera difficile de déterminer l'espèce en cause. Cette constatation d'une limite dans le diagnostic monospécifique a aussi été faite par Van MEIRVENNE, (16), ainsi que MEHLITZ et DEINDL, (7) et enfin POLITZAR, (10). Toutefois, SCHINDLER (13), pense que la méthode pourrait conduire à un diagnostic monospécifique des espèces du fait que, selon ses observations, les réactions croisées sont faibles. Il est certain qu'on pourrait, avec plusieurs dilutions éprouvées contre plusieurs antigènes, présumer le trypanosome en cause, mais alors la méthode cesse d'avoir un intérêt pratique pour un diagnostic et une surveillance épizootologi-

que rapides chez les animaux. Toutefois, sa valeur comme méthode de recherches pour caractériser les anticorps au cours des trypanosomiasés est indéniable, comme l'ont montré entre autres les expériences de WILSON, (21) et celles de MONIER et al. (8).

Un autre inconvénient lié à la méthode est l'impossibilité de distinguer un animal réellement trypanosomé d'un autre qui l'a été mais a reçu une drogue trypanocide dans un passé récent. Beaucoup insistent sur ce fait, entre autres WIESENHUTTER, (19); SEYDI (14).

A ces restrictions près, la pratique de l'immunofluorescence indirecte garde un intérêt dans les études d'épizootologie. WIESENHUTTER, (20) pratiquant des enquêtes en Tanzanie sur 1330 Zébus en zone infestée de glossines et 1170 autres dans une zone indemne arrive à des résultats comparables à ceux de la méthode classique. De même ASHKAR et OCHILO (3) qui ont pratiqué au Kenya des analyses sur 411 bovins à l'aide de sérums et de prélèvements sur papier filtre trouvent des réactions positives dans 85 à 89 p. 100 des cas d'infection décelés parasitologiquement. Mais ces auteurs précisent que le diagnostic individuel est imprécis.

CONCLUSIONS

Dans le diagnostic et l'étude épizootologique des trypanosomiasés animales par la méthode indirecte d'immunofluorescence, les incertitudes l'emportent sur les preuves irréfutables :

- si la méthode est très sensible pour déceler la maladie à la phase clinique, elle ne permet pas cependant de dépister les infections précoces même lorsqu'il y a parasitémie;
- de plus elle conduit à déceler plus de cas positifs qu'il n'y a de bovins réellement trypanosomés, surtout lorsque les animaux sont soumis à des traitements trypanocides;
- la méthode n'a principalement qu'une réactivité générique permettant de distinguer les trypanosomiasés des autres affections parasitaires; la réactivité spécifique pour distinguer les différentes espèces de trypanosomes existe cependant, mais il n'est pas pratique de faire de nombreuses réactions pour, en définitive, n'aboutir qu'à des résultats exprimés avec probabilité.

De plus, il est souvent malaisé de faire des saignées dans des troupeaux et de conserver des sérums au cours des tournées.

Un des avantages de la méthode est qu'on peut assez rapidement faire un grand nombre de réactions en économisant les lames et les réactifs. Cependant, toutes proportions gardées, elle est onéreuse du fait des réactifs biologiques et des lampes à vapeur de Mercure qui sont

d'un prix élevé pour une durée d'utilisation relativement courte.

Nous concluons en disant que l'immuno-fluorescence indirecte a surtout un intérêt dans les études d'épizootiologie ou les recherches sur les anticorps; sa valeur pratique en matière de diagnostic est plus limitée car les réactions positives laissent des incertitudes.

SUMMARY

Value of the indirect fluorescence antibody test in the diagnosis and the epizootiological survey on bovine trypanosomiasis

The present paper reviews the results obtained in using the indirect fluorescent antibody test in diagnosis and epizootiological survey of bovine trypanosomiasis in Senegal and sums up several critical considerations about the value of this method. The IFT is a quite sensitive method but it fails to detect early cases of Trypanosomiasis. Besides this fact, it leads to more positive cases than do exist really infected animals, mainly when cattle are periodically treated. The IFT gives good generic reactivity allowing distinction between trypanosomiasis and other blood parasitic diseases. However at a specific reactivity level it appears that cross reaction between different Trypanosome species limit the value of the method in practical diagnosis purposes. Therefore the IFT seems to be of interest only in epizootiological survey on trypanosomiasis and in research on antibodies related to the diseases.

RESUMEN

Valor del método de inmunofluorescencia indirecta para el diagnóstico de las tripanosomiasis de los bovinos y su estudio epizootiologico

El autor pasa revista de los resultados obtenidos por el método de inmunofluorescencia indirecta utilizada para el diagnóstico y el estudio epizootiologico de tripanosomiasis de los bovinos en Senegal y discute de modo critico el valor del método. Este es muy sensible pero no permite rastrear las infecciones precoces. En cambio, demuestra más casos positivos de lo que hay animales atacados por la tripanosomiasis, sobretudo cuando se tratan periodicamente dichos animales.

El método tiene una buena reactividad genérica permitiendo distinguir las tripanosomiasis de otras enfermedades parastarias de la sangre. Al nivel de la reactividad específica, se compronan reacciones cruzadas entre las diferentes especies de tripanosomas, lo que limita el interes práctico en un objeto de diagnóstico. Sin embargo, se puede utilizar el método indirecto de inmunofluorescencia para los estudios epizootiologicos y las búsquedas sobre los anticuerpos en la tripanosomiasis.

BIBLIOGRAPHIE

1. AMBROISE-THOMAS (P.). Etude séro-immunologique sur dix parasitoses par les techniques d'immunofluorescence. Lyon, Institut de Médecine et d'Hygiène tropicales, 1969, 645 p.
2. AMBROISE-THOMAS (P.). Intérêt de l'immunofluorescence dans le diagnostic, le contrôle post-thérapeutique et la surveillance épidémiologique des parasitoses. *J. Parasit.*, 1970, 56 (4) : 4-5.
3. ASHKAR (T.) et OCHILO (M.). The application of the indirect fluorescent antibody test to samples of sera and dried blood from cattle in Lam-
bue Valley, South Nyanza, Kenya. *Bull. Wld. Hlth. Org.*, 1972, 47 (6) : 769-772.
4. COONS (A. H.) et CREECH (H. J.). Immunological properties of an antibody containing a fluorescent group. *Proc. Soc. exp. Biol.*, New York, 1941, 47 : 200-202.
5. CUNNINGHAM (P. M.), WILSON (A. J.) et KIMBER (C. D.). Modification of the indirect fluorescent antibody test as applied to bovine trypanosomiasis. *E. Afr. Trypanosomiasis Res.*

- Org., Tororo, Uganda, Annual Report, 1966, pp. 20-32.*
6. FIFE (E. H.) et MUSCHEL (L. H.). Fluorescent antibody technique for serodiagnosis of *Trypanosoma cruzi* infection. *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 1959, **101** : 540-543.
 7. MEHLITZ (D.) et DEINDL (G.). Serological studies on cattle experimentally infected with african trypanosomes. Preliminary communication. *Zeitschr. Tropenmed. Parasit.*, 1973, **23** (4) : 411-417.
 8. MONIER (J. C.), THIVOLET (J.) et Collab. Signification et valeur diagnostique des différents types d'anticorps anti-nucléaires mis en évidence par immunofluorescence sur frottis de sang de souris trypanosomées. *Lyon méd.*, 1970, **223** (20) : 1007-1018.
 9. MWAMBU (P. M.) et OMASET (P.). Evaluation of the indirect fluorescent antibody test as used in the diagnosis of bovine trypanosomiasis. *E. Afr. Trypanosomiasis Res. Org., Tororo, Uganda, Annual Report, 1967, pp. 23-24.*
 10. POLITZAR (H.). Serological studies on cattle experimentally infected with several species of african trypanosomes. *Z. Tropenmed. Parasit.*, 1974, **25** (1) : 22-27.
 11. SADUN (E. H.) et DUXBURY (R. E.). Fluorescent antibody reaction in *Trypanosoma rhodesiense* and *T. gambiense* in experimental animals. *J. Parasit.*, 1963, **49** : 380-384.
 12. SADUN (E. H.), DUXBURY (R. E.), WILLIAMS (J. S.) et ANDERSON (R. I.). Fluorescent antibody test for the serodiagnosis of african and american trypanosomiasis in man. *J. Parasit.*, 1963, **49** : 385-388.
 13. SCHINDLER (R.). Untersuchungen über die Brauchbarkeit serologischer Verfahren für die diagnose der Rinder Trypanosomiasis in Afrika. *Z. Tropenmed. Parasit.*, 1972, **23** (1) : 78-88.
 14. SEYDI (M.). Contribution à l'étude du diagnostic expérimental des trypanosomoses bovines par immunofluorescence indirecte au Sénégal. Thèse doct. vét. Dakar, 1974, n° 1, 99 p.
 15. TOURE (S. M.). Description complémentaire de *Trypanosoma theileri* Laveran, 1902. Mention particulière de formes observées en Casamance. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1968, **21** (3) : 365-373.
 16. VAN MEIRVENNE (N.), MOORS (A.) et JANSSENS (P. G.). Serological studies on animals experimentally infected by african trypanosomes. *Trans. r. Soc. trop. Med. Hyg.*, 1972, **66** (2) : 333-334.
 17. WAIN (E. B.), BURRIDGE (M. J.) et Collab. Incidence of bovine trypanosomiasis in South Bugosa. *E. Afr. Trypanosomiasis Res. Org., Tororo, Uganda, Annual Report, 1966, pp. 59-60.*
 18. WERY (M.), WERY-PASKOFF (S.) et VAN WETTERE (P.). The diagnosis of human african trypanosomiasis (*Trypanosoma gambiense*) by the use of fluorescent antibody test. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, 1970, **50** (5) : 613-634.
 19. WIESENHUTTER (E.). An evaluation of the indirect fluorescent antibody technique in bovine trypanosomiasis after chemoprophylaxis. *Z. tropenmed. Parasit.*, 1969, **20** (2) : 131-136.
 20. WIESENHUTTER (E.). Comparative studies on the value of the indirect fluorescent antibody test as an aid to diagnosis of bovine trypanosomiasis in Africa. *Z. tropenmed. Parasit.*, 1973, **24** (1) : 60-66.
 21. WILSON (A. J.). Pattern of common antibody in bovine trypanosomiasis. *Loc. cit.* 1967, p. 18.
 22. WILSON (A. J.). Value of the indirect fluorescent antibody tests as a serological aid to diagnosis of glossina-transmitted trypanosomiasis. *Trop. anim. Hlth. Prod.*, 1969, **1** (2) : 89-95.
 23. WILSON (A. J.), CUNNINGHAM (P. M.) et KIMBER (C. D.). The indirect fluorescent antibody test applied to bovine trypanosomiasis. *E. Afr. Tryp. Res. Org., Tororo, Uganda, Annual Report, 1966, pp. 28-29.*
 24. ZWART (D.), FERIE (N. M.) et Collab. A comparison of methods for diagnosis of trypanosomiasis in East African domestic ruminants. *Trop. anim. Hlth. Prod.*, 1973, **5** (2) : 79-86.

Parabronema longispiculatum n. sp. parasite stomacal de l'éléphant d'Afrique (*Loxodonta africana* Blumenbach, 1797)

par M. GRABER (*)

RESUME

L'auteur, à partir d'exemplaires recueillis dans l'estomac de deux Eléphants abattus au Tchad, décrit un nouveau Spiruridé, *Parabronema longispiculatum* que ses caractères morphologiques et ses dimensions permettent de distinguer d'une espèce voisine, également parasite stomacal de l'Eléphant d'Afrique, *Parabronema rhodesiense* YORKE et MAPLESTONE, 1926.

INTRODUCTION

A l'occasion de battues effectuées en 1969 près de N'Djamena (Fort-Lamy), dans les régions de Koundoul et de Gnamre (Préfecture du Chari-Baguirmi, République du Tchad), deux Eléphants (*Loxodonta africana* BLUMENBACH, 1797) ont été tués et autopsiés.

Dans l'estomac, ont été isolés des *Parabronema* dont les caractères morphologiques et les lésions qu'ils provoquent méritent de retenir l'attention.

MATERIEL ET METHODE

Au total, deux cent quatre vingt douze *Parabronema* ont été recueillis, soit soixante quatorze parasites (31 mâles et 43 femelles) dans l'estomac du premier animal et deux cent dix-huit (51 mâles et 167 femelles) chez le second.

Vingt mâles et vingt-cinq femelles ont été éclaircis au lacto-phénol, mesurés et dessinés.

En outre, au cours des deux autopsies, les lésions stomacales ont été soigneusement observées.

RESULTATS

I. Le parasite

I.1. Description

Les *Parabronema* sont des *Spirurida* appartenant, selon la nouvelle classification proposée par CHABAUD (6), à la famille des *Habronematidae*, sous-famille des *Parabronematinae*.

Ce sont des Nématodes de petite taille, à cuticule striée, dont les extrémités vont en s'aminçissant, surtout dans la région antérieure. Celle-ci, en forme de cône, présente une structure complexe caractéristique du genre *Parabronema* (3). La cuticule se plisse fortement en donnant naissance à six appendices ou « cordons » répartis en deux systèmes, l'un antérieur, l'autre postérieur (planche I). Ceux du système postérieur sont en forme de fer à cheval, comprimé latéralement, et se terminent à 132-168 μ de l'extrémité céphalique (tableau n° I). La tête, par ailleurs, porte une bouche entourée de pseudo-lèvres et de lèvres sur lesquelles s'insèrent quatre papilles latéro-médianes et quatre papilles médico-médianes.

L'ouverture buccale, limitée par des dents, débouche dans un vestibule cylindrique à parois épaisses dont les dimensions sont données au tableau n° I.

(*) Chaire de Parasitologie. Ecole Nationale Vétérinaire. 69337 Lyon Cedex I.

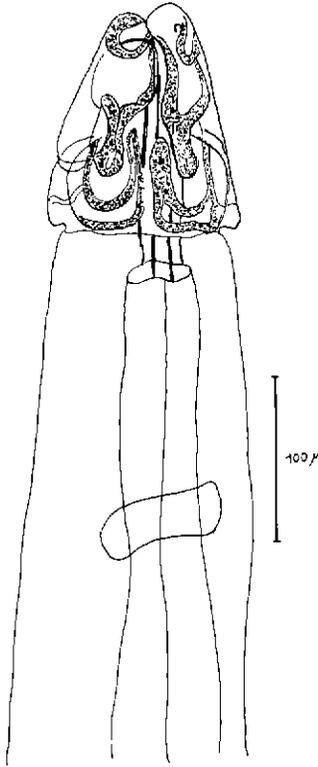


Planche I.

Parabronema rhodesiense longispiculatum.
Extrémité antérieure.

Lui succède un œsophage divisé en deux parties, une partie antérieure musculaire et une partie postérieure glandulaire, beaucoup plus longue et beaucoup plus large. L'anneau nerveux se trouve placé à 250-320 μ de l'apex (planche I). Déirides et pore excréteur sont un peu en arrière de l'anneau nerveux.

Il n'existe pas d'ailes latérales.

La femelle mesure 10,5 à 13,2 mm de long sur 307-420 μ de large. La vulve est située dans la région antérieure du corps, au voisinage de la terminaison de l'œsophage. La distance entre cet organe et l'ouverture vulvaire varie dans des proportions sensibles et semble dépendre de l'état de maturité sexuelle du parasite : 60 à 304 μ chez des femelles bourrées d'embryons, 720 μ chez une femelle immature.

L'ovjecteur, étroit et allongé, est pourvu d'un sphincter en S (planche III, figure 2). Ovaries et utérus ont la disposition classique des *Parabronema* (3, 5, 17).

La queue est courte, légèrement recourbée (planche III, fig. 1) et sa pointe est surmontée d'un petit bouton plus ou moins visible.

Les femelles sont vivipares et, dans l'utérus, s'accumulent des embryons de 48-54 μ , repliés

TABL. N°I-Dimensions comparées de *Parabronema rhodesiense* et de *Parabronema longispiculatum*

	<i>Parabronema rhodesiense longispiculatum</i>		<i>Parabronema rhodesiense</i>	
	Mâle (20)	Femelle (25)	Mâle	Femelle
Longueur (en mm)	6,3 - 7,9 (6,95 ⁺)	10,5 - 13,2 (11,7 ⁺)	7 - 8	9 - 10
Largeur (en μ)	236 - 307 (275,7)	307 - 420 (376,6)	-	-
Largeur de la tête (μ)	114 - 126 (121,6)	128 - 150 (138,3)	-	-
Distance des cordons postérieurs à l'extrémité antérieure (μ)	132 - 150 (151)	140 - 168 (149,1)	115	130 - 140
Vestibule (μ)	156 - 174 (165,1)	160 - 204 (176,5)	150	175
Distance à l'extrémité antérieure				
- de l'anneau nerveux (μ)	250 - 312 (278,4)	250 - 320 (287,4)	-	-
- du pore excréteur (μ)	324 - 372 (346,3)	348 - 420 (364,7)	-	-
Longueur de l'œsophage (mm)	1,6 - 1,8 (1,7)	1,8 - 2,18(1,97)	1,03	1,23
Stries cuticulaires (μ)	4 à 6	5 à 8	-	-
Spicules				
- droit (μ)	318 - 371 (344,4)	-	330	-
- gauche (mm)	1,18 - 1,52 (1,32)	-	612	-
Cubernaculum (μ)	36 - 54 (48,2)	-	-	-
Longueur crêtes caudales (mm)	1,06 - 1,32 (1,19)	-	-	-
Longueur de la queue (μ)	-	247 - 318 (282,7)	-	200
Distance de la vulve à l'extrémité postérieure de l'œsophage(μ)	-	60 - 340 (144,2)	-	860 - 900
Embryons (μ)	-	48 - 54	-	-

+ Les chiffres entre parenthèses indiquent les moyennes.

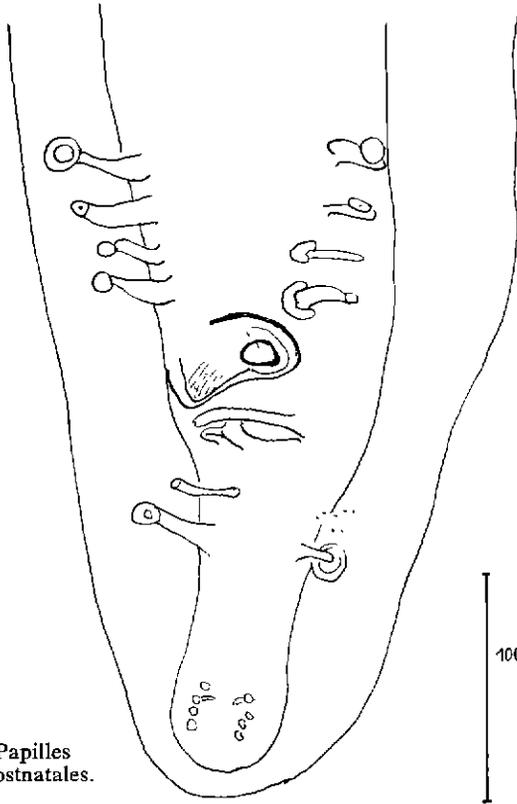


Fig. 1. - Papilles pré et postnatales. Détail.

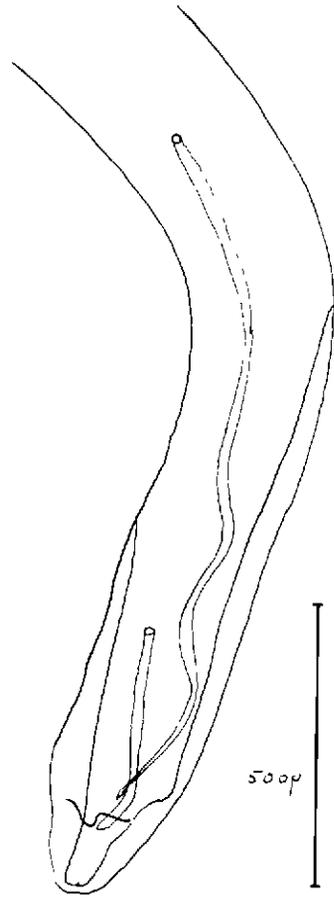


Fig. 2. Spicules.

Planche II. - Extrémité postérieure d'un mâle de *Parabronema rhodesiense longispiculatum*.

Fig. 1. - Queue.

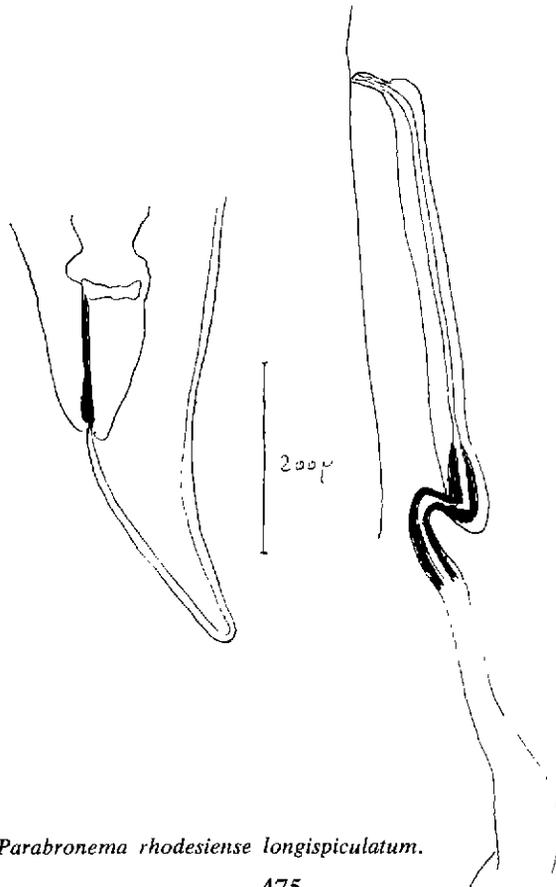


Fig. 2. - Ovojecteur.

Planche III. - Femelle de *Parabronema rhodesiense longispiculatum*.

sur eux-mêmes et entourés d'une fine membrane.

Le mâle est moins long que la femelle (tableau n° I). La queue, obtuse, est soutenue par deux faibles ailes latérales (planche II, figure 2). Elle s'enroule sur elle-même en spirale. Sa face ventrale, sur une longueur de 1,2 mm en moyenne, est couverte de stries longitudinales formant de véritables crêtes. Elle porte, en outre, plusieurs séries de papilles (planche II, figure I) :

- Quatre paires préanales.
- Deux paires post-anales. Les papilles de la paire la plus antérieure sont rejetées sur le plan médian et dissymétriques; la papille gauche est, en effet, plus proche du cloaque que celle de droite.
- Un groupe terminal comprenant quatre paires de très petites papilles et les phasmides.
- Une papille double est plaquée immédiatement en avant du cloaque : elle n'est pas toujours facile à observer.

Les spicules sont inégaux et dissemblables (planche II, figure 2). Le spicule gauche, très mince et à extrémité effilée, est presque quatre fois plus long que le spicule droit. Celui-ci, large et trapu, se termine en pointe mousse.

I.2. Discussion

On dénombre actuellement dix espèces de *Parabronema*, parasites de divers Mammifères domestiques et sauvages de l'ancien et du nouveau monde.

I.2.1. Quatre d'entre elles sont des Nématodes de grande taille dépassant 10 mm chez le mâle et 20 mm chez la femelle. La vulve est très éloignée de l'extrémité antérieure (plus de 4,3 mm) et l'ornementation céphalique est relativement simple. Les spicules sont ou plus longs, ou plus courts que ceux des Nématodes de l'Éléphant du Tchad. Il s'agit de :

- *Parabronema bonnei* VAN THIEL, 1925 découvert dans l'intestin d'un Singe hurleur du Surinam.
- *Parabronema okapi* (*) LEIPER, 1935, parasite de l'Okapi au Zaïre (4) et dans divers jardins zoologiques d'Europe (I).
- *Parabronema skrjabini* RASSOWSKA, 1924 qui affecte, en Afrique, l'Okapi (I), la Girafe, le Buffle, l'Hippotrague, l'ibex de Nubie

(28), le Dromadaire (10) et en Asie (Turkistan, Indes), le Chameau, le Dromadaire, le Bœuf, le Mouton et la Chèvre (21).

- La quatrième espèce, *Parabronema africanum* BAYLIS, 1921 est propre à l'Éléphant d'Afrique et a été recueillie au Zoo de Londres (3), en République démocratique du Congo, au Cameroun (5), au Liberia, au Zaïre (30) et en Afrique du sud (2). Le spicule gauche est très long (3,3 à 6,3 mm).

I.2.2. Deux autres espèces ne sont connues que par leurs femelles :

- *Parabronema pecariae* IVASHKIN, 1960 chez un Pécari du Texas;
- *Parabronema rhinocerotis* décrit par KHALIL (18) à partir d'une seule femelle provenant de l'intestin d'un Rhinocéros abattu en Ethiopie, à proximité de la rivière Ousmée (20).

Parabronema rhinocerotis est proche du *Parabronema* de l'Éléphant du Tchad, ce qui n'est guère étonnant, compte tenu du fait que les Nématodes de l'Éléphant se retrouvent fréquemment chez les Rhinocéros et réciproquement. Cependant, l'absence de mâle empêche de tirer des conclusions définitives.

I.2.3. *Parabronema smithii* COBBOLD, 1882, parasite stomacal de l'Éléphant d'Asie (*Elephas maximus*), est un très petit Nématode (4 mm chez le mâle; 8 mm chez la femelle). Les spicules sont courts, surtout le gauche (560 μ).

I.2.4. *Parabronema indicum* BAYLIS, 1921 de l'Éléphant d'Asie et *Parabronema roundi* FITZSIMMONS, 1962 du Rhinocéros africain ont à peu près la même taille que le *Parabronema* du Tchad (7,9-8,4 mm chez le mâle; 11,4-13,6 mm chez la femelle). Dans les deux cas, les spicules sont moins longs et la distance de la vulve à l'extrémité antérieure supérieure. De plus, le vestibule de *Parabronema roundi* mesure 192-220 μ (mâle) et 232-240 μ (femelle). Dans cette espèce, les déirides sont situées bien plus en avant, au niveau de la jonction vestibulo-œsophagienne.

I.2.5. L'espèce avec laquelle le *Parabronema* du Tchad a le plus d'affinité est *Parabronema rhodesiense*, décrit brièvement en 1926 par YORKE et MAPLESTONE à partir d'exemplaires prélevés dans l'estomac d'un Éléphant tué en Rhodésie (?), et revu depuis par Condy (9) dans le même pays et sur le même animal.

(*) Dans le sens où l'entend BAER (I).

Toutefois, la lecture du Tableau n° I montre qu'il existe entre les deux Nématodes de sensibles différences :

- L'œsophage et le spicule gauche des *Parabronema* du Tchad sont beaucoup plus longs;
- La vulve est placée plus près de la terminaison de l'œsophage;
- Chez la femelle, la longueur de la queue varie selon les individus. En moyenne, elle dépasse de 80 μ celle de *Parabronema rhodesiense*;
- La première papille post-cloacale gauche de *Parabronema rhodesiense* est plus éloignée du cloaque.

Dans ces conditions, il nous a paru opportun de proposer la création d'une nouvelle espèce, *Parabronema longispiculatum*.

II. Les lésions

Les *Parabronema* vivent en général dans l'estomac de leur hôte, exceptionnellement dans le foie et le cœur (5; 22).

Les lésions qu'ils provoquent sont de deux types :

II.1. Sur la grande courbure stomacale, apparaissent des plages enflammées et boursoufflées et, surtout, des ulcères plus ou moins nombreux, pouvant atteindre 4 à 5 cm de diamètre. Leurs bords relevés délimitent de petites cuvettes recouvertes de débris nécrotiques jaunâtres, au milieu desquels sont logés les *Parabronema*. La plupart s'enfoncent dans le tissu de nécrose. Cependant, certains d'entre eux peuvent se trouver libres à la surface de la muqueuse, en dehors de toute lésion : ils sont alors englobés dans une épaisse couche de mucus.

Ce sont essentiellement les cryptes stomacales qui sont envahies. Parfois, les parasites gagnent la muqueuse ou la sous-muqueuse.

L'organe réagit. On note la présence de nombreux éosinophiles et neutrophiles et, en profondeur, de plasmocytes et de lymphocytes. Progressivement, se forme un tissu de substitution de type granuleux (2).

Des lésions de cette nature ont été mises en évidence dans l'estomac de l'Eléphant n° I (Koundoul). Elles semblent assez fréquentes, tant chez l'Eléphant d'Asie porteur de *Parabronema smithii* (24) que chez l'Eléphant

d'Afrique : BASSON et Collab. (2) les ont rencontrées chez quinze des vingt-deux animaux sacrifiés au Parc National Kruger en Afrique du Sud, le parasite en cause étant, dans ce cas, *Parabronema africanum*.

II.2. Chez le second Eléphant (Gnamre), les lésions ont un tout autre aspect : les ulcères font place à des nodules, véritables pseudo-tumeurs, de taille variable, de consistance ferme et creusés de multiples cavités communiquant avec l'extérieur. Celles-ci renferment les *Parabronema* enfouis dans une matière grisâtre, purulente et nauséabonde.

Des observations semblables ont été faites à différentes reprises, principalement chez l'Eléphant d'Asie et des nodules ont été trouvés dans la paroi stomacale de Proboscidiens autopsiés en Australie (24) (*), en Allemagne au Zoo de Berlin (9) et, plus anciennement à Londres (8) (*).

Les lésions ulcéreuses de Parabronérose ressemblent à celles que l'on observe dans l'estomac des chevaux atteints d'habronérose à *Habronema muscae* ou à *Habronema microstomum* et les lésions nodulaires à celles de *Drauschia megastoma*.

Il existe, en effet, une parenté biologique étroite entre tous ces Spiruridés. On connaît, depuis les travaux d'IVASHKIN (14, 15), le cycle évolutif de *Parabronema skrjabini*. L'hôte intermédiaire est un *Muscidae*, de la sous-famille des *Stomoxynae*, *Lyperosia titillans* qui pond ses œufs dans les matières fécales fraîches des ruminants. Il en sort des larves qui, dans les mêmes excréments, absorbent les œufs de *Parabronema*.

Ceux-ci évoluent parallèlement aux métamorphoses que subit l'insecte : Larve L₁ chez la larve de *Lyperosia*, Larve L₂ chez la puppe, Larve L₃ chez l'imago. Les larves L₃ infestantes, obtenues au bout de 15 - 18 jours à la température de 20 - 28° C., se rassemblent dans le labium du *Lyperosia* parvenu au stade imaginal et perforent la membrane labellaire, lorsque l'insecte se pose sur les muqueuses de l'hôte définitif. Selon IVASHKIN (14), l'infestation des animaux se fait toujours par la voie buccale.

Il s'agit donc là d'un cycle en tout point comparable à ceux d'*Habronema muscae*, d'*Ha-*

(*) Par *Parabronema indicum*.

bronema microstomum et de *Draschia megastoma* (6, 12), avec cette restriction que, chez l'Eléphant, en cas de localisation extra-stomacale, on ne peut éliminer totalement l'éventualité de larves circulant dans le sang (5).

Du point de vue taxonomique, il est parfaitement logique d'inclure le genre *Parabronema* dans la famille des *Habronematidae*, à proximité des genres *Draschia* et *Habronema*. Cette notion qui a été défendue par BAYLIS (3) et par CHABAUD (7, 6) n'a pas toujours été admise : pendant longtemps, les *Parabronema*,

sur le simple fait qu'ils étaient pourvus de cordons céphaliques, ont été placés dans la famille des *Acuariidae* (1, 32) ou dans celle des *Histiocéphalidae* (25) ou encore dans celle des *Spiruridae* (16).

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier vivement Monsieur le Professeur CHABAUD et Madame A. PETTER de l'aide précieuse qu'ils ont apportée à l'élaboration de ce mémoire.

SUMMARY

Parabronema longispiculatum n. sp., a stomach parasite of african elephant (*Loxodonta africana* Blumenbach, 1797)

Numerous *Parabronema* were encountered in the stomach of two african Elephants shot near N'Djamena (Fort-Lamy), Chad.

With regard to the nearest species, *Parabronema rhodesiense* Yorke and Maplestone, 1926, some differences were observed in measurements of oesophagus, tail of female and left spicule of the male which are longer than in this species. The vulva likewise is situated almost immediately behind the posterior end of the oesophagus.

In consequence, the author considers this Nematode to belong to a distinct species and the name of *Parabronema longispiculatum* is proposed.

He gives some informations on the lesions caused by these parasites.

RESUMEN

Parabronema longispiculatum n. sp., parásito estomacal del elefante de Africa (*Loxodonta africana* Blumenbach, 1797)

En el estómago de dos elefantes matados cerca de NDjamena, Repùblica de Chad, se recogieron numerosos *Parabronema*.

En relación con la especie más próxima, *Parabronema rhodesiense* Yorke y Maplestone, 1926, se observaron las diferencias siguientes: longitud más importante del esófago, de la cola de la hembra y de la espícula izquierda del macho; posición de la vulva en función de la terminación del esófago. El autor considera que el *Parabronema* descubierto en Chad pertenece a una nueva especie, *Parabronema longispiculatum*, distinta de la de Yorke y Maplestone.

Da también algunos datos sobre las lesiones observadas.

BIBLIOGRAPHIE

1. BAER (J. G.). Etude critique des Helminthes parasites de l'Okapi. *Acta trop.*, 1950, 7, (2) : 164-192.
2. BASSON (P. A.), MCCULLY (R. M.), DE VOS (V.), YOUNG (E.), KRUGER (S. P.). Some parasitic and other natural diseases of African Elephant in the Kruger National Park. *Onderstepoort J. vet. Res.*, 1971, 38 (4) : 239-254.
3. BAYLIS (H. A.). A new genus of Nematodes parasitic in Elephants. *Parasitology*, 1921, 13 : 57-66.
4. BERGHE VAN DEN (L.), VUYLSTEKE (C.). Contribution à l'étude des parasites de l'Okapi (Deuxième partie). *Rev. Zool. Bot. afr.*, 1937, 29 (4) : 361-369.
5. CHABAUD (A. G.), MOUCHET (J.). A propos d'un Spiruridé *Parabronema africanum* BAYLIS, 1921, présent dans le cœur et le foie d'un Elefant. Remarques sur la filiation des cycles évolutifs entre Spiruridés et Filaires. *Bull. Soc. Path. exot.*, 1956, 49 (2) : 388-397.
6. CHABAUD (A. G.) in : ANDERSON (R. C.), CHABAUD (A. G.), WILLMOTT (S.), C.I.H. Keys to the Nematodes parasites of Vertebrates, Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1975, 3 (2) : 29-58.
7. CHABAUD (A. G.). Ordre des Spirurida in : GRASSE (P.), Traité de zoologie, Paris, Masson et Cie, 1965, 4 (3) : 1064-1074.
8. COBBOLD (T. S.). The parasites of Elephants. *Trans. Lin. Soc. London, Zool. II*, 1882, 4 : 223-258.
9. CONDY (J. B.). Observations on internal parasites in Rhodesian Elephant, *Loxodonta africana*

- Blumenbach, 1797. *Proc. Trans. Rhod. Sci. Ass.*, 1974, **55** (2): 67-99.
10. DAYNES (P.), GRABER (M.). Principales helminthoses des animaux domestiques en Ethiopie. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1974, **27** (3): 301-306.
 11. DOBBERSTEIN (J.). Ueber Sektionsbefunde bei den in zoologischen Därten gehaltenen. *Tieren Berl. Tierärztl. Wschr.*, 1936, **24**: 389-392.
 12. EUZEBY (J.). Les maladies vermineuses des animaux domestiques et leurs incidences sur la pathologie humaine. I. Maladies dues aux Nématelminthes, Fasc. I., Paris, Vigot frères, 1961.
 13. FITZSIMMONS (W. M.). *Parabronema roundi* n. Sp. (Nematoda: Spiruridae) from *Rhinoceros bicornis* in Kenya. *J. Helminth.*, 1962, **36** (1/2): 39-44.
 14. IVASHKIN (V. M.). La Parabronématose, une nouvelle helminthose des Ruminants. Epizootologie, prophylaxie, élucidation du cycle évolutif de son agent. *Bull. Off. int. Epizoot.*, 1958, **49 bis**, (1/12): 352-360.
 15. IVASHKIN (V. M.). Parabronemiasis in Ruminants. *Veterinariya*, 1959, **36** (6): 26-8 (en russe).
 16. IVASHKIN (V. M.). Nematodes of the subfamily Parabronematinae SKRJABIN, 1941, in the light of morphology and systematics. *Trudy gel'mint. Lab.*, 1960, **10**: 94-108 (en russe).
 17. KHALIL (M.). A revision of the Nematodes parasites of Elephants, with a description of four new species. *Proc. zool. Soc. London*, 1922, **15**: 215-219.
 18. KHALIL (M.). Une nouvelle espèce de *Parabronema* du Rhinocéros, *Parabronema rhinocerotis* n. Sp.; *Annls. Parasit. hum. comp.*, 1927, **5** (1): 37-40.
 19. LEIPER (R. T.). Helminth parasites obtained from the Okapi at post-mortem. *Proc. zool. Soc. London*, 1935, **349**: 949.
 20. ROUND (M. C.). Check-list of Helminth parasites of african Mammals, Farnham Royal, C.A.B. (Tech. Communication n° 38), 113-114.
 21. SARWAR (M. M.). On the transference of *Parabronema skrjabini* RASSOWSKA, 1924 to *Squammanema* THIEL, 1925 and its occurrence in sheep and goats in Indo-Pakistan. *J. Helminth.*, 1954, **28** (3/4): 149-150.
 22. SARWAR (M. M.), SHAIKH (I. Y.). Helminthiasis in an East Pakistan Elephant with a short review of the literature. *Ceylon vet. J.*, 1956, **4** (3): 84.
 23. SCHWARTZ (B.), ALICATA (J. E.). Description of two parasitic Nematodes from the Texas Pecary. *Proc. U.S. natn. Mus.*, 1933, **82** (15): 1-6.
 24. SENEVIRATNA (P.), JAYASINGHE (J. B.). Some parasites from the Ceylon Elephant (*Elephas maximus*). *Ceylon vet. J.*, 1969, **16** (1/2): 23.
 25. SKRJABIN (K. I.). On the rearrangement of the taxonomy of Nematodes of the *Acuariidae* and *Ancyracanthidae*. *Dokl. Akad. Nauk. S.S.S.R.*, 1941, **30**: 470-473 (en russe).
 26. SUTHERLAND (A. K.), O'SULLIVAN (P. J.), OHMAN (A. F. S.). Helminthiasis in an Elephant. *Aust. vet. J.*, 1950, **26** (4): 88-89.
 27. THIEL VAN (P. H.). Deux Nématodes nouveaux d'un singe hurleur du Surinam. *Annls. Parasit. hum. comp.*, 1925, **3** (2): 171-180.
 28. TRONCY (P. M.), GRABER (M.), THAL (J.). Note sur la présence de *Parabronema skrjabini* Rassowska, 1924 chez les ruminants sauvages d'Afrique. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1973, **26** (1): 93-116.
 29. VUYLSTEKE (C.). Nématodes parasites de l'Okapi. *Rev. Zool. Bot. afr.*, 1935, **27** (3/4): 313-318.
 30. VUYLSTEKE (C.). Notes sur les Nématodes parasites de l'Éléphant d'Afrique. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 1953, **48** (3/4): 213-239.
 31. WHESTHUYSEN VAN (O. P.). A monograph of the helminth parasites of the Elephant. *Onderstepoort J. vet. Sci. anim. Ind.*, 1938, **10** (1): 49-189.
 32. YORKE (W.), MAPLESTONE (P. A.). The Nematodes parasites of vertebrates. London, J. and B. Churchill, 1926, 337.

Essais de traitement des strongyloses digestives du mouton en zone tropicale par le Tartrate de Morantel (*)

par G. VASSILIADES (**) et S. M. TOURE (**)
(avec la collaboration technique de B. KEBE)

RESUME

L'activité anthelminthique du Tartrate de Morantel a été expérimentée dans le traitement des Strongyloses digestives sur 58 moutons du Sénégal naturellement infestés, à des doses comprises entre 5 mg/kg et 15 mg/kg, associé ou non à un anticoccidien, en comparant les coprologies parasitaires faites avant et après traitements et les variations pondérales des animaux.

Les résultats obtenus indiquent qu'à 8 mg/kg, l'efficacité du Tartrate de Morantel est quasi-totale, 14 jours après traitements, contre les Strongyles digestifs avec une croissance pondérale correcte, mais qu'à cette dose et même à une dose supérieure, son efficacité n'est que partielle contre *Strongyloides*.

Par ailleurs, l'adjonction d'un anticoccidien au traitement anthelminthique, paraît nécessaire pour obtenir un résultat optimal, du moins dans le cas particulier des moutons du Sénégal où l'incidence de la coccidiose est toujours très grave.

I. INTRODUCTION

L'activité anthelminthique du tartrate de Morantel a déjà été testée, tant du point de vue de l'efficacité que de la toxicité, en milieu tropical, avec dans l'ensemble, des résultats très satisfaisants.

TRONCY et OUMATE (5) observent au Tchad, chez le Zébu adulte, une bonne efficacité à 5 mg/kg contre *Cooperia*, *Haemonchus* et *Oesophagostomum* mais une efficacité seulement partielle contre *Bunostomum*. A 7,5 mg/kg, l'efficacité est totale sur tous les *Strongylidae* du Zébu et partielle pour *Trichuris*. Ces

auteurs concluent donc que le tartrate de Morantel, à 7,5 mg/kg, est très efficace et également très intéressant à cause de son absence totale de toxicité. Chez le veau de lait, ces mêmes auteurs (6) enregistrent une efficacité de l'ordre de 100 p. 100 contre *Neosascaris vitulorum* à 5 mg/kg, mais constatent, à cette même dose, que le tartrate de Morantel n'agit que très partiellement sur *Strongyloides papillosus* et estiment qu'avec des doses supérieures, le tartrate de Morantel pourrait se montrer actif contre cet helminthe.

Chez le Dromadaire, TRONCY et OUMATE, au Tchad (7), démontrent la disparition complète des *Strongylidae* 15 jours après traitement à 7,5 mg/kg, mais constatent là encore l'activité très médiocre sur *Strongyloides*.

GRETILLAT (2), au Niger, obtient, chez la chèvre de Maradi, à peu près les mêmes résultats à 8 mg/kg et conclut que le tartrate de

(*) « Exhelm II », commercialisé par Pfizer International. Recherches réalisées avec la participation financière de la société Pfizer International.

(**) I.S.R.A., Laboratoire National de l'Elevage et de Recherches vétérinaires, B.P. 2057, Dakar, République du Sénégal.

Morantel donne de très bons résultats contre les Strongles avec cependant une efficacité moindre contre les Anguillules.

Ailleurs dans le monde et à titre indicatif, il faut rappeler que l'efficacité du tartrate de Morantel a été surtout étudiée par RAYNAUD (4) en France qui a démontré la très bonne efficacité de ce vermifuge sur tous les Strongles digestifs des petits ruminants puisqu'à partir de 7,5 mg/kg, il élimine plus de 90 p. 100 des parasites adultes et immatures. Par ailleurs, GIBSON et PARFITT, en Angleterre (1), ont également confirmé l'excellente activité du tartrate de Morantel à la dose de 10 mg/kg.

Enfin tout récemment KATES et collab. (3), aux Etats-Unis, après une étude comparée de la valeur des anthelminthiques les plus récents, démontrent à leur tour que le tartrate de Morantel à 8 mg/kg est actif contre *Haemonchus* et *Trichostrongylus*, moins actif contre *Trichuris* et inactif contre *Strongyloides* chez des agneaux infestés artificiellement sur pâturages contaminés.

Au Sénégal, étant donné l'importance que revêtent les strongyloses digestives des petits ruminants, qui chaque année sont responsables d'une mortalité élevée, il a paru utile de reprendre ces essais, en tenant compte des résultats déjà obtenus ailleurs, pour tenter de définir une posologie précise à préconiser dans le traitement des strongyloses digestives du mouton.

II. EXPERIMENTATION : MATERIEL, METHODES ET PROTOCOLE

II.1. Animaux d'expérience

L'expérience est réalisée sur 60 moutons de race dite « peulh-peulh » âgés de moins d'un an, originaires de la région du Fleuve Sénégal, achetés aussitôt après leur arrivée au marché des abattoirs de Dakar, après un premier examen coprologique pour s'assurer qu'ils présentent au départ une infestation parasitaire naturelle suffisante. Ces moutons sont mis en stabulation au laboratoire, répartis par groupes de 5 en 12 boxes, pesés et marqués d'un numéro à l'oreille. Ils ne sont soumis à aucun régime alimentaire spécial pour rester dans les conditions naturelles qui leur sont normales mais bénéficient quand même des mesures d'hygiène

classiques pour contrebalancer en partie les inconvénients de la mise en stabulation.

II.2. Coproscopies et nombre d'œufs standard

Pour chaque mouton, est déterminé par coproscopie sur prélèvement intrarectal de matière fécale, le nombre d'œufs standard qui correspond au nombre d'œufs comptés sur une lame, étant bien entendu que pour toutes les analyses effectuées, les mêmes normes sont respectées (quantités de matières fécales traitées, coefficients de dilution, temps de broyage et de flottaison), la méthode utilisée étant la méthode d'enrichissement par flottaison en solution salée à saturation, valable aussi bien pour les œufs de Nématodes que pour les ookystes de Coccidies (méthode de Willis).

Cette estimation numérique relativement simple a l'avantage de permettre des comparaisons directes du nombre d'œufs standard dans les différents lots sans préjuger du nombre d'œufs par gramme d'excréments généralement utilisé comme critère et dont la précision est loin d'être satisfaisante à moins de faire appel à des techniques très complexes que nous n'avons pas la possibilité, dans les conditions actuelles, de mettre en application dans notre laboratoire.

II.3. Nature et importance du parasitisme observé

Les 58 moutons retenus pour l'expérimentation présentent dans l'ensemble un polyparasitisme grave constitué par l'association quasi-permanente des « Strongles » et des Coccidies.

II.3.1. Les « Strongles »

Les « Strongles » se répartissent en 2 groupes très faciles à distinguer à la coprologie :

- les « Strongles digestifs » courants et
- les « Anguillules » ou *Strongyloides*.

En effet, le diagnostic coprologique permet de distinguer 5 genres différents d'œufs que nous avons essayés de différencier au cours du décompte des œufs : *Haemonchus* sp., *Trichostrongylus* sp., *Oesophagostomum* sp., *Gaigeria* sp. et *Cooperia* sp., presque toujours associés chez un même hôte. Cependant, dans le calcul du nombre d'œufs standard, nous avons préféré regrouper ces œufs qu'il n'est pas toujours facile de distinguer sans risque de se tromper; par contre les œufs de *Strongyloides* et

d'*Eimeria*, reconnaissables aisément, sont comptés séparément.

Les identifications sur vers adultes effectuées après autopsies des moutons morts en cours d'expérience donnent les résultats suivants : (à titre indicatif sont également donnés les pourcentages d'infestation calculés d'après les résultats des examens coprologiques, en formulant les mêmes réserves que précédemment indiquées pour ce qui concerne la précision de la diagnose).

- *Haemonchus contortus* (Rudolphi, 1803) (94, 82 p. 100);
- *Trichostrongylus colubriformis* (Giles, 1892) (93, 10 p. 100);
- *Strongyloides papillosus* (Wedl, 1956) (93, 10 p. 100);
- *Oesophagostomum columbianum* (Curtice, 1890) (58, 62 p. 100);
- *Gaigeria pachyscelis* (Railliet et Henry, 1910) (36, 20 p. 100);
- *Cooperia curticei* (Railliet, 1893) (12, 06 p. 100).

II.3.2. Les Coccidies

- Genre *Eimeria* (98, 27 p. 100); avec au moins 6 espèces identifiées, généralement associées : *E. ninakolhyakimovae*, *E. arloingi*, *E. parva*, *E. ahsata*, *E. faurei* et *E. intricata*.

II.4. Constitution des lots et traitements

Après le calcul du nombre d'œufs standard pour chaque mouton, 6 lots sont constitués de façon à ce que dans chaque lot la moyenne du nombre d'œufs standard soit approximativement égale. Ceci conduit à réunir dans chaque lot des moutons dont le nombre d'œufs standard varie d'un maximum à un minimum, permettant ainsi une similitude du parasitisme dans chaque lot.

— Traitements

L'objet principal de la recherche est de tester l'efficacité du tartrate de Morantel, mais étant donné la très grande incidence de la coccidiose, il a paru intéressant d'administrer à certains lots un anticoccidien.

- *L'anthelminthique utilisé est le tartrate de Morantel* qui est un dérivé de la Pyrimidine

très voisin du tartrate de Pyrantel. Son nom scientifique exact correspondant à sa formule développée est : tartrate de trans-2 [2-(3-méthyl-2-thienyl) vinyl] 1-méthyl-1, 4, 5, 6 tétrahydropyrimidine. Il a été administré à des doses comprises entre 5 mg/kg et 15 mg/kg.

- *L'anticoccidien est le Cozurone* (commercialisé par Specia); c'est un mélange anticoccidien de 3 produits : la Pyriméthamine, l'Acétarsol et la Dapsone, utilisé uniformément à la dose de 1 sachet de 3,5 g pour 100 kg, par 24 heures, en 2 prises (0,035 g/kg).

— Protocole expérimental et posologies

- lot n° 1 : 1^{er} lot témoin, moutons non traités (10 moutons);
- lot n° 2 : 2^e lot témoin, moutons traités uniquement par anticoccidien (9 moutons);
- lot n° 3 : moutons traités par le tartrate de Morantel à la dose unique de 5 mg/kg (comprimés dosés à 150 mg) et anticoccidien (10 moutons);
- lot n° 4 : moutons traités par le tartrate de Morantel à la dose unique de 8 mg/kg (en solution à 4 p. 100) et anticoccidien (10 moutons);
- lot n° 5 : moutons traités par le tartrate de Morantel à la dose unique de 8 mg/kg (en solution à 4 p. 100) sans anticoccidien (10 moutons);
- lot n° 6 : moutons traités par le tartrate de Morantel à la dose unique de 15 mg/kg (comprimés dosés à 150 mg), sans anticoccidien (9 moutons).

II.5. Contrôles coproscopiques

Les contrôles coproscopiques sont effectués comme indiqués précédemment sur chaque mouton, 7 et 14 jours après la date des traitements, chez les témoins comme chez les animaux traités. Nous obtenons ainsi pour chaque mouton, avec le contrôle avant traitements, 3 fois un nombre d'œufs standard de « Strongles », de *Strongyloides* et de Coccidies. Les moyennes par lot du nombre d'œufs standard concernant chacun de ces 3 groupes de parasites sont indiquées dans les tableaux I à VI qui donnent également pour chaque lot le « pourcentage de parasitisme résiduel » ou « P.R. » et le « pourcentage d'abaissement du parasitisme » ou « A.P. ».

TABL. N°I-Lot n°1 : Témoins non traités.- Moyennes du nombre d'oeufs standard.

Parasitisme	22.2.1975		10.3.1975			17.3.1975		
	M.		M.	P.R. p.100	A.P.p.100	M.	P.R.p.100	A.P. p.100
Strongles	249		123,3	49,51	50,49	140,8	56,54	<u>43,46</u>
<i>Strongyloides</i>	151,1		85,8	56,82	43,18	141,6	93,71	<u>6,29</u>
Strongles + <i>Strongyloides</i>	400,1		209,1	52,26	47,74	282,4	70,58	<u>29,42</u>
<i>Eimeria</i>	864,6		2098			2810		

TABL. N°II-Lot n°2 : Témoins traités uniquement par anticoccidien - Moyennes du nombre d'oeufs standard.

Parasitisme	22.2.1975 (avant traitement)	10.3.1975 (7 jours après traitement)			17.3.1975 (14 jours après traitement)		
	M.	M.	P.R.p.100	A.P.p.100	M.	P.R.p.100	A.P.p.100
Strongles	152,77	129,77	84,94	15,06	384	-	-
<i>Strongyloides</i>	22,22	20,22	90,99	9,01	87,75	-	-
Strongles + <i>Strongyloides</i>	174,99	149,99	85,71	14,29	469,75	-	-
<i>Eimeria</i>	888,55	460			1325		

TABL. N°III-Lot n°3 : Traités par tartrate de morantel à 5 mg/kg et anticoccidien.
Moyennes du nombre d'oeufs standard.

Parasitisme	22.2.1975 (avant traitement)	10.3.1975 (7 jours après traitement)			17.3.1975 (14 jours après traitement)		
	M.	M.	P.R.p.100	A.P.p.100	M.	P.R.p.100	A.P.p.100
Strongles	256,6	44,75	17,43	82,57	18,25	7,11	<u>92,89</u>
<i>Strongyloides</i>	105,6	106,75	-	-	32,25	30,53	<u>69,47</u>
Strongles + <i>Strongyloides</i>	362,2	151,5	41,82	58,18	50,50	13,94	<u>86,06</u>
<i>Eimeria</i>	459,3	211,25			700		

TABL. N°IV-Lot n°4 : Traités par tartrate de morantel à 8 mg/kg et anticoccidien.
Moyennes du nombre d'oeufs standard.

Parasitisme	22.2.1975 (avant traitement)	10.3.1975 (7 jours après traitement)			17.3.1975 (14 jours après traitement)		
	M.	M.	P.R.p.100	A.P.p.100	M.	P.R.p.100	A.P.p.100
Strongles	250,1	5,6	2,23	97,77	2,2	0,87	<u>99,13</u>
<i>Strongyloides</i>	85,4	54,3	63,58	36,42	13,2	15,45	<u>84,55</u>
Strongles + <i>Strongyloides</i>	335,5	59,9	17,85	82,15	15,4	4,59	<u>95,41</u>
<i>Eimeria</i>	681,4	219,4			931,1		

TABL. N°V-Lot n°5 : Traités par tartrate de morantel à 8 mg/kg seul (sans anticoccidien)
Moyennes du nombre d'oeufs standard.

Parasitisme	22.2.1975 (avant traitement)	10.3.1975 (7 jours après traitement)			17.3.1975 (14 jours après traitement)		
	M.	M.	P.R.p.100	A.P.p.100	M.	P.R.p.100	A.P.p.100
Strongles	139,6	20,4	14,61	85,39	16,4	11,74	<u>88,26</u>
<i>Strongyloides</i>	154,7	159,6	-	-	33,20	21,46	<u>78,54</u>
Strongles + <i>Strongyloides</i>	294,3	180	61,16	38,84	49,6	16,85	<u>83,15</u>
<i>Eimeria</i>	1066	2120			2404		

TABL. N°VI-Lot n°6 : Traités par tartrate de morantel à 15 mg/kg seul (sans anticoccidien)
Moyennes du nombre d'œufs standard.

Parasitisme	22.2.1975 (avant traitement)	10.3.1975 (7 jours après traitement)			17.3.1975 (14 jours après traitement)		
	M.	M.	P.R.p.100	A.P.p.100	M.	P.R.p.100	A.P.p.100
Strongles	174,66	4,55	2,60	97,4	9,55	5,46	<u>94,54</u>
<i>Strongyloïdées</i>	126,55	68,22	53,90	46,1	54,22	42,84	<u>57,16</u>
Strongles + <i>Strongyloïdées</i>	301,21	72,77	24,15	75,85	63,77	21,17	<u>78,83</u>
<i>Eimeria</i>	1251,55	1743,33			4264,44		

TABL. N°VII-Moyennes des variations pondérales dans chaque lot pendant 8 semaines
et cas de mortalité.

Lots	Mortalités	Poids moyens : 21,77kg	19,03	17,43	18,21	18,98	20,18	19,91	20,55	Variations: -1,22kg
		Poids pondérés : 100 kg	87,4	80,1	83,6	87,2	92,7	91,5	94,4	
1	3	20,56	17,66	17,40	17,36	17,51	19,67	19,89	21,22	: +0,66
		100	85,8	84,6	84,4	85,2	95,7	96,7	103,2	
3	2	20,94	17,91	17,96	18,03	19,78	18,95	22,17	22,92	: +1,98
		100	85,5	85,8	86,1	94,5	90,5	105,9	109,5	
4	2	20,48	16,20	17,22	17,16	18,72	20,46	20,65	22,43	: +1,95
		100	79,1	84,1	83,8	91,4	99,9	100,8	109,5	
5	1	20,48	17,00	17,72	17,90	18,79	21,07	21,90	21,37	: +0,89
		100	83,0	86,5	87,4	91,7	102,9	106,9	104,3	
6	3	20,71	17,46	17,24	16,60	17,52	20,81	22,89	22,00	: +1,29
		100	84,3	83,2	80,2	84,6	100,5	110,5	106,2	
		1ère pesée	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e	

II.6. Suivi pondéral

Les moutons sont pesés individuellement une fois par semaine depuis la date des traitements, soit 8 pesées représentant un suivi pondéral étalé sur 56 jours après traitements. Les moyennes des poids sont établies à chaque fois, dans chaque lot, et sont étudiées comparativement pour apprécier l'évolution pondérale des animaux en rapport avec les modifications du parasitisme gastro-intestinal enregistrées par les contrôles coprologiques, dans la mesure où les cas de mortalité enregistrés durant l'expérimentation ne faussent pas les résultats obtenus.

III. RESULTATS

III.1. Présentation des résultats

III.1.1. Moyennes des variations du nombre

d'œufs standard dans chaque lot : tableaux I à VI.

III.1.2. Moyennes des variations pondérales et poids pondérés (poids ramenés à 100 kg) dans chaque lot : tableau n° VII et figure n° 1 (*)

III.2. *Interprétation des résultats : analyse des résultats obtenus dans chaque lot*

III.2.1. Lot n° 1 : Moutons non traités

— Mortalité

On enregistre une mortalité élevée dans ce lot n'ayant reçu aucun traitement, puisque 3 moutons sont morts des suites d'une trop im-

(*) Courbes établies avec la collaboration de D. FRIOT à qui nous tenons à exprimer notre gratitude.

portante infestation parasitaire (Strongylose et coccidiose) et après une baisse de poids considérable allant de 26 à 31 p. 100 du poids initial.

— *Variation pondérale*

Cette mortalité intervenue en cours d'expérimentation empêche de tirer des conclusions valables sur l'évolution globale des poids dans ce lot. Néanmoins, on enregistre en fin d'expérience un abaissement du poids moyen de — 1,22 kg.

— *Abaissement du parasitisme*

Il est de 43,40 p. 100 pour les Strongles; 6,29 p. 100 pour *Strongyloides*; soit pour l'ensemble : 29,42 p. 100. Il s'agit là d'une réduction naturelle normale du parasitisme gastro-intestinal du simple fait du changement du mode d'élevage avec applications de mesures d'hygiène propres à arrêter les possibilités de réinfestation. Quant à l'infestation coccidienne, elle est en constante augmentation, irréductible sans un traitement approprié.

III.2.2. Lot n° 2 : Moutons traités uniquement par le Cozurone

— *Mortalité*

Dans ce lot, 2 moutons sur 9 sont morts en cours d'expérience, tous 2 de strongyloïdose avec une baisse de poids respective de 11 p. 100 et 5 p. 100 du poids initial.

— *Variation pondérale*

Avec les mêmes réserves que précédemment, compte tenu de la mortalité enregistrée dans ce lot, on peut estimer que la croissance pondérale dans ce lot est pratiquement nulle (+ 0,66 kg).

— *Abaissement du parasitisme*

Très faible pour l'ensemble des Strongles 7 jours après traitements (Strongles : 15,06 p. 100; *Strongyloides* : 9,01 p. 100), il est nul 14 jours après traitements puisque l'on enregistre une augmentation du nombre d'œufs standard dans tous les groupes de parasites. Il en est de même pour les Coccidies qui, après une baisse d'environ 50 p. 100, sept jours après traitement, sont en augmentation 14 jours après, ce qui témoigne dans ce cas d'une action coccidiostatique insuffisante. Ce phénomène d'abaissement de l'infestation coccidienne, suivi d'une recrudescence

de ce parasitisme, est observé dans tous les lots traités au Cozurone (lots 2, 3 et 4).

Par ailleurs, les résultats obtenus dans ce lot permettent d'avancer l'hypothèse qu'un traitement anticoccidien non accompagné d'un traitement anthelminthique peut avoir une action favorisante sur l'infestation strongylienne dans le cas où, comme cela est très fréquent au Sénégal, Strongles et Coccidies sont associés chez un même hôte. Ce phénomène, comme nous le verrons dans les lots 5 et 6, est également observable quand le traitement anthelminthique est pratiqué sans être complété par un traitement anticoccidien.

III.2.3. Lot n° 3 : Moutons traités par le tartrate de Morantel à 5 mg/kg et le Cozurone

— *Mortalité*

Deux cas de mortalité ont été enregistrés dans ce lot, tous deux de strongyloïdose grave, avec une chute de poids de 24 p. 100 et 14 p. 100 du poids initial.

— *Variation pondérale*

Dans ce lot, les effets combinés du tartrate de Morantel et du Cozurone et ce malgré la persistance du parasitisme strongyloïdien à un niveau élevé, ont entraîné un gain de poids de + 1,98 kg, gain en rapport avec les résultats partiellement favorables enregistrés aux examens coprologiques.

— *Abaissement du parasitisme*

On enregistre un abaissement global de 86,06 p. 100, soit une amélioration importante par rapport au lot témoin, due surtout à une bonne activité sur les Strongles (92,89 p. 100), l'efficacité sur *Strongyloides* n'étant que partielle (69,47 p. 100) comme en témoignent d'ailleurs les 2 cas de mortalité intervenus dans ce lot.

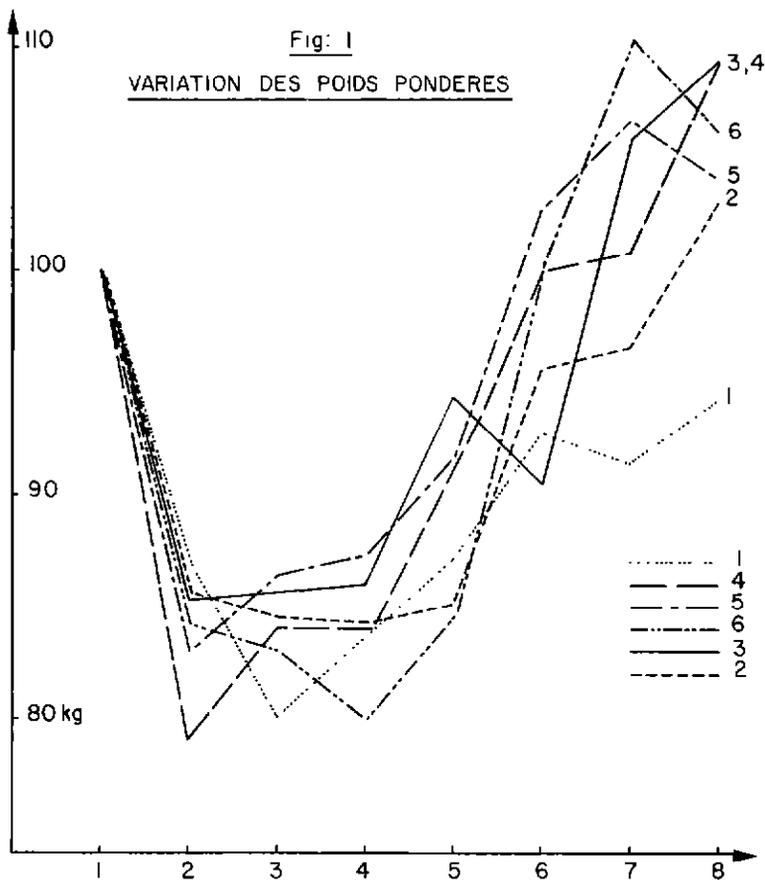
III.2.4. Lot n° 4 : Moutons traités par le tartrate de Morantel à 8 mg/kg et le Cozurone

— *Mortalité*

Il y a eu 2 cas de mortalité dans ce lot mais sans rapport avec le parasitisme gastro-intestinal; d'ailleurs, dans les 2 cas, l'amaigrissement était relativement modéré, soit respectivement 4 p. 100 et 13 p. 100 du poids initial.

— *Variation pondérale*

De très bons résultats sont obtenus dans ce



lot puisque 8 semaines après traitement et malgré une chute considérable des poids dans la 1^{re} quinzaine, que nous attribuons, comme dans les autres lots d'ailleurs (Cf. fig. 1), d'une part au changement de milieu et d'autre part au stress des traitements anthelminthiques et anticoccidiens, le gain de poids moyen est de + 1,95 kg.

— Abaissement du parasitisme

C'est dans ce lot que nous obtenons les meilleurs résultats puisque nous enregistrons une baisse de 99,13 p. 100 pour les *Strongyles*; 84,55 p. 100 pour *Strongyloides*, soit un abaissement global de 95,41 p. 100 ce qui correspond à une amélioration 3,24 fois supérieure à celle observée chez les témoins non traités.

Pour ce qui concerne les Coccidies, rappelons que dans les 3 lots traités au Cozurone, l'abaissement du nombre d'ookystes n'est perceptible que dans la 1^{re} semaine consécutive aux traitements, dans les jours qui suivent, on enregistre une remontée spectaculaire du nombre d'œufs standard d'*Eimeria* mais heureusement sans

jamais atteindre les chiffres des lots 1, 5 et 6 où le parasitisme coccidien est passé en très peu de temps à des taux particulièrement élevés, provoquant la mort de plusieurs moutons : 3 dans le lot 1, 1 dans le lot 5 et 3 dans le lot 6.

III.2.5. Lot n° 5 : Moutons traités par le tartrate de Morantel à 8 mg/kg sans anticoccidien.

— Mortalité

Un seul cas de mortalité enregistré dans ce lot dû au parasitisme coccidien qui a augmenté du simple au double, a entraîné une chute de poids de 19 p. 100 par rapport au poids initial.

— Suivi pondéral

Dans ce lot, le gain de poids moyen n'est que de + 0,89 kg, soit un gain inférieur à ceux obtenus dans les autres lots traités.

— Abaissement du parasitisme

L'abaissement global du parasitisme est inférieur à celui obtenu dans le lot n° 4 puisqu'il est

égal à 83,15 p. 100 dont 88,26 p. 100 pour les Strongles et 78,54 p. 100 pour *Strongyloides*; on peut estimer cependant qu'il en est très proche et que le traitement anthelminthique peut être considéré comme satisfaisant, mis à part l'augmentation des coccidies pour lesquelles il se confirme, et nous rejoignons là un résultat déjà signalé par GRETILLAT (2), que le tartrate de Morantel n'a aucune action thérapeutique anticoccidienne, que ce soit à 5, 8 ou 15 mg/kg.

III.2.6. Lot n° 6 : Moutons traités par le tartrate de Morantel à 15 mg/kg sans anticoccidien.

— Mortalité

Dans ce lot, la mortalité est importante puisque 3 moutons sur 9 sont décédés de coccidiose aiguë avec des amaigrissements respectifs de 25 p. 100, 17 p. 100 et 10 p. 100 par rapport aux poids initiaux. Ces cas de mortalité, précédés d'un amaigrissement important en cours d'expérience, nous apparaissent de nature à fausser les résultats du suivi pondéral.

— Variation pondérale

Le gain moyen de poids sur 6 moutons survivants est de + 1,29 kg, sans cependant pouvoir être pris en considération du fait des réserves émises ci-dessus.

— Abaissement du parasitisme

Pour ce qui concerne les Strongles, il est tout à fait similaire aux lots précédents mais toutefois légèrement inférieur malgré une posologie plus élevée. On note un abaissement global de 78,83 p. 100 dont 94,54 p. 100 pour les Strongles et 57,16 p. 100 pour *Strongyloides*, 14 jours après traitement, ce qui tend à démontrer qu'il est inutile de dépasser la dose de 8 mg/kg dont l'efficacité est quasi-totale contre les Strongles et partielle contre *Strongyloides*.

Dans ce lot, le nombre d'œufs standard d'ookystes a considérablement augmenté tout au long de l'expérimentation. Il est probable que dans ce cas, comme nous l'avons déjà indiqué précédemment, le traitement anthelminthique a eu une action favorisante sur la prolifération du parasitisme coccidien.

Il semble donc bien que dans le cas précis des moutons du Sénégal chez lesquels l'association très pathogène « Strongles + *Strongyloides* + Coccidies » est quasi-permanente, on ait intérêt à traiter conjointement ces 3 parasitoses pour éviter tout déséquilibre pouvant se traduire soit par une plus grande pathogénicité des Strongles après une intervention anticoccidienne, comme c'est le cas dans le lot n° 2, soit par une prolifération de l'infestation coccidienne après vermifugation comme constaté dans les lots 5 et 6.

IV. CONCLUSION

Le tartrate de Morantel est un bon anthelminthique pouvant être utilisé au Sénégal dans la pratique courante du traitement des Strongyloses digestives des petits ruminants, à la dose de 8 mg/kg de poids vif. A cette dose, le pourcentage d'efficacité est proche de 100 p. 100, entraînant une amélioration de l'état général des animaux traités et une croissance pondérale correcte (Cf. fig. 1).

Cependant, à la même dose et même à dose plus élevée, son efficacité n'est que partielle et irrégulière dans le traitement des strongyloïdoses, puisqu'elle varie entre 60 et 80 p. 100.

Dans l'ensemble, ces résultats correspondent à ceux obtenus par TRONCY et OUMATE au Tchad chez le Zébu et le dromadaire et par GRETILLAT au Niger chez la chèvre rousse de Maradi, ce qui confirme la valeur thérapeutique satisfaisante du tartrate de Morantel dans le traitement des strongyloses en Afrique tropicale.

Au Sénégal, le tartrate de Morantel pourrait être utilisé dans les campagnes de déparasitage des ovins à condition toutefois que soit associé au traitement anthelminthique, un traitement anticoccidien efficace, qu'il reste d'ailleurs à mettre au point, pour éviter de provoquer tout risque de rupture d'équilibre qui pourrait aboutir à une augmentation de l'infestation coccidienne suivie d'une importante mortalité chez les animaux vermifugés, ce qui serait exactement le contraire de l'objectif recherché, à savoir la lutte contre la mortalité des petits ruminants.

SUMMARY

Trials with morantel tartrate in the treatment of sheep digestive strongylosis in tropical area

Anthelmintic activity of morantel tartrate at dosage levels of 5 mg/kg to 15 mg/kg, associated or not with an anticoccidian drug to cure digestive strongylosis of 58 naturally infested sheep in Senegal was tested. The faecal examinations before and after treatments and ponderal changes of animals were compared.

The results indicate that morantel tartrate at 8 mg/kg is almost entirely active, 14 days after treatments, against strongylid worms with a good weight gain but at this dosage level and even at a superior dosage level, its efficacy is only incomplete against *Strongyloides*.

The adding of an anticoccidian drug to the anthelmintic treatment seems required for obtaining an optimum result, particularly in sheep of Senegal where coccidiosis incidence is always very severe.

RESUMEN

Ensayos de tratamiento de las estrogilosis digestivas de la oveja en zona tropical por el tartrato de Morantel

Se ha experimentado la actividad antihelmintica del tartrato de Morantel en dosis de 5 a 15 mg/kg, asociado o no con un anticoccidiano, para el tratamiento de estrogilosis digestivas en 58 ovejas del Senegal naturalmente infestadas al comparar las coprologías parasitarias hechas antes y después tratamientos y las variaciones de peso de los animales.

Los resultados obtenidos indican que 8 mg/kg de tartrato de Morantel son casi totalmente eficaz, 14 días después tratamientos, contra los estrogilos digestivos con un crecimiento ponderal normal; pero dicha dosis y además una dosis superior no es más que parcialmente eficaz contra *Strongyloides*.

Por otra parte, la adición de un anticoccidiano al tratamiento antihelmintico parece necesario para obtener el mejor resultado, por lo menos en el caso particular de las ovejas de Senegal dónde la incidencia de la coccidiosis es siempre muy importante.

BIBLIOGRAPHIE

1. GIBSON (T. E.) et PARFITT (J. W.). The action of Morantel tartrate against nematodes in sheep. *Vet. Rec.*, 1973, **93** (15) : 423-425.
2. GRETILLAT (S.). Rapport préliminaire sur des essais de traitement du parasitisme gastro-intestinal de la chèvre rousse de Maradi par le Tartrate de Morantel. Niamey, Ecole des Assistants et des Agents techniques de l'Elevage. Ministère de l'Economie rurale, du climat et de l'aide aux populations, Rép. du Niger, 1974, 8 p.
3. KATES (K. C.), COLGLAZIER (M. L.), ENZIE (F. D.), LINDAHL (I. L.) et SAMUELSON (G.). Helminth control in grazing sheep: periodic treatment with Levamisole, Morantel, Cambendazole and Mebendazole. *J. Parasit.*, 1974, **60** (6) : 989-995.
4. RAYNAUD (J. P.). Un anthelminthique actif sur les strongyloses digestives des petits ruminants, le Tartrate de Morantel. *Rec. Méd. vét.*, 1972, **148** (5) : 591-602.
5. TRONCY (P. M.) et OUMATE (O.). Emploi du Tartrate de Morantel chez le Zébu du Tchad. I. Action sur les *Strongylidae*. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1973, **26** (2) : 188-198.
6. TRONCY (P. M.) et OUMATE (O.). Emploi du Tartrate de Morantel chez le Zébu du Tchad. II. Action sur les Nématodes du veau de lait. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1973, **26** (2) : 199-202.
7. TRONCY (P. M.) et OUMATE (O.). Expérimentation en vue de l'emploi du Tartrate de Morantel chez le Dromadaire du Tchad. Rapport, 12 p. (à paraître).

Note sur les facteurs conduisant au choix d'une saison de monte au C.R.Z. de Dara (Sénégal)

par J. P. DENIS (*) et A. I. THIONGANE (**)

RESUME

Afin de déterminer la période la plus favorable pour installer une saison de monte chez des zébus Gobra de la zone Nord du Sénégal, l'étude de la répartition naturelle des naissances, de la fréquence mensuelle des saillies, de l'âge au 1^{er} vêlage, de l'intervalle entre les vêlages en fonction du mois de naissance du produit, de l'évolution pondérale en fonction de l'époque de naissance chez les femelles et les produits, de la mortalité, de la commodité de gestion du troupeau, de la supplémentation alimentaire, a été abordée. Il en résulte que cette période de monte doit se situer de la mi-août à la fin novembre pour la région considérée.

INTRODUCTION

En zone sahélienne, l'existence de conditions climatiques extrêmement variables au cours de l'année a pour conséquence des variations saisonnières importantes des différents facteurs de la vie du troupeau : alimentation, reproduction, physiologie, évolution pondérale des jeunes et des adultes.

Les phénomènes qui touchent la fonction de reproduction sont les plus importants. Ils conditionnent directement le but essentiel, c'est-à-dire l'obtention du maximum de produits dont la croissance se déroulera dans les meilleures conditions possibles. Une saison de monte doit être instituée donc pour les raisons suivantes :

- Etant donné les fortes variations des conditions d'environnement durant l'année, il y a intérêt à regrouper toutes les naissances à une même période pour faciliter les com-

paraissions de croissances des produits. Ceci est surtout valable en station de sélection;

- Il y a intérêt à regrouper aussi les naissances pour faciliter les différentes opérations nécessaires à la conduite de l'élevage : sevrage, vaccinations, supplémentation en saison sèche, mise à la reproduction, testage des taureaux.

Le présent travail contient des données et des remarques exposées dans divers travaux précédents concernant le zébu Gobra et un certain nombre de résultats originaux. Il s'agit ici de regrouper dans une même étude tout ce qui peut concerner la mise en application d'une saison de monte.

Dans une première partie, les facteurs entrant en jeu dans le choix de cette saison seront donnés. Dans la seconde, la valeur de chacun des facteurs étudiés sera discutée, puis les facteurs déterminants conduiront à la mise en évidence de l'époque la plus favorable pour la monte.

Enfin, quelques résultats de cette opération seront donnés après quatre années de mise en pratique.

(*) Docteur vétérinaire I.E.M.V.T., Service de Zootechnie du Laboratoire national de l'Élevage et de Recherches vétérinaires, B.P. 2057, Dakar-Hann (Sénégal).

(**) Docteur vétérinaire, Directeur du Centre de Recherches Zootechniques de Dara-Djollof (Sénégal).

I. FACTEURS ENTRANT EN JEU DANS LE CHOIX

Répartition naturelle des naissances (6, 7)

Jusqu'en 1969, au C.R.Z. de Dara, les taureaux ont été laissés en permanence dans les différents troupeaux de femelles. Dans les conditions de la station qui, dans ce domaine, sont identiques à celles rencontrées à l'intérieur, l'étude de la répartition naturelle des naissances donne par conséquent une idée de la répartition naturelle des saillies. Les naissances qui ont été comptabilisées depuis 1955 ont permis d'établir le tableau n° I qui montre que le

TABLE. N° I-Répartition mensuelle des naissances de zébus Gobra de 1955 à 1969.

Mois	Nombre de naissances	p. 100
1	153	5,56
2	228	8,29
3	232	8,43
4	183	6,65
5	321	11,67
6	473	17,20
7	464	16,87
8	243	8,83
9	159	5,78
10	91	3,30
11	92	3,34
12	111	4,03
Total	2 750	100 p.100

maximum des vêlages a lieu aux mois de juin et juillet pour 34 p. 100 du total annuel des naissances. Si l'on regroupe la période allant du mois de mai au mois d'août compris, on trouve 54,4 p. 100 des naissances.

Une enquête effectuée dans le Ferlo — qui est la zone berceau du zébu Gobra — a donné des résultats similaires, le pourcentage des naissances survenues de juin à août se situe autour de 58 p. 100.

Fréquence mensuelle des saillies (6, 7)

Dans le but de vérifier les données du tableau n° I, toutes les saillies ont été systématiquement relevées durant l'année 1968. Le nombre n'en est pas très important, mais la répartition observée au cours de l'année corrobore les résultats obtenus dans l'étude de la fréquence des naissances. Les résultats de ces observations apparaissent au tableau n° II.

L'essentiel des saillies, soit 56 p. 100, se produit durant les mois de septembre, octobre

TABLE. N° II-Répartition mensuelle des saillies dans le troupeau Gobra en 1968.

Mois	Nombre de saillies	p. 100
1	6	4,87
2	0	-
3	1	0,81
4	15	12,19
5	9	7,31
6	9	7,31
7	5	4,06
8	6	4,87
9	23	18,69
10	26	21,13
11	20	16,26
12	3	2,44
Total	123	100 p.100

et novembre. Cette période constitue donc une période de choix pour la monte naturelle.

Il faut noter qu'au mois d'avril existe un ressaut assez net du nombre des saillies dont la cause reste indéterminée. Cet accroissement se trouve au niveau des naissances (tableau n° I) mais d'une façon assez amortie en février et mars. On peut penser d'une part à une mobilisation des réserves protéiques jusqu'alors fixées chez l'animal ou à une augmentation temporaire de la qualité du pâturage par consommation du pâturage aérien (montée de la sève et reverdissement des espèces arborées).

Age au 1^{er} vêlage en fonction du mois de naissance de la mère (2)

L'analyse de ce facteur montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les différentes moyennes mensuelles et la moyenne générale et par conséquent cette donnée n'interviendra pas dans le choix de la période d'utilisation des taureaux.

Intervalles entre les vêlages en fonction du mois de naissance (1)

L'étude de l'intervalle entre les vêlages a été systématiquement entreprise. Les résultats portent sur 1254 intervalles de 534 vaches Gobra et apparaissent au tableau n° III.

Il n'existe pas de différence significative entre les mois, mais on peut noter que, dans l'ensemble, les valeurs des intervalles les plus importants se rencontrent durant la période de fin d'hivernage et post-hivernage. De toute façon, ce facteur n'aura qu'une influence réduite sur le choix de la saison de monte car le rétablissement du fonctionnement ovarien sera re-

TABL. N°III-Intervalles entre les vêlages en fonction du mois de naissance du produit.

Mois	Nombre	Moyenne et intervalle de confiance
1	77	482,6 ± 28,0
2	76	443,5 ± 22,0
3	85	479,0 ± 35,0
4	67	486,9 ± 39,0
5	133	473,1 ± 23,0
6	225	456,4 ± 16,3
7	250	477,8 ± 17,6
8	111	458,7 ± 28,8
9	73	500,3 ± 44,5
10	51	475,0 ± 35,0
11	48	498,4 ± 28,3
12	58	492,8 ± 43,4

tardé soit par une alimentation déficiente, soit par des saillies trop précoces.

Evolution pondérale en fonction de l'époque de naissance

Evolution pondérale de la mère (4)

L'évolution pondérale des femelles en fonction du mois de naissance de leur produit a fait l'objet d'une étude particulière. En effet, il est important de savoir quelles sont les conséquences de la gestation et de la lactation sur l'état d'entretien de femelles qui sont soumises à une forte « agression » climatique.

Les observations ont été faites en utilisant la division trimestrielle de l'année soit : le premier trimestre correspondant au début de la saison sèche, le second à la fin de la saison sèche, le troisième et le quatrième au début et à la fin de l'hivernage ou post-hivernage. L'influence de la période du vêlage sur l'évolution pondérale est calculée sur deux années : évolution pondérale 1968 en fonction des vêlages 1967 et évolution pondérale 1968 en fonction des vêlages survenus la même année.

Cette étude montre que les vêlages du premier et du second trimestre sont éprouvants pour les mères car une partie de leur lactation se passe durant la saison sèche; de même et, a fortiori, pour les vêlages du 4^e trimestre qui entraînent une lactation qui se déroule dans son ensemble pendant la saison sèche. La conséquence en est que ce sont les femelles vêlant au 4^e trimestre qui présentent la chute de poids la plus spectaculaire au mois de juillet.

Dans le cas des vêlages du 3^e trimestre, la perte de poids des animaux est moins importante et le poids moyen des animaux au mois de décembre est supérieur à celui du mois de

janvier. Les vêlages survenant au 3^e trimestre semblent constituer, pour un maintien correct du poids de la femelle, la meilleure période de mise bas.

Evolution pondérale des produits

L'influence saisonnière sur l'évolution pondérale des produits est importante. L'étude suivante est entreprise sur les naissances observées au C.R.Z. de 1965 à 1972, en travaillant sur les poids relevés tous les mois. Seuls ont été conservés les animaux dont tous les poids sont notés de la naissance à 42 mois pour les mâles et 48 mois pour les femelles. Les résultats concernent des animaux vivant en élevage extensif, se contentant du pâturage naturel.

L'étude porte sur 567 poids de mâles et 927 poids de femelles. Les droites de régression individuelles de l'évolution pondérale par rapport au temps ont été calculées sur les poids suivants : naissance, 6 - 12 - 18 - 24 - 30 - 36 - 42 - 48 mois. Une analyse de variance a permis de comparer les pentes moyennes de croissance pour chacun des mois de l'année (tableau n° IV)

TABL. N°IV-Pentes moyennes de croissance.

Mois	M â l e s		F e m e l l e s	
	Nombre	Pente ± IC	Nombre	Pente ± IC
1	7	56,54 ± 9,76	6	37,63 ± 4,33
2	7	52,82 ± 5,37	16	39,79 ± 3,09
3	8	53,17 ± 5,62	13	38,90 ± 3,11
4	5	53,45 ± 5,24	4	38,55 ± 8,76
5	3	60,81 ± 3,54	11	41,83 ± 5,11
6	7	51,85 ± 8,05	9	41,37 ± 3,32
7	8	54,50 ± 4,55	10	39,82 ± 5,28
8	5	58,96 ± 6,13	12	42,61 ± 2,72
9	4	56,14 ± 7,75	9	41,81 ± 4,37
10	6	57,51 ± 3,88	3	37,63 ± 1,54
11	2	71,47 ± 12,77	9	41,22 ± 4,25
12	1	42,16	1	40,30
F	63	1,80 NS	103	0,63 NS

IC = Intervalle de confiance.

Aussi bien chez les mâles que chez les femelles, il n'existe pas de différence significative entre les pentes des droites de régression du poids sur l'âge suivant le mois de naissance du produit.

Cependant, en analysant mois par mois, on s'aperçoit que chez les mâles la pente de régres-

sion du mois de novembre est significativement différente de celles des autres mois ($F = 11,33^{**}$). Il est possible d'attribuer cette différence au faible nombre de données concernant ce mois.

En conséquence, on peut dire que le mois de naissance a peu d'importance sur la croissance future des animaux calculée sur une période longue, soit quatre années qui conduisent environ à l'âge de la commercialisation chez le mâle et celui de la rentrée en reproduction des femelles.

Mortalité des produits en fonction de la période de naissance (5)

Le taux moyen de mortalité au C.R.Z. de Dara est sur quinze ans de 6,23 p. 100. L'essentiel de la mortalité se produit chez les animaux âgés de moins de deux ans qui représentent 80 p. 100 du nombre total des morts. L'étude a porté sur 486 animaux morts, répartis au cours de l'année. On s'aperçoit que le maximum de mortalité se situe au cours des mois de mai à juillet, soit 45,2 p. 100 du total.

Cependant, si on met cette répartition particulière en parallèle avec celle des naissances, on constate qu'il y a une coïncidence remarquable entre les deux; ce qui permet de conclure que le mois de naissance des produits n'a pratiquement aucune influence sur la mortalité observée de la naissance à 24 mois au C.R.Z. de Dara.

Commodité d'élevage suivant la période de naissance

L'essentiel est que l'ensemble des naissances soit regroupé à une certaine période de l'année afin que les diverses opérations telles que sevrage, vaccinations, changement d'alimentation... puissent être regroupées sur des lots homogènes. Donc, pour ce facteur, c'est moins la période envisagée que le principe même du regroupement qui est déterminant.

Supplémentation alimentaire (6, 7)

Le problème alimentaire est essentiel; dans les conditions sévères du Sénégal Nord, toute amélioration animale passe par une amélioration du milieu, et en particulier des facteurs limitants tels que l'alimentation. Pendant la mauvaise saison, il faut apporter une supplémentation à certaines catégories d'animaux

(taureaux, jeunes avant et après le sevrage, femelles des lots de sélection). En particulier, pour les femelles, la question est de savoir s'il vaut mieux supplémenter un jeune en croissance et une vache en lactation plutôt qu'uniquement une vache en gestation. Ici, le facteur période est déterminant: en effet, si la vache met bas en début de saison sèche, sa lactation sera faible et la supplémentation de la femelle et de son produit devra être envisagée. Au contraire, lorsque le vêlage a lieu en début de saison des pluies, la supplémentation de la mère est inutile, la lactation sera meilleure, seule la supplémentation légère donnée au veau compte tenu des faibles capacités laitières de la femelle pourra le conduire valablement au sevrage.

II. VALEUR DES FACTEURS ETUDIÉS

Dans le chapitre précédent, nous avons étudié les facteurs âge au 1^{er} vêlage, intervalles entre les vêlages, mortalité, croissance de la naissance à l'âge adulte, commodité d'élevage qui se sont révélés sans utilité pour chercher à placer une saison de monte.

D'autres facteurs tels la saison naturelle de saillies, l'évolution pondérale de la mère, la supplémentation alimentaire se sont révélés être d'une grande importance.

III. CHOIX DE LA PERIODE DE MONTE

La valeur des facteurs étant dégagée, (tableau n° V) la période la plus propice à l'installation d'une saison de vêlage est par conséquent en gros le 3^e trimestre, c'est-à-dire les mois de juillet à septembre. En conséquence, la saison de monte devra se dérouler des mois d'août à novembre. L'application pratique de cette conclusion théorique a été faite au C.R.Z. de Dara depuis 1969.

La première période précise retenue s'est déroulée du 1^{er} septembre au 31 décembre. Ensuite dès 1971, en raison du fait que les saillies étaient rares en décembre, cette saison a été placée du 15 août au 15 décembre.

Facteurs étudiés	Période favorable
Répartition naturelle des naissances	Mai à août
Fréquence mensuelle des saillies	Fin août à novembre
Age au 1 ^{er} vêlage	0
Intervalles entre les vêlages	0
Evolution pondérale des vaches	3 ^e trimestre
Evolution pondérale produits de 0 à 48 mois	0
Mortalité	0
Supplémentation alimentaire	0 en hivernage
Commodité d'élevage	0

IV. RESULTATS DE L'OPERATION APRES QUATRE ANNEES DE FONCTIONNEMENT

A vrai dire, depuis 1969, les conditions pluviométriques sont extrêmement mauvaises au Sénégal, ce qui a eu pour conséquence une diminution catastrophique du disponible fourrager.

Classiquement, l'installation d'une saison de monte induit durant les premières années une diminution du taux global de naissances. Mais en plus, la diminution des possibilités alimen-

taires offertes aux animaux provoque un allongement de l'intervalle entre les vêlages et par conséquent une chute du taux de fécondité. La part de l'un ou de l'autre facteur sera difficile à déterminer.

Ceci dit, la répartition des naissances à la suite de la saison de monte va être présentée pour les années 1970 à 1973, de même que quelques données concernant le taux de fécondité.

1. Répartition des naissances (tableau n° VI)

En 1970 et en 1971, 84,5 p. 100 des naissances ont été enregistrées de juin à septembre. En 1972, 91 p. 100 durant la même période et 83,4 p. 100 en 1973.

Ces résultats amènent à faire plusieurs constatations :

- 15,5 p. 100 des naissances en 1970 et 1971, 9 p. 100 en 1972 et 16,6 p. 100 en 1973 ont eu lieu en dehors de la période prévue. Ceci tient au fait que le nombre de parcelles du centre étant limité, les animaux mâles et femelles sont relativement proches les uns des autres et les sauts de clôtures par les mâles ne sont pas rares;
- en 1971, 72, 73, on constate que seulement 5,8, 8 et 4,7 p. 100 des naissances ont lieu au mois de septembre et que l'essentiel du taux de naissance se trouve au mois de juin (38,8 - 42,0 - 38,6 p. 100) ou mieux juin et juillet : (68,2 - 65,0 - 67,7 p. 100).

Sur le plan pratique, on constate donc l'existence d'une synchronisation alimentaire des animaux nette à la suite de l'abondance de juillet et du début août. En second lieu, il semble possible de réduire la saison de monte à trois mois, du 15 août au 15 novembre.

TABL. N°VI-Nombre de naissances et pourcentage

Mois Années													Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1970	-	-	4 3,3	-	1 0,8	27 22,8	38 32,2	14 11,8	21 17,7	3 2,5	5 4,2	5 4,2	118 100
1971	3 3,5	1 1,1	0 -	5 5,8	4 4,7	33 38,8	25 29,4	9 10,5	5 5,8	0 -	0 -	0 -	85 100
1972	0 0	0 0	1 1	1 1	1 1	42 42	23 23	18 18	8 8	1 1	4 4	1 1	100 100
1973	2 1,6	0 -	2 1,6	4 3,1	7 5,5	49 38,6	37 29,1	14 11,0	6 4,7	2 1,6	2 1,6	2 1,6	127 100

2. Variations du taux de naissance

Le taux de naissance est très variable d'une année à l'autre. Il existe d'une part des variations physiologiques de ce taux proches de 10 p. 100 et d'autre part des modifications de ce taux dues aux différences dans les conditions climatiques. Le tableau n° VII donne une idée de ces variations.

TABLEAU N°VII

1966	71,2	1970	81,0
1967	69,2	1971	65,0
1968	67,7	1972	67,0
1969	72,0		

Dans ces conditions, il semble difficile de porter un jugement sur l'influence de la saison de monte sur ce taux. Par contre, l'installation de la saison de monte permet de contrôler de façon plus correcte les performances individuelles des femelles.

CONCLUSION

L'étude des différents facteurs entrant en jeu dans le choix de la saison de monte en milieu tropical sec, montre qu'ils sont de valeur variable pour ce choix. Les facteurs déterminants sont la répartition naturelle des naissances, l'évolution pondérale de la mère, la place de la supplémentation alimentaire, la commodité de la gestion du troupeau. Ils conduisent à préconiser une période de reproduction placée du mois d'août au mois de novembre de chaque année.

Cette période fixée répond au souci de posséder un élevage de rentabilité maximale en utilisant au mieux les conditions naturelles. Il est évident que certaines modifications pourraient être apportées grâce en particulier à une alimentation améliorée (3) dans le but d'une spéculation commerciale différente, mais il semble qu'il ne soit pas très intéressant de s'éloigner trop du rythme saisonnier actuel.

SUMMARY

Note on factors allowing the choice of breeding season in the Dara Zootechnical Research Center (Senegal)

The most appropriate time for breeding season in Gobra zebu cattle starts in the middle of August and ends in November. This conclusion results of studies carried out on natural birth period, monthly frequency of services, age at first calving, intervals between calvings, annual evolution of weights of femals and of their products, mortality and problems of nutrition.

RESUMEN

Nota sobre los factores determinando el escogimiento de una estación de cubrición en el Centro de investigaciones zootécnicas de Dara (Senegal)

Con el objeto de escoger el periodo más favorable para la cubrición de cebues Gobra en la zona norte de Senegal, se estudiaron la repartición natural de los nacimientos, la frecuencia mensual de las montas, la edad al primer parto, el intervalo entre los partos según el mes de nacimiento del producto, la evolución del peso según la época de nacimiento en las hembras y en los productos, la mortalidad, la comodidad de gestión del ganado, la suplementación alimenticia.

Los datos obtenidos muestran que se necesita situar el periodo de cubrición a mediados de agosto hasta el fin de noviembre en lo concerniendo a la region considerada.

BIBLIOGRAPHIE

- DENIS (J.P.). L'intervalle entre les vêlages chez le zébu Gobra. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1971, 24 (4): 635-647.
- DENIS (J.P.). Note sur l'âge au premier vêlage. Communication au Congrès international de Zootechnie. Versailles, juillet 1971.
- DENIS (J.P.). Rapport sur l'influence de l'alimentation sur les performances de reproductrices et de nourrices des femelles Gobra. Dakar, Lab. Nat. Elev. et Rech. vét., mars 1974. (Ronéo), 15 p.
- DENIS (J.P.) et VALENZA (J.). Comportement pondéral des femelles adultes de race Gobra.

- Comparaison avec les animaux importés Pakistanaïns et Guzera. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1970, **23** (2): 229-241.
5. DENIS (J. P.) et VALENZA (J.). Etude de la mortalité au C.R.Z. de Dara. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1972, **25** (3): 445-454.
6. Rapports annuels C.R.Z. de Dara, 1966-1972.
7. Rapports annuels Laboratoire national de l'Élevage, 1966 à 1972.

Etude d'une population taurine de race Baoulé en Côte-d'Ivoire

par E. TIDORI (*), H. SERRES (**), D. RICHARD (***) et J. AJUZIUGU (*)

RESUME

Les taurins Baoulé, les plus nombreux en Côte-d'Ivoire, sont trypanotolérants. Un troupeau a été élevé et contrôlé à Bouaké (région de savane soudano-guinéenne).

Le Baoulé est une petite race : 100 cm pour les mâles et 95 cm pour les femelles, au garrot. Mais la race montre son adaptation au milieu par une excellente fertilité, un âge au premier vêlage très précoce et une bonne résistance aux maladies. Les caractéristiques de la croissance sont étudiées.

La finition soit sur pâturage de *Stylosanthes gulanensis*, soit avec un aliment concentré permet d'obtenir une croissance plus rapide.

Les carcasses sont légères et peu grasses. Les mortalités les plus importantes sont dues à la diarrhée des veaux.

INTRODUCTION

Dans toute la zone soudano-guinéenne d'Afrique de l'Ouest, la présence de glossines entretient la dissémination de la trypanosomiase. Cette dernière interdit l'élevage de nombreuses espèces animales : chevaux, ânes, chameaux, zébus et même taurins. On rencontre cependant dans ces régions des animaux de type taurin qui résistent à cette maladie et sont pour cela appelés « trypano-tolérants ».

Deux types principaux sont à distinguer :

- un type à cornes assez longues, à robe fauve ou brune, de format relativement faible, connu sous le nom de race N'Dama. Son aire est essentiellement localisée en Guinée, mais elle déborde au Sénégal, au sud du Mali et au nord-ouest de la Côte-d'Ivoire;
- un type à cornes courtes, à robe beaucoup plus variable, très fréquemment pie avec

une dominante noire et blanche. Son format est encore plus faible que celui du N'Dama. Ce bétail à courtes cornes est en général localisé plus à l'Est : sud-est du Mali, sud de la Haute-Volta (bœuf Lobi), dans le massif de l'Atakora au Dahomey (race Somba), au nord du Nigéria (Nigerian Short-horn). au Cameroun (race Namchi et race Bakosi). En outre, une variété plus petite encore, dite race des Lagunes, est élevée le long de la côte du Golfe de Guinée.

En Côte-d'Ivoire (Régions du Centre et du Nord), ce bétail à courtes cornes a reçu le nom de race Baoulé. Il y représente environ les quatre cinquièmes de l'élevage bovin national, soit environ 300 000 têtes. On peut, au passage, noter que des bovins Baoulés ivoiriens ont été introduits en assez grand nombre en République Centrafricaine (Région de Bouar) où ils paraissent prospérer.

L'élevage Baoulé en Côte-d'Ivoire est groupé en plusieurs noyaux nettement individualisés :

- Région de Korhogo-Sinematiali, densément peuplée et cultivée, où le bétail appartenant aux cultivateurs Sénoufo est confié à des

(*) Service de l'Elevage, Bouaké, Côte-d'Ivoire.

(**) I.E.M.V.T., 10, rue Pierre Curie, 94700 Maisons-Alfort.

(***) Mission Vétérinaire Française, P.O. Box 1053, Addis-Abeba, Ethiopie.

- Peuls qui le gardent et traitent les vaches;
- Région de Bouna, où les Lobi sont eux-mêmes éleveurs;
 - Région centrale de Dabakala et de la vallée du Haut Nzi où le bétail, comme à Korhogo, est presque toujours confié aux Peuls;
 - Région de Boundiali enfin, où la race est métissée par des apports de sang N'Dama venant de la région d'Odienné voisine, ou par des zébus venant du sud du Mali par la route à bétail entrant en Côte-d'Ivoire à Tingrela.

Le pays Baoulé, centré sur Bouaké, n'a que peu de bovins et les paysans ne sont pas éleveurs. Le nom choisi pour la race n'est donc pas très judicieux.

Les études de ce bétail sont rares : nous signalerons les rapports de AILLERIE (1), les descriptions de DOUTRESSOULLE (2) et l'ouvrage de JOSHI (4) qui contient des chif-

	Janv.	Fev.	Mars	Av.	Mai	Jun	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
mm	12,2	37,5	96,7	142,9	149,8	135,9	86,0	116,4	236,0	130,1	39,2	24,5	1 207
j	1,1	3,5	6,7	7,9	9,9	10,6	8,6	12,4	16,6	11,7	3,6	2,2	95

fres douteux car les femelles y ont un format beaucoup plus important que les mâles. Enfin, VERLY (6) a fait d'intéressantes observations sur le format du bétail, notamment sur les femelles adultes.

Dans les pages qui suivent, nous exposerons les résultats d'observations faites sur un élevage de Baoulés à la station de Bouaké.

MISE EN PLACE DE L'ELEVAGE

La station de Bouaké

La station comporte 350 hectares de pâturages naturels qui ont constitué la seule nourriture du bétail. Les sols sont soit argilo-sableux, soit sablo-argileux avec un pH acide. Les graminées de savane que l'on y rencontre comportent des andropogonées qui constituent un bon pâturage (*Hyparrhenia chrysargyrea*, *Hypertalia dissoluta*). Mais lorsque la surcharge se manifeste, elles régressent devant des graminées plus dures (*Panicum phragmitoides*) ou des annuelles (*Digitaria horizontalis* dans les zones basses), alors que l'on voit se multiplier les rejets ligneux (*Lophira lanceolata*, *Daniellia oliveri*).

D'une façon générale, on peut dire que les pâturages, très suffisants les premiers temps, sont devenus assez nettement surchargés en 1972, alors que l'effectif s'était accru.

Au plan climatique, on retiendra que les températures moyennes varient assez peu au cours de l'année, bien qu'on puisse au maximum enregistrer 40° en mars et au minimum 14° en décembre.

Température moyenne annuelle : 26,5°.

Température mensuelle maximale : 28,3°.

Température mensuelle minimale : 24,6°.

L'humidité atmosphérique, toujours élevée, varie de 60 p. 100 en janvier à 82 p. 100 en août.

La pluviosité moyenne annuelle s'élève à 1 207 mm avec 95 jours de pluie. Elle se répartit comme suit :

La saison sèche couvre les mois de novembre, décembre, janvier et février et se termine à la mi-mars. Si l'on considère qu'au début de novembre, avant que l'harmattan ne dessèche l'atmosphère, l'humidité du sol est encore suffisante pour s'entretenir par quelques averses, on peut considérer que la période de vie active des plantes est voisine de 8 mois.

Entre le début de juillet et la mi-août, se situe une succession de périodes de cinq à six jours sans pluie et l'on peut même observer quinze jours secs consécutifs. C'est l'amorce du dédoublement de la saison des pluies qui s'accroît vers le Sud. Mais cette petite saison sèche, si elle ralentit le rythme de végétation n'a pas de conséquence sur les conditions de pâturage qui sont donc à considérer comme bonnes.

Constitution du troupeau

Le troupeau a été constitué en 1967 par l'achat, dans la région de Dabakala, de 40 vaches, 70 génisses et 4 taureaux.

Les animaux ont été choisis bien dans le type, dans des troupeaux homogènes où l'on n'a jamais introduit de sang extérieur. La plupart des animaux sont de robe pie noire.

Ce troupeau s'est multiplié à la station et quelques introductions complémentaires ont été faites en petit nombre dans les années suivantes. L'effectif des vaches a évolué de la façon suivante :

31 décembre 1967	40
31 décembre 1968	81
31 décembre 1969	113
31 décembre 1970	136
31 décembre 1971	161

Mode d'élevage

L'élevage est semi-extensif. Les animaux sont au pâturage toute la journée et le soir rentrés dans un parc, ce qui, en permettant une meilleure surveillance du troupeau, entretient la docilité naturelle du Baoulé.

Les vaches et leurs veaux sont dans un parc séparé, les génisses dans un second, les taurillons et taureaux au repos dans un troisième.

Les veaux sont vermifugés à 15 jours contre l'ascaridiose puis revermifugés tous les deux mois contre les strongles.

L'ensemble du troupeau est annuellement vacciné contre la péripneumonie, la peste bovine, la pasteurellose. Aucun déparasitage externe n'est pratiqué. Aucune complémentation alimentaire n'est jamais distribuée.

CARACTERISTIQUES DE LA RACE BAOULE

Extérieur des animaux

Les taurins Baoulés apparaissent d'une façon générale comme des animaux de format réduit, mais d'allure générale assez équilibrée, près de terre mais sans excès.

La tête est de profil rectiligne. Le front, large et plat chez le mâle, présente un léger resserrement chez la femelle entre les cornes et les orbites. Ces dernières sont assez saillantes, ce qui détermine une légère dépression entre elles. Le chanfrein, droit, se termine par un mufle généralement noir et par une bouche plutôt grande. Les oreilles, petites sont portées latéralement et plutôt vers le haut.

Les cornes ont une base forte chez le taureau et se développent de façon conique latéra-

lement, pour former un léger croissant chez les mâles âgés. Chez la femelle, le cornage est nettement plus fin et après un démarrage latéral, il se développe obliquement vers l'avant et le haut.

L'encolure, un peu courte, légère chez la vache, plus épaisse chez le mâle, est portée horizontalement; sa ligne supérieure prolonge celle du dos sans discontinuité.

Le garrot se détache peu et la ligne du dos se montre rectiligne et presque horizontale (le sacrum n'est que de très peu plus haut que le garrot : 2 à 3 cm).

La côte ronde donne une poitrine ample et le tronc, dans sa partie postérieure, conserve une section cylindrique, les animaux étant rarement ventrus. La mamelle, toujours petite, est remontée entre les cuisses, peu visible latéralement.

Le bassin, peu incliné, présente une pointe de la fesse située légèrement plus bas que l'angle de la hanche; assez long, et assez large au niveau des hanches, il se montre très resserré aux ischiurs, ce qui donne un arrière étroit. La queue est attachée un peu haut et sa base se détache nettement au-dessus du bassin. Sa longueur moyenne amène l'extrémité du touillon au-dessous du jarret, en général à mi-distance entre le jarret et le sol.

Les membres et les articulations sont fins. L'épaule plutôt verticale se fond bien avec le thorax. La cuisse a le plus souvent un profil rectiligne et ne devient convexe que chez les animaux en excellent état d'embonpoint. Les onglons, petits et noirs, sont formés d'une corne résistante.

Le poil est toujours court, fin et luisant sur les animaux en bonne santé. La robe la plus fréquente est pie noire, soit avec de grandes taches irrégulièrement réparties, soit avec de petites taches noires sur un fond à dominante blanche. On peut trouver des animaux entièrement noirs ou encore des robes fauves ou fauvepie. En somme, la couleur est assez variable et ne peut pas permettre de caractériser la race.

Format des animaux adultes

Le format des animaux adultes peut être apprécié par les mensurations principales que nous regroupons au tableau n° I :



Photo n° 1
Taureau Baoulé

Photo n° 2
Vache Baoulé
en savane



Photo n° 3
Vache Baoulé
Détail de la tête



Photo n° 4
Traite par un berger Peul



Photo n° 5
Troupeau villageois



Photo n° 6
Vache et son veau

TABLEAU N° 1

	Mâles n = 26	Femelles n = 40
Hauteur au garrot (cm)	100,07 ± 1,68	95,15 ± 1,14
Hauteur sous-sternale (cm)	48,54 ± 0,96	46,75 ± 0,61
Périmètre thoracique (cm)	140,46 ± 2,60	128,44 ± 1,6
Longueur scapulo-ischiale (cm)	121,19 ± 2,58	112,29 ± 1,7
Longueur de la croupe (cm)	41,15 ± 0,89	38,00 ± 0,75
Largeur aux hanches (cm)	33,27 ± 0,77	31,41 ± 0,66

Ces chiffres nous montrent bien le petit format de la race Baoulé, sans doute l'un des plus faibles pour des bovins (à l'exception de la race des Lagunes).

Les mensurations moyennes du troupeau de Bouaké peuvent être utilement comparées à celles relevées par VERLY (6), dans diverses régions de Côte-d'Ivoire, sur des vaches Baoulé.

Le premier rapport (P.T./H.G.) donne des chiffres peu élevés : le Baoulé n'est pas un animal compact. Les races « à viande » donnent des rapports nettement plus forts : Charolais mâle 1,70, Limousin mâle 1,69, Charolais femelle 1,53, Limousin femelle 1,47.

Le rapport L.S.I./H.G. qui détermine le profil général de l'animal est bon, puisque pour un animal plutôt long, comme le Limousin, on a 1,23 chez le mâle et 1,21 chez la femelle. Le Baoulé doit être qualifié de médioligne, mais non de bréviligne.

En revanche, le rapport de la largeur aux hanches à la longueur de la croupe est faible, car sur les races taurines améliorées, il dépasse toujours 1 (largeur supérieure à la longueur, alors que c'est nettement l'inverse ici). Cela confirme l'aspect étroit de l'arrière train du Baoulé.

	Dabakala (n = 11)	Bouna (n = 105)
Hauteur au garrot (cm)	92,00 ± 1	94,2 ± 0,3
Périmètre thoracique (cm)	131,8 ± 1,4	132,6 ± 0,5
Largeur aux hanches (cm)	32,00 ± 0,4	33,4 ± 0,1

On note une très bonne concordance de ces moyennes avec celles observées sur le troupeau de Bouaké. Si l'on tient compte du facteur de variation lié à la façon de l'observateur de prendre les mesures, on est amené à conclure que le bétail Baoulé est homogène dans les diverses régions considérées et que l'échantillon de Bouaké est bien représentatif de la race.

A partir des mensurations, on peut établir quelques rapports capables de nous aider à caractériser la race.

	Mâles	Femelles
P.T./H.G.	1,40	1,35
L.S.I./H.G.	1,21	1,18
I.H./L.C.	0,81	0,82

P.T. = Périmètre thoracique.

H.G. = Hauteur au garrot.

L.S.I. = Longueur scapulo-ischiale.

I.H. = Largeur des hanches.

L.C. = Longueur de la croupe.

PRODUCTIVITE DE LA RACE BAOULE

Reproduction

Age moyen au premier vêlage

Les génisses, dès le sevrage, ont été mises en présence du taureau, ce qui permet la fécondation dès qu'elles en sont capables. Sur celles qui sont nées à la station et dont on connaît la date de naissance, 63 vêlages primipares ont été observés. L'âge moyen s'établit alors à 2 ans 1 mois 21 jours ± 40 jours. C'est incontestablement une moyenne extrêmement basse pour un bétail élevé en milieu tropical. Il caractérise une grande précocité physiologique et une parfaite adaptation au milieu.

Intervalle entre vêlages

234 intervalles entre vêlages ont été observés. On constate que 80 p. 100 de ceux-ci s'établissent entre 300 et 480 jours, la moyenne étant pour l'ensemble de 421 jours.

Cela correspond pour les femelles reproductrices à une fécondité supérieure à 85 p. 100, vraiment excellente dans des conditions d'élevage pratiquement extensif.

La confirmation est donnée par le nombre de veaux et velles nés chaque année, rapporté au nombre de vaches présentes :

	1968	1969	1970	1971
vaches présentes .	81	113	136	161
naissances	68	95	114	120
p. 100	83,95	84,07	83,82	74,53

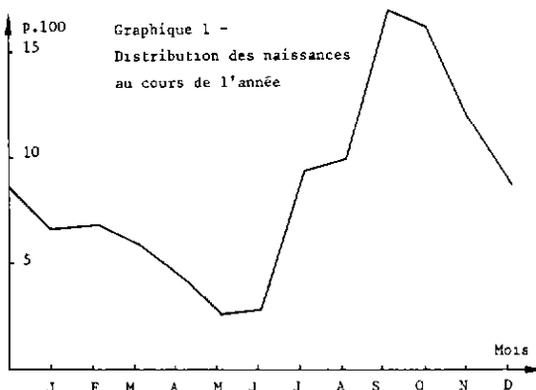
Le taux de fécondité ne peut pas être donné car les génisses sont mises dans le troupeau à saillir dès l'âge de 9 mois, alors qu'elles ne sont pas encore pubères et la détermination du nombre de femelles aptes à être fécondées ne peut être qu'arbitraire.

Rythme saisonnier des naissances

Les cycles sexuels des vaches Baoulé sont fortement influencés par les phénomènes saisonniers. 399 naissances observées pendant une période de 4 années, se répartissent comme suit :

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
p. 100	8,5	6,5	6,75	5,75	4,25	2,25	2,5	9,0	9,75	16,75	16	11,75
n	34	26	27	23	17	9	10	36	39	67	64	47

Ces chiffres reportés sur le graphique n° I permettent de tracer une courbe qui montre un pic très net correspondant aux mois de septembre, octobre, novembre, décembre pendant lesquels se situent 55 p. 100 des naissances, consécutives à des saillies fécondantes situées de décembre à mars, pendant la saison sèche.



On peut invoquer soit le climat sec qui favorise un meilleur état général des animaux, soit une insolation beaucoup plus forte qui entraînerait un meilleur fonctionnement neuro-hormonal.

On constate un léger regain de la courbe vers mars-avril qui correspond à des saillies de juin et juillet.

En revanche, la natalité s'effondre en mai, juin, juillet, ce qui indique une fertilité très faible d'août à octobre, pendant la seconde moitié de la saison des pluies, au moment où ces dernières sont les plus intenses. Le rôle favorable que l'on attribue à l'équinoxe d'automne ne paraît jouer nullement.

Le poids des veaux à la naissance varie dans le sens inverse de la fréquence des naissances : ceux nés en juin, juillet, août, septembre paraissent un peu plus lourds. Cela s'explique car la fin de gestation correspond alors au stade de la meilleure valeur alimentaire du pâturage.

Poids moyens des veaux à la naissance

Janvier	11,79	Juillet	14,6
Février	12,47	Août	13,08
Mars	11,27	Septembre	13,15
Avril	12,71	Octobre	12,10
Mai	11,86	Novembre	11,18
Juin	13,5	Décembre	11,69

Croissance

La croissance des Baoulés a pu être étudiée par des pesées mensuelles et détermination des poids aux âges types de 3, 6, 9, 12, 18 mois, 2 et 3 ans.

Les poids moyens des mâles et des femelles sont donnés au tableau II.

On peut noter en outre que 3 taureaux de 4 ans pèsent en moyenne 256 kg et 9 taureaux de 5 ans et plus 267 kg, ce qui peut être considéré comme le poids maximal moyen.

TABLEAU N° II - Poids à âges types (kg)

	Naissance	3 mois	6 mois	9 mois	12 mois	18 mois	2 ans	3 ans
Mâles	12,56±0,33 (176)	36,49±1,30 (155)	61,25±2,20 (138)	81,65±2,86 (123)	92,86±3,27 (111)	127,18±4,35 (81)	162,03±5,28 (65)	212,82±10,06 (28)
Femelles	12,03±0,25 (209)	36,74±1,05 (184)	61,73±1,92 (172)	84,76±2,31 (145)	95,78±2,72 (144)	123,67±2,83 (111)	145,78±3,37 (97)	165,98±6,42 (41)

Quant aux vaches adultes, elles pèsent en moyenne 175 kg (159 observations sur des animaux de 4 ans et plus).

Les gains quotidiens moyens s'établissent comme suit (en g/j) : (Tableau n° III).

TABL. N° III - Gains quotidiens moyens (g)

	Mâles	Femelles
Naissance		
3 mois	266	274,5
6 mois	275	277,6
9 mois	226,6	255,9
12 mois	124,5	122,4
18 mois	190,6	154,9
2 ans	193,6	122,8
3 ans	139,1	55,3

Les mâles et les femelles ont des croissances tout à fait superposables jusqu'à 12 mois. Au cours de cette période, on observe une vitesse de croissance très régulière jusqu'à 6 mois (275 g/j) qui fléchit un peu entre 6 et 9 mois, la lactation de la mère devenant faible. Mais un décrochement net se produit après le sevrage à 9 mois, les gains quotidiens diminuant brusquement de moitié. De 1 à 2 ans, on voit les mâles reprendre mieux que les femelles en raison du dimorphisme sexuel. Enfin, après deux ans, alors que les mâles poursuivent une croissance assez active, les femelles voient la leur très ralentie par la première mise bas et le premier allaitement. Le graphique II met parfaitement en évidence ces observations.

Nous ne pouvons pas terminer cette étude de la croissance au pâturage naturel sans souligner l'influence de la saison des naissances.

Si on distingue les naissances :

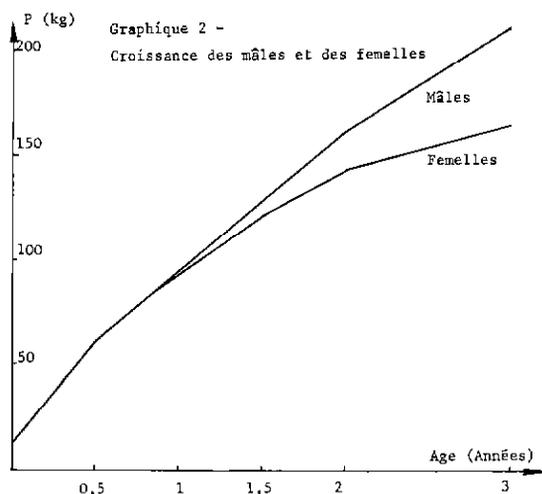
- I. Décembre, janvier, février = saison sèche
- II. Mars, avril, mai = début des pluies

III. Juin, juillet, août = milieu des pluies
 IV. Septembre, octobre, novembre = fin des pluies,
 on obtient les moyennes de poids, à différents âges, suivantes (kg) :

	1 an	18 mois	2 ans
I. Saison sèche	90,15	133,8	152,7
II. Début des pluies	83,21	124,18	149,6
III. Milieu des pluies	109	119,6	178,6
IV. Fin des pluies	93,9	125,5	158,7

On voit qu'à 1 an et 2 ans, les animaux les plus lourds sont ceux qui naissent en juin, juillet, août (groupe III); cela s'explique aisément, ces anniversaires venant en saison des pluies où l'herbe nutritive abonde. A l'inverse, ces anniversaires viennent en fin de saison sèche pour le groupe II (mars, avril, mai) et les animaux y sont moins lourds, les deux autres groupes étant intermédiaires. A l'âge de 18 mois, c'est à l'inverse le groupe I qui est favorisé (saison des pluies).

Les courbes de croissances en groupant ainsi les animaux par trimestre de naissances, s'entrecroisent en gardant une même allure générale. Il semble que les naissances en juin, juillet, août gardent un léger avantage, mais il est difficile d'être affirmatif.



Aptitude à l'embouche

Embouche sur *Stylosanthes*

40 taurillons Baoulé nés à la Station de Bouaké ont été repris par le Centre de recherches zootechniques, afin d'étudier leur réaction à une embouche herbagère suivie d'une finition intensive (3). Leurs poids et âges moyens étaient de 148 kg et 22 mois.

Pendant une année entière, ces animaux ont été placés sur un pâturage de *Stylosanthes guianensis* à raison de 0,37 ha par tête, ce qui correspond à un chargement légèrement inférieur à 3 têtes/hectare ou à 450 kg de poids vif par hectare, en début d'essai. (Sous ce dernier aspect, la charge a augmenté en cours d'essai pour atteindre 650 kg/ha *in fine* en raison de la croissance des animaux). Le pâturage réparti en quatre parcelles était utilisé par rotation.

L'évolution des poids et des gains est rapportée au tableau IV.

une pointe en août (406 g/jour). L'année se termine avec des gains modestes dès que la saison sèche apparaît. (110 et 115 g/jour en novembre et décembre).

L'embouche au pâturage artificiel, même de légumineuses, ne permet pas d'obtenir des gains substantiels et de finir les animaux. C'est pourquoi l'emploi de concentrés a été pratiqué : sur 12 animaux des 40 précédents en complément du pâturage, sur 12 autres, de même origine, en *zéro grazing* dans un parc d'embouche.

12 autres animaux, enfin, restèrent sur *Stylosanthes*.

Finition sur *Stylosanthes* avec complémentation

Le concentré était constitué de graines de coton mélassées, puis de graines de coton et de farine basse de riz, en mélange.

Les taurillons demeurant au pâturage de *Stylosanthes* n'ont eu aucun problème d'adaptation.

TABL. N°IV-Embouche de 40 taurillons sur *Stylosanthes guianensis*

Dates	Poids du lot (kg)	Gain par période (kg)	G.Q.M. (g)	Gain total (kg)	G.Q.M. cumulatif (g)
8 décembre	5 920				
4 janvier	6 211	291	269,4	291	269,4
27 février	6 137	-74	- 34,2	217	67
31 mars	6 392	255	199,2	472	104,4
28 avril	6 714	322	287,5	794	140,7
25 mai	7 198	484	448,1	1 278	190,1
29 juin	7 316	118	84,3	1 396	171,9
28 juillet	7 576	260	224,1	1 656	178,4
25 août	8 015	439	406,5	2 095	202,2
22 septembre	8 268	253	225,8	2 348	204,5
21 octobre	8 459	191	164,6	2 539	200,9
17 novembre	8 578	119	110,2	2 658	193,7
15 décembre	8 702	124	114,8	2 782	187,9

Les animaux prennent davantage de poids qu'au pâturage naturel : 69 kg en un an au lieu de 51, mais le résultat demeure bien faible avec des gains quotidiens moyens inférieurs à 200 g, c'est-à-dire voisins de 100 g par 100 kg de poids vif.

L'évolution des gains quotidiens montre l'influence considérable de la saison : en janvier et février, fin de la saison sèche, les taurillons ne prennent rien et même perdent légèrement. Puis on assiste à des gains quotidiens qui vont en s'accroissant avec la croissance de l'herbe, pour atteindre 448 g en mai. Après quoi, l'animal se stabilise un peu pour reprendre activement du poids en juillet, août et septembre avec

La durée de l'essai n'a pas été la même pour tous les animaux, car certains ont atteint assez vite un poids de 270 kg avec un bon état général, ce qui a conduit à les abattre plus tôt. Trois animaux ont été abattus après 53 jours, deux après 81 jours, 4 après 95 jours, 3 enfin après 103 jours. Pour l'ensemble, 1 010 journées d'embouche ont entraîné un gain global de 457 kg, soit un croît quotidien moyen de 452 grammes. Les résultats sont donnés au tableau V. On voit que le concentré a donné d'emblée des résultats spectaculaires (523 et 502 g/j) car les animaux maintenus sur leur pâturage n'ont pas eu de problème d'adaptation. Mais au cours du troisième mois les gains ont

TABL.N°V-Pâturage complémente.

Dates	Nombre	Poids (kg)	Gain (kg)	G.Q.M. (g)
15 décembre	12	2 682		
12 janvier	12	2 858	176	523
14 février	12	3 057	199	502
	9	2 229		
14 mars	9	2 281	52	206
	7	1 738		
28 mars	7	1 778	40	408

nettement baissé (206 g) pour reprendre un peu sur les animaux les plus jeunes et les plus légers.

Finition en parc

Les douze taurillons mis en parc ont eu un comportement où l'agitation a été exacerbée par la promiscuité. Il en est résulté une adaptation assez difficile. Il ne paraît pas recommandé de placer en parc des mâles pubères.

Deux animaux ont été abattus après 53 jours, deux après 81 jours, deux autres après 88 jours, six après 103 jours.

Pour un total de 1 062 jours de présence au parc, le gain total était de 345 kg, soit 324 g/jour/tête. Le détail est donné au tableau VI.

TABL. N°VI-Finition en parc.

Dates	Nombre	Poids (kg)	Gain (kg)	G.Q.M. (g)
15 décembre	12	2 661		
12 janvier	12	2 745	84	250
14 février	12	2 895	150	378
	10	2 358		
14 mars	10	2 465	107	382
	6	1 424		
28 mars	6	1 428	4	47

Les gains quotidiens sont moins élevés qu'au pâturage supplémenté mais ils se poursuivent mieux au cours du troisième mois pour s'effondrer en fin d'essai (47 g/jour).

Les aliments, entièrement distribués à l'auge, ont pu être mesurés :

Fourrage : 17 946 kg soit 1 345 U.F.

Concentré : 3 009 kg soit 3 097 U.F.

Total 4 442 U.F.

Le gain total étant de 345 kg, l'indice de consommation s'est élevé à $4\,442 \div 345 = 12,87$ U.F.

par kg de gain, ce qui est trop élevé pour permettre l'économie de l'opération.

Lot témoin

Le lot témoin sur *Stylosanthes*, pendant le même temps, a pris 321 kg en 1 496 jours de pâturage effectif, soit 214 g/jour. On retrouve une perte de poids en mars, qui correspond au passage de la fin de la saison sèche au début des pluies, phénomène très classique.

Le tableau VII retrace l'évolution des poids du lot, dont les animaux ont été, ici aussi, abattus de façon échelonnée.

TABL.N°VII-Témoins au pâturage.

Dates	Nombre	Poids (kg)	Gain (kg)	G.Q.M. (g)
15 décembre	16	3 359		
12 janvier	16	3 511	152	339
14 février	16	3 647	136	257
	14	3 098		
14 mars	14	3 144	46	117
	11	2 363		
28 mars	11	2 350	-13	-84

Conclusion

En finition, le Baoulé donne des résultats qui peuvent paraître modestes : 500 g par jour pendant deux mois, 400 g pendant une période légèrement plus longue. Mais si l'on rapporte ces gains au poids vif de l'animal, ils sont de l'ordre de 200 g par 100 kg/vif ce qui, sans être très brillant, apparaît moins faible.

Si l'on veut des carcasses pesant plus de 100 kg, le format de l'animal étant petit, on est obligé d'emboucher des animaux déjà pubères.

A ce stade, le pouvoir transformateur des aliments est moins bon.

Production de viande

En Côte-d'Ivoire, l'on abat des zébus provenant du Sahel dont les carcasses peuvent dépasser 200 kg; les carcasses de N'Dama atteignent fréquemment 150 kg. Cela fait que les carcasses de Baoulé qui n'atteignent pas toujours 100 kg, sont moins appréciées. Le prix obtenu par kg est toujours un peu inférieur à celui des races citées précédemment.

La qualité de la viande est diversement appréciée. Pour les uns excellente, pour les autres fibreuse et peu sapide.

L'analyse d'une carcasse de l'un des animaux finis au cours des essais précédents a donné les résultats suivants :

Poids vif au départ du Centre	269 kg
Poids vif après 24 heures de jeûne (1)	249 kg
Poids du contenu digestif	25 kg
Poids vif vide (2)	224 kg
Poids de carcasse chaude (3)	135 kg
Rendement commercial (3)/(1)	54,8 p. 100
Rendement vrai (3)/(2)	60,3 p. 100
Longueur de la carcasse (4)	98 cm
Indice de compacité (3)/(4)	1,37
Epaisseur de la cuisse (5)	19,2 cm
Indice de muscle (5)/(4)	0,196
Poids du gras de rognons (6)	0,7 kg
Indice de gras (6)/(3)	0,5 p. 100

On voit que la carcasse outre sa petite taille et son poids modeste, bien qu'il s'agisse d'un animal fini, se présente comme assez peu musclée. Les animaux à viande (Charolais) ont des indices de muscle atteignant 0,28. Avec 0,19, le Baoulé se retrouve au niveau du zébu dont la conformation musculaire est plutôt plate.

En second lieu, il est surprenant de trouver sur un animal ayant été fini, un indice de gras aussi faible que 0,5 p. 100; on s'attendrait à un indice voisin de 2 ou supérieur. Bien sûr, il s'agit d'animaux entiers, mais ce résultat confirme l'opinion générale qui veut que le Baoulé se finisse mal avec dépôts de graisse insuffisants. Cela est sans aucun doute un facteur défavorable à la sapidité de la viande.

Production de lait

Nous n'avons connaissance d'aucun contrôle de production laitière de vaches Baoulé. On peut tenter d'approcher la production laitière par la croissance des veaux à la mamelle.

Si l'on applique la formule :

$$Q = 9,18 \frac{P_4 - P_n}{120}$$

où P₄ = poids à 4 mois, P_n = poids de naissance on obtient avec les animaux de la station (185 veaux et velles)

$$Q = 9,18 \times \frac{45,9 - 12,25}{120} = 2,574 \text{ l/jour}$$

ou 308,9 litres en quatre mois ce qui est, évidemment, très faible.

Dans les élevages traditionnels, après avoir séparé et attaché les veaux pendant la nuit, les bergers Peuls traitent les vaches Baoulé avant de les conduire au pâturage. La quantité prélevée est toujours modeste et il faut de nombreuses vaches pour que le Peul puisse vendre quelques litres de lait.

Compte tenu cependant de la faible production des vaches, la traite devient catastrophique pour les veaux et l'on ne peut plus s'étonner de ce que, dans l'élevage confié aux Peuls, un veau sur deux puisse mourir.

PATHOLOGIE

Les mortalités, de très loin les plus importantes, sont à déplorer sur les veaux. Sur 438 veaux nés, 61 (14 p. 100) sont morts dont :

25 avant 15 jours,

26 entre 15 jours et 3 mois,

4 entre 3 mois et 9 mois,

6 entre 9 mois et 12 mois.

Les causes essentielles de mortalité avant 3 mois se répartissent comme suit :

Poids insuffisant à la naissance 4

Diarrhées 24

Lactation insuffisante de la mère 9

Il demeure, comme dans tout élevage extensif, un certain nombre de mortalités auxquelles on n'a pas pu trouver une cause précise (le plus souvent à cause d'une autopsie tardive et d'un cadavre en mauvais état de conservation).

Le facteur alimentaire paraît primordial, car de nombreux veaux sont insuffisamment nourris par leur mère, surtout par les primipares ce qui diminue leur résistance, favorise les déviations des populations microbiennes du tube digestif et les infections fatales.

Il faut par conséquent s'attacher à mieux nourrir les vaches en toutes saisons pour qu'elles nourrissent mieux leurs veaux; toute améliora-

tion génétique devrait s'efforcer d'introduire (modérément bien sûr) quelques gènes laitiers, afin que l'herbe soit mieux utilisée.

Sur les adultes, on a relevé un cas de météorisation, un cas d'intoxication, un accident; mais la mortalité, à ce stade, demeure très faible.

Il faut surtout retenir que l'action sanitaire doit prioritairement porter sur les jeunes si l'on veut augmenter la productivité du troupeau.

CONCLUSION GENERALE

La race Baoulé apparaît au premier regard comme peu productive : format très faible, croissance lente, engraissement insuffisant, lactation très déficiente. Cependant, il convient de bien examiner les qualités dont elle est dotée; elles expliquent parfaitement sa diffusion dans les savanes humides proches de la forêt :

- la tolérance à la trypanosomiase lui permet de subsister sans dommage dans les régions infestées par les glossines;
- la résistance aux maladies transmises par les tiques est également très bonne;

— l'adaptation au climat tropical humide est excellente : les vaches présentent une fécondité élevée, ainsi qu'une précocité indéniable.

Ces qualités sont donc à prendre en compte par tout programme d'amélioration de la production bovine dans les régions de savanes humides de l'Afrique de l'Ouest.

Si la sélection ne peut pas laisser espérer un accroissement suffisant de la productivité de la race Baoulé, les zootechniciens seront vraisemblablement amenés à étudier des croisements. Ils devront être entrepris avec prudence et discernement. Il est sans doute nécessaire d'accroître le format des animaux de manière à pouvoir les utiliser en boucherie à un âge suffisamment peu élevé : on bénéficiera alors de leur meilleur pouvoir transformateur de la nourriture tant qu'ils sont jeunes. Mais il faut se rappeler que le marché ne réclame pas des carcasses très lourdes. Les infusions de gènes améliorateurs devront rester limitées de façon à conserver, dans la proportion la plus forte possible, le potentiel génétique de résistance aux maladies, d'adaptation au milieu, en un mot de rusticité, de la race Baoulé.

SUMMARY

Study of a Baoule cattle breed in Ivory Coast

Baoulé cattle, a trypanotolerant breed, is the most numerous in Ivory Coast. A herd was controlled at Bouake husbandry center (sudano-guinean savannah).

Baoule cattle is a small breed : height at withers 100 cm for bulls and 95 cm for cows. But the breed is very well adapted to the climate and environment : high fertility, precocious first calving and good resistance to diseases.

The growing characteristics were studied. Fattening on *Stylosanthes guianensis* pasture or with concentrate diets given a fast growth. Carcasses are light with few fat.

The scour of calves causes a high percentage of death.

RESUMEN

Estudio de una población de bovinos Baule en Costa de Marfil

Los bovinos Baule, resistentes contra la tripanosomiasis, son más numerosos en Costa de Marfil.

En Buake (region de sabana sudano guineana) se ha criado y comprobado una manada.

El Baule es una pequeña raza : machos : 100 cm a la cruz, hembras 95 cm. Pero la raza muestra su adaptación al medio por una excelente fertilidad, una edad al primer parto muy precoz y una buena resistencia contra las enfermedades. Se estudian las características del crecimiento.

El acabado sea sobre pasto de *Stylosanthes guianensis*, sea con un pienso concentrado permite obtener un crecimiento más rápido.

Los canales son ligeros y poco grasos. La diarrea de los terneros causa las mortalidades más importantes.

BIBLIOGRAPHIE

1. AILLERIE. Rapports au Gouverneur de Bingerville; 1923, 1924, 1925, 1933. Arch. Nat. (Côte-d'Ivoire). Dossiers VI - 16-244, VI - 16-237, VI - 4-159.
2. DOUTRESSOULLE (G.). L'élevage en Afrique occidentale française. Paris, Larose, 1947, 298 p.
3. GOMBAUD (B.). Embouche de taurins Baoulé et N'Dama en zone de savane. Bouaké-Minankro, C.R.Z. I.E.M.V.T., République de Côte-d'Ivoire, Ministère de la Recherche Scientifique, octobre 1973, 63 p. (rap. ronéo.).
4. JOSHI (N. R.), Mc LAUGHLIN (E. A.), PHIL-
LIPS (R. W.). Les bovins d'Afrique, types et races. Rome, F.A.O., 1957, 317 p. (Etude agricole de la F.A.O. n° 37).
5. PAGOT (J.), COULOMB (J.), PETIT (J. P.). Revue et situation actuelle de l'emploi des races trypanotolérantes. *Bull. Inf. tech. trypanosomiasés africaines*. O.M.S./F.A.O./Try./Inf./74.57.
6. VERLY (P. L.). Contribution à l'étude des races bovines autochtones en Côte-d'Ivoire: les bœufs Baoulé et Lagunes. D.E.S. Université Abidjan, Fac. Sci., juin 1968, 213 p.

Essais d'insémination artificielle au Cameroun, à l'aide de semence congelée importée

I. Insémination artificielle de femelles zébus en chaleurs naturellement

par P. LHOSTE (*) et J. PIERSON (*)

RESUME

Les auteurs présentent les résultats d'un programme de quatre ans d'insémination artificielle chez les femelles zébus de race locale venues naturellement en chaleur à l'aide de semence congelée de races diverses d'importation.

La fécondité moyenne rapportée au nombre de vaches inséminées s'établit à 51 p. 100 en gestations contrôlées et à 47 p. 100 en veaux nés viables. Certaines races se sont montrées plus fécondantes que d'autres. Le prix de revient du veau d'insémination, plus élevé que celui de race locale, varie parfois sensiblement suivant la provenance et la race donneuse.

Le recours à l'insémination artificielle à l'aide de semence congelée leur paraît justifié surtout en matière de production laitière.

INTRODUCTION

L'expérimentation décrite a été menée de 1969 à 1973 au Centre de Recherches Zootechniques de WAKWA (Cameroun). Il s'agit d'un essai d'insémination artificielle de vaches zébus à l'aide de semence congelée importée.

La recherche zootechnique implantée dans cette Station depuis 1944 avait déjà abordé deux programmes de génétique bovine :

- un programme de sélection de la race locale (Zébu Foulbé de l'Adamaoua - Type Ngaoundéré);
- un programme de métissage entre la race locale et le Zébu Brahman Américain importé.

Ces deux opérations visent essentiellement à mettre à la disposition des éleveurs de la région des reproducteurs améliorés et adaptés aux conditions extensives d'entretien du troupeau.

Dans l'optique du développement de la production bovine, il nous est apparu souhaitable que la recherche, devant la production, prospecte un domaine nouveau au Cameroun dans le cadre de cette opération de croisement par insémination artificielle avec semence congelée d'importation.

A plusieurs titres, les conditions de la Station de Wakwa paraissent favorables au développement d'une telle opération; il s'agit en effet d'une importante Station bovine (1 500 à 2 000 zébus) située dans un environnement écologique assez favorable (altitude : 1 200 m, pluviométrie : 1 700 mm); le plateau de l'Adamaoua héberge d'ailleurs au Cameroun une

(*) Centre de Recherches Zootechniques de Wakwa, B.P. 65, N'Gaoundéré, République Unie du Cameroun.

population bovine de plus d'un million de têtes ainsi que plusieurs élevages commerciaux. Le passé même de la Station nous rappelle qu'un premier essai a été fait de 1944 à 1949 comme le rapporte Mandon (8) : l'insémination artificielle a été essayée avec du sperme frais récolté sur place, avec un pourcentage connu de naissances de 30,16 p. 100 par rapport au nombre de vaches (716) inséminées en 1944.

Les objectifs de ce nouveau programme concernent d'une part la technique et, d'autre part les aspects zootechniques de l'opération. Au niveau de la technique, nous nous proposons d'aborder les problèmes d'importation, de conservation et d'utilisation de la semence congelée ainsi que les aspects d'organisation des campagnes, de formation de personnels. Au niveau zootechnique, nous étudierons les problèmes de détection des chaleurs, insémination, fécondation, période d'intervention, ...

Les résultats obtenus avec les produits de croisement ne font pas l'objet de cette étude, ils sont abordés par ailleurs (1 et 7). Nous rappellerons cependant que le programme vise également, sur le plan génétique, à apprécier l'adaptation des produits de croisement au milieu tropical et leurs aptitudes à la production de viande et de lait. Différentes races taurines européennes sont testées, ainsi que, à nouveau, la race zébu Brahman américaine.

Dans cette première partie, nous abordons les résultats-Insémination et Reproduction, obtenus sur les femelles zébus venant en chaleur naturellement. Dans une deuxième partie, nous rendrons compte d'un essai de maîtrise des cycle sexuels par synchronisation de l'œstrus chez les femelles zébus.

MATERIEL ET METHODES

La mise en place du programme d'insémina-

tion artificielle a justifié un certain nombre d'opérations préalables sur lesquelles nous n'insisterons pas : l'aménagement des installations, la formation du personnel, l'approvisionnement en matériel d'insémination et de conservation de semence, les achats d'animaux, etc.

Le matériel

Le matériel spécifique nécessaire pour un tel programme est assez limité. Nous distinguons le matériel destiné au transport et à la conservation de la semence, du matériel d'insémination.

Pour le transport et la conservation au Centre de la semence, nous avons sélectionné 2 récipients cryogéniques de 15 et 35 litres. Le plus petit sert au transport aérien des doses de semence, le plus gros constitue normalement la banque de semence sur place. Pour le réapprovisionnement en azote liquide, une navette aérienne a été instituée avec le plus proche fournisseur (Douala), grâce à deux récipients cryogéniques de 25 litres. Cet équipement minimal présente une certaine sécurité.

Le matériel d'insémination est extrêmement modeste : Pistolets d'insémination pour paillettes (2 modèles), cathéters complets (pour ampoules et pastilles), gants pour la prospection rectale, thermos, pinces,...

La semence

Dans le cadre de cette expérimentation, nous avons utilisé en quatre années successives plus de 900 doses de semence réparties selon le tableau I.

C'est donc environ 350 doses de race zébu Brahman américain et 750 doses taurines (réparties en 5 races différentes) qui ont été employées au cours des essais.

Le conditionnement de la semence a varié :

TABEAU N° I

	Nombre de doses de semence utilisées :		Autres races : Taurines	Total
	Brahman	Charolaise		
Année 1 : 1969	-	148		148
" 2 : 1970	177	86	137 doses montbéliardes	400
" 3 : 1971	96	32	46 " tarentaises	174
" 4 : 1972	74	55	60 " limousines	189
	347	321	243	911

- Ampoules en ce qui concerne la semence américaine;
- Paillettes (moyennes ou fines) pour certaines races françaises;
- Pastilles ou « pellets » à rediluer pour d'autres races taurines.

Les femelles

Les reproductrices utilisées étaient en majorité des vaches zébus relevant de deux groupes génétiques différents :

- Vaches de race locale = Zébus Foulbé de l'Adamaoua;
- Vaches métis demi-sang Brahman, appelées « Wakwa ».

La plupart des vaches utilisées étaient des vaches non suitées au moment de la campagne d'insémination. La première année, nous avons utilisé des vaches suitées d'un jeune veau et quelques génisses de 3 ans.

Les détecteurs de chaleurs

La détection des chaleurs a été facilitée par l'utilisation de taureaux boute-en-train opérés sur place. Deux méthodes de stérilisation des mâles ont été utilisées :

- La vasectomie classique qui consiste en une ligature et section des canaux déférents au niveau des cordons testiculaires;
- La déviation latérale de la verge suivant une technique décrite par ROMMEL (1960) et mise au point sur les zébus par LUBOS HOLY et al. (2).

Huit jeunes taureaux ont été opérés la première année (1969) : quatre vasectomisés et quatre déviés; les années suivantes, quatre taureaux par an ont été opérés.

Les inséminations

Les vaches choisies parmi les troupeaux de la station pour le programme d'insémination sont regroupées chaque année en un lot expérimental soumis au contrôle des chaleurs. Deux taureaux détecteurs sont placés dans ce lot et une rotation des mâles est effectuée après deux à trois semaines de détection. Les vaches signalées en chaleur sont inséminées au corral le matin ou le soir, suivant l'observation de l'oestrus.

Plusieurs inséminateurs se sont succédé au cours de ces essais.

Dans la présentation des résultats, nous essaierons de dégager les enseignements de cette expérimentation. Nous distinguerons :

- certaines observations générales relatives aux approvisionnements et mise en place des essais;
- les résultats relatifs à la détection des chaleurs;
- les inséminations (moment optimal), les retours en chaleurs et la durée du cycle;
- la fécondité et l'étude des différents facteurs agissant sur ce critère;
- la reproduction : durée de gestation et accidents.

RESULTATS

Observations générales

Les aspects matériels de cette expérimentation ont pu être dominés sans difficultés majeures; nous n'insisterons que sur quelques points particuliers.

L'approvisionnement en semence depuis les Etats-Unis et la France a été aisément résolu grâce au recours à une Société spécialisée française qui s'est chargée des dossiers et des envois. Nous signalerons que le transport aérien n'est pas absolument sans risque puisque nous avons subi 2 avaries en cinq années; la première livraison de semence en 1969 est arrivée avariée par suite d'une déficience du récipient cryogénique. En cinquième année du programme, c'est un récipient destiné au transport d'azote qui a été à son tour détérioré. Dans les deux cas, des manutentions défectueuses en cours de transit ont très probablement causé ces avaries.

Sur place, de bonnes installations sont indispensables pour manipuler des lots expérimentaux assez lourds et pour pratiquer les inséminations. Une surveillance très sérieuse du troupeau est nécessaire compte tenu du caractère fugace et discret des manifestations de l'oestrus des vaches zébus élevées extensivement.

La formation des inséminateurs sur place est aisée et cet aspect semble très important, comme nous le verrons ci-après dans l'analyse des résultats de fécondité.

TABLEAU N°II Bilan des détections en chaleurs naturelles.

Années	A n i m a u x	E f f e c t i f s	Taux de détection p.100
1969	Vaches zébus suitées et	86	32,6
	non suitées	77	72,7
1970	Vaches zébus non suitées	166	94,6
1971	" " " "	109	91,7
1972	" " " "	121	94,2

La détection des chaleurs

Les taureaux boute-en-train utilisés nous ont donné satisfaction bien que l'instinct génésique des zébus utilisés semble modéré. La durée d'utilisation de ces détecteurs vasectomisés ou déviés était du même ordre : 2 à 3 campagnes annuelles; après ce délai, leur efficacité devenait insuffisante. Nous concluons toutefois à l'avantage de la déviation du pénis sur la vasectomie essentiellement pour des raisons sanitaires. En effet, cette technique de déviation évite tout contact vénérien au moment des détections.

Nous présentons au Tableau II le bilan des détections enregistrées dans les lots expérimentaux en distinguant les résultats de chacune des quatre années d'insémination en chaleurs naturelles.

Il apparaît donc que les résultats de détection s'améliorent pour les années 2, 3 et 4 par rapport à l'année 1, ce qui est dû essentiellement à l'installation de la rotation des détecteurs et au rodage du personnel de surveillance. On observe également au vu des résultats de l'année 1969 que les chaleurs n'apparaissent pas sur une proportion importante des vaches suitées (anœstrus de lactation).

Les trois dernières années montrent qu'avec une bonne sélection des vaches du lot expérimental, il a été obtenu au cours de campagnes courtes (2 mois environ) un taux moyen de détection élevé : 93 p. 100.

Les inséminations

Ne connaissant pas bien la physiologie de la reproduction de nos femelles zébus, nous avons procédé de façon empirique. La première année en particulier, les vaches observées en chaleur étaient inséminées le matin ou le soir suivant l'observation, et l'insémination était « doublée » 12 heures plus tard si les chaleurs persistaient. Ceci nous a permis d'observer que la seconde insémination améliorait la fécondité et qu'il y

avait intérêt à inséminer relativement tard, soit en pratique 12 heures après l'observation des chaleurs. Ce schéma adopté les années suivantes semble avoir amélioré la fécondité.

Les proportions de retour de chaleur ont varié d'une année à l'autre en fonction de divers facteurs parmi lesquels le taux de réussite, mais aussi la durée de la campagne. En moyenne sur 4 ans, pour 456 inséminations premières, (base 100) nous avons enregistré les taux de retour suivants :

en 2^e insémination = 56 p. 100

en 3^e insémination = 23,5 p. 100

en 4^e insémination = 5,6 p. 100

Après les campagnes d'insémination qui étaient intentionnellement courtes, les vaches bénéficiaient d'une période de monte libre au cours de laquelle 30 à 40 p. 100 de l'effectif revenait à nouveau en chaleur.

Nous avons enregistré les cycles œstriens parmi les vaches des lots expérimentaux. 262 cycles ont été enregistrés; leur distribution est unimodale et se caractérise ainsi :

— Cycle moyen : 19,7 jours (Extrêmes = 8 et 31 jours);

— Intervalle de confiance (P. 0,05) = 19,3 - 20 jours;

— Etendue = 79 p. 100 des données entre 18 et 22 jours

90 p. 100 des données entre 17 et 24 jours.

La fécondité

Rapportée au nombre de vaches inséminées, la fécondité brute (toutes gestations contrôlées) s'établit comme suit :

Année 1969 44,6 p. 100

Année 1970 54,7 p. 100

Année 1971 54 p. 100

Année 1972 48 p. 100

Moyenne de 4 ans = (232/455) 51 p. 100

Globalement, une vache inséminée sur deux a donc été fécondée. Deux races de vaches zébus ont été utilisées : vaches de race locale, Zébu Foulbé de l'Adamaoua et vaches Métis-Brahman ou Wakwa.

Le facteur race de la vache est sans influence significative sur les résultats : en 1969 avec la même semence Charolaise, nous enregistrons les taux de fécondité suivants :

Sur race locale 44,2 p. 100
Sur Métis-Brahman 45,2 p. 100

Facteurs année et numéro d'insémination

Rapportées au nombre d'interventions (ou doses de semence utilisées), les fécondations enregistrées nous donnent une estimation du taux de réussite. Au tableau III, nous présentons l'ensemble des résultats enregistrés par année et par numéro d'insémination, dans un tableau à double entrée.

Ces résultats sont établis sur un total de 854 interventions dont 233 fécondantes (27,3 p. 100)

Les tests d'homogénéité (critère de χ^2) appliqués à ces deux séries de résultats considérés indépendamment nous indiquent qu'aucun des deux facteurs (Année et numéro d'insémination) n'a d'influence significative sur le taux de réussite.

Facteur : race du père

Ayant utilisé, en insémination sur vaches zébus venant en chaleurs naturellement, 5 races importées différentes, nous présentons au tableau IV ci-après les taux moyens de réussite par race :

L'influence du facteur race est hautement significative ($\chi^2 = 32,9$ — H.S. à P. 0,01).

Les différences enregistrées sont donc très importantes avec 2 groupes distincts :

- un groupe de 2 races peu fécondantes (Brahman et Charolaise) pour lesquelles il faut plus de 4 doses par veau;
- un groupe de 3 races plus fécondantes (Montbéliarde, Limousine et Tarentaise) pour lesquelles il faut 2,2 à 2,6 doses par veau produit.

On peut remarquer que les 2 races peu fécondantes sont celles qui ont été utilisées plusieurs années de suite avec des résultats comparables d'une année à l'autre :

Années	Races :	
	Brahman	Charolaise
1969	—	25,7
1970	18,6	19,6
1971	30,9	21,9
1972	25,6	23,1
Moyenne (p. 100)	22,5	23,5

TABL. N°III - Taux de réussite (fécondations rapportées au nombre d'interventions) par an et par numéro d'insémination.

Année	Numéro d'insémination					Moyenne générale (p. 100)
	1ère (p.100)	2e (p.100)	3e (p.100)	4e (p.100)	5e (p.100)	
1969	26,5	24,4	28,6	0	—	25,7
1970	21,6	29,8	26,8	13,6	33,3	24,7
1971	37,	23,9	22,7	25	—	31,4
1972	33	27,8	12,5	0	—	29,6
Moyenne des 4 ans	28,8	27,4	24,1	13,8	33,3	27,3

TABL. N°IV-Influence du facteur race sur la fécondité rapportée au nombre d'interventions (ou doses).

Races	Nombre doses Fécondantes/Totales	Fécondation	
		Réussite p.100	Nombre moyen de doses/veau
Zébu Brahman américain	73/ 325	22,5	4,4
Charolaise	68/ 289	23,5	4,3
Montbéliarde	45/ 100	45	2,2
Tarentaise	18/ 46	39,1	2,6
Limousine	27/ 61	44,3	2,3
Total	231/ 821	28,1	3,5

En revanche, la race Montbéliarde qui est la plus fécondante (45 p. 100) a été utilisée en 1970, année au cours de laquelle la race Brahman (18,6 p. 100) et la race Charolaise (19,6 p. 100) ont présenté des taux minimaux. Ceci confirme évidemment le classement de la race Montbéliarde.

Le matériel ne peut pas être mis en cause; nous rappelons à ce propos que nous avons utilisé :

- le cathéter pour 3 races : Brahman, Tarentaise et Limousine;
- le pistolet d'insémination CASSOU pour les 2 autres : Charolaise et Montbéliarde.

A l'intérieur d'une même race, nous avons testé les différences observées entre géniteurs, sachant que nous avons importé de la semence provenant de :

- 8 géniteurs Brahman différents;
- 6 géniteurs Charolais différents;
- 4 géniteurs Montbéliards différents;
- 2 géniteurs Tarentais différents;
- 3 géniteurs Limousins différents.

Pour la seule race Charolaise, l'influence du facteur géniteur apparaît significative et nous citons les résultats obtenus :

Géniteurs Charolais	Fécondations
Napoléon	24/ 106 soit 22,6 p. 100
Phénomène	32/ 106 soit 30,2 p. 100
Tino	1/ 16 soit 6,3 p. 100
Utile	2/ 12 soit 16,7 p. 100
Colibri	6/ 15 soit 40 p. 100
Can Robert	3/ 34 soit 8,8 p. 100
Moyenne	68/ 289 soit 23,5 p. 100 ($\chi^2 = 12$ — Significatif à P. 0,05).

Le facteur inséminateur

Au cours des 4 campagnes d'insémination artificielle, 7 inséminateurs se sont partagés les interventions, certains inséminant plusieurs années de suite. En regroupant tous les résultats par inséminateur, indépendamment des autres facteurs, nous obtenons les résultats suivants :

Inséminateur	Vaches fécondées	Nombre interventions	Pourcentage de réussite
A	93	374	24,9 p. 100
B	46	137	33,6 p. 100
C	14	75	18,7 p. 100
D	31	96	32,3 p. 100
E	40	111	36 p. 100
F	8	37	21,6 p. 100
G	0	10	0 p. 100
	232	840	27,6 p. 100

(Test $\chi^2 = 16,4$ — Significatif P. 0,05).

Le facteur inséminateur constitue donc une source importante de variation (19 à 36 p. 100) et son influence apparaît significative.

Accidents de la reproduction

Les taux de fécondation présentés ci-dessus correspondent à toutes les gestations constatées; pour présenter un bilan complet, il est nécessaire d'indiquer les pertes enregistrées chez les mères et chez les veaux.

Chez les mères tout d'abord, nous avons enregistré, au cours des quatre années, 9 pertes consécutives à la reproduction (suites d'avortement, de vélages dystociques ou de prolapsus utérin). Rapporté au nombre de vaches fécondées (232) par insémination, nous obtenons un taux de 3,9 p. 100 de pertes chez les mères. Ces accidents sont très nettement plus nombreux que dans les troupeaux normaux de la Station. Notons que, d'une façon générale, les vélages dystociques ont été enregistrés avec les veaux Métis-Charolais qui sont les plus lourds.

En ce qui concerne les veaux, nous avons enregistré 15 pertes (soit 6,4 p. 100 des gestations) ainsi réparties :

- 6 avortements;
- 7 cas de morti-natalité consécutive à un vélage dystocique;
- 2 veaux débiles mourant dans les 48 premières heures.

Nous avons indiqué ci-dessus que la fécondité brute rapportée aux vaches inséminées était en moyenne de 51 p. 100; compte tenu des veaux non viables, la fécondité nette est de 47,8 p. 100 (veaux nés vivants rapportés à 100 vaches inséminées).

Si ces taux de pertes paraissent assez élevés, il faut rappeler que travaillant sur des effectifs importants dans des conditions d'élevage exten-

sif, nous n'avons pas eu un contrôle parfait des animaux au moment des vélages.

Durée de gestation

Les 220 gestations normales ayant donné naissance à un veau viable ont été analysées et réparties en fonction des 2 critères suivants :

- Race maternelle (Foulbé ou Wakwa);
- Race paternelle (Insémination Brahman ou Taurine).

Nous présentons au Tableau V ci-après les résultats obtenus : durée moyenne et intervalle de confiance :

En revanche, le groupe génétique paternel intervient de façon significative et nous observons que les veaux métis-taurins sont portés en moyenne 6 jours de moins que les veaux métis-Brahman (285,8 et 292,2 jours, respectivement).

DISCUSSION

Dans cette discussion, nous ne reviendrons que sur certains aspects zootechniques particuliers de nos résultats et nous donnerons quelques éléments économiques.

TABLEAU N° V-Durées de gestation.

Facteur paternel	Facteur maternel		Signification Différence
	Mère Foulbé	Mère Wakwa	
Insémination Taurine	288,5 (284,2 - 286,8)	286,6 (285,5 - 287,7)	N.S.
Insémination Brahman	291,7 (290 - 293,4)	294,1 (291 - 297,2)	N.S.
Signification-Différence	H.S.	H.S.	

Nous retrouvons donc un résultat établi précédemment (I) : les vaches Métis-Brahman présentent une durée de gestation supérieure à celle des vaches de race locale; mais compte tenu des effectifs modestes, les différences n'apparaissent pas significatives dans la présente étude.

Fécondité des vaches inséminées

Le niveau de fécondité enregistré dans nos essais, après 2 inséminations en moyenne par vache, est de 51 p. 100. Nous rappelons ci-dessous les résultats de quelques travaux récents dans des conditions de travail assez voisines des nôtres :

Référence : N° — Auteur — Pays Année Publication :	Fécondité observée :		OBSERVATIONS :
	Taux ou p. 100	Nombre Inséminations par gestation	
(3) IGBOELLI, G. ZAMBIE — 1973	—	3,8	Résultats établis sur 6 fermes. Races laitières.
(5) Services Vétérinaires KENYA — 1972	45-48	2,1 - 2,2	Programme très vaste (280 000 doses utilisées en 1970) 9 races européennes ou zébus.
(9) RAO et Al. INDE — 1968	38	—	Sur 437 inséminations premières avec semence congelée de race KERRY importée d'Angleterre.
(11) STRUTHERS, J. D. RHODESIE — 1963	55	—	Sur 138 inséminations premières avec semence congelée (6 races) importée des Etats-Unis.

Nos résultats apparaissent donc comparables à certains de ceux cités ci-dessus. Leur niveau modeste peut être attribué en partie, aux conditions d'élevage et au manque d'expérience du personnel.

Le moment de l'intervention semble jouer un rôle important et nos conditions de travail expliquent que l'insémination ne soit pas toujours faite au moment optimal : le début d'apparition des chaleurs n'est pas toujours observé, les inséminations ne sont effectuées que le matin et le soir... Confirmant nos observations, ROLLINSON (10) travaillant sur des animaux de race locale en Ouganda rapporte que le taux de fécondation est amélioré si les vaches sont inséminées 15 à 25 heures après la détection des signes de chaleur.

L'intérêt qu'il peut y avoir à « doubler » à 12 heures d'intervalle l'insémination ressort, en particulier, de nos essais en 2^e année. A ce propos, HORAK (3) rapporte que, travaillant dans des conditions de ranching en Afrique Australe, les taux de fécondation ne dépassent pas 20 p. 100 avec une seule insémination, mais qu'ils s'amélioreraient nettement pour atteindre 47,9 p. 100 avec 3 inséminations successives à 12 heures d'intervalle.

Fécondation par numéro d'insémination

Nos résultats montrent (au Tableau III ci-dessus) que les taux de fécondation aux inséminations successives restent très comparables. Ceci ne semble pas conforme à certaines observations classiques qui indiquent une diminution du taux de fécondation avec le numéro d'insémination. Dans notre étude, nous observons également cette tendance mais de façon non significative. Cet écrasement des résultats est vraisemblablement en relation avec l'imprécision relative des interventions : moment de l'intervention, insémination proprement dite, ...

Fécondation par race

Dans ce domaine également, nos résultats ont un caractère surprenant; en effet, les différences observées entre race sont cette fois significatives (Cf. Tableau IV ci-dessus) et nettement plus importantes que dans la plupart des résultats classiques. Certains auteurs ont pu mettre en évidence des résultats assez semblables sous les tropiques; JAINUDEEN (5) en particulier, comparant 2 races taurines importées sous for-

me de semence congelée à Ceylan, a mis en évidence un effet significatif de la race sur le taux de vêlage (38 p. 100 en race Frisonne contre 56,5 p. 100 en Jersey). Nos résultats sont encore plus étalés, allant de 22,5 p. 100 en race Brahman à 45 p. 100 en race Montbéliarde. Nous pensons que le fait de travailler dans des conditions plus approximatives qu'en élevage intensif peut exacerber des différences de pouvoir fécondant; ces différences sont plus faibles dans de meilleures conditions de travail; elles deviennent très importantes pour des interventions plus imprécises. Ce sont bien les races les moins fécondantes qui sont pénalisées dans nos résultats : Brahman et Charolaise.

Ces éléments de discussion permettent d'expliquer certaines particularités et le niveau moyen de nos résultats en fécondation. Ils nous confirment en particulier que les possibilités d'amélioration existent en intervenant sur les facteurs suivants :

- a) Moment de l'insémination : à préciser et mieux définir par rapport au plein oestrus;
- b) Qualité des interventions (Cf. formation et expérience des inséminateurs);
- c) Races : sélectionner des races ou géniteurs hautement féconds.

Aspect économique

Bien que l'aspect économique n'apparaisse pas comme un objectif prioritaire dans l'expérimentation décrite, nous indiquerons quelques éléments dans ce domaine.

L'évaluation que nous proposons reste indicative et le coût d'une dose dépend beaucoup de l'importance de l'opération. le prix diminuant avec le nombre des doses, car les frais fixes (dossier, transport, conservation, ...) sont alors mieux étalés.

Très schématiquement et sur la base des prix réels dans la période considérée (1969-1972), nous nous proposons d'évaluer les charges moyennes additionnelles par veau né d'insémination au Cameroun. Ces charges dépendent essentiellement d'une part du coût d'une insémination (dose rendue, intervention proprement dite, fonctionnement de la campagne,...), et d'autre part du nombre d'interventions nécessaires pour produire un veau. Le prix de la semence au départ varie de 500 F CFA pour les races à viande françaises (750 F CFA pour

les races laitières), à 1 400 F CFA pour la race Brahman. Sur ces bases, l'intervention a pu être évaluée, pour un programme d'importance moyenne, à :

- 850 F CFA en insémination race à viande française;
- 1 100 F CFA en insémination race laitière française;
- 1 850 F CFA en insémination race Brahman.

Compte tenu du nombre d'interventions nécessaires, nous obtenons les montants suivants :

Pour produire un veau :

	Charges additionnelles
— 1/2 Limousin (× 2,3) . . .	2 000 F CFA
— 1/2 Montbéliard (× 2,2) . . .	2 500 F CFA
— 1/2 Charolais (4,3) . . .	3 700 F CFA
— 1/2 Brahman (4,4) . . .	8 200 F CFA

Pour les races françaises au moins, nous observons que ces charges demeurent très modérées. Il en découle qu'il est logique, et plus économique, d'envisager, le plus souvent, les programmes de croisement avec des races étrangères, par importation de semence et insémination artificielle, plutôt que par importation de géniteurs.

Comme nous l'avons rapporté par ailleurs, les avantages zootechniques sont tels, pour certaines spéculations précises, que l'opération peut être très profitable; nous citerons en particulier :

- La production de viande jeune en croisement industriel (7);
- La création de souches laitières comme les demi-sang Montbéliard-Foulbé testées récemment à Wakwa à 2 000 litres de lait en première lactation (1).

CONCLUSIONS

L'expérimentation de l'insémination artificielle par importation de semence congelée menée au Cameroun de 1969 à 1973 nous a per-

mis d'étudier les difficultés et les possibilités de cette technique nouvelle dans ce pays.

La détection des chaleurs, qui apparaît comme l'une des clés de la réussite, peut être assez efficacement assurée par l'utilisation de taureaux vasectomisés ou déviés. La déviation du pénis est une excellente technique qui doit être préférée à la vasectomie en raison de ses avantages sur le plan sanitaire.

Rapportée aux vaches inséminées, la fécondité globale enregistrée est de l'ordre de 51 p. 100, mais 6,4 p. 100 des gestations contrôlées n'ont pas abouti à des veaux viables. C'est donc en moyenne 47 veaux vivants pour 100 vaches inséminées qui ont été enregistrés.

Le nombre de doses utilisées par vache est en moyenne de 1,9 avec les taux de retour suivants :

56 p. 100 en 2^e insémination, 23,5 p. 100 en 3^e, 5,6 p. 100 en 4^e.

Rapportée au nombre de doses utilisées, la réussite moyenne est de 27,3 p. 100, c'est-à-dire qu'il a fallu 3,6 doses de semence par veau produit. Le facteur déterminant de cette réussite apparaît être, dans nos conditions de travail, la race du géniteur avec des variations très importantes puisqu'il a fallu plus de quatre doses par veau produit en Brahman et Charolais, contre 2,2, 2,6 doses respectivement en Montbéliard, Limousin et Tarentais.

Ce type de programme n'est pas coûteux et nous avons pu évaluer les charges additionnelles dues à l'insémination, pour produire un veau métis entre 2 000 F CFA pour un veau demi-sang Limousin et 8 200 F CFA pour un veau Métis-Brahman.

Compte tenu de nos résultats, nous pouvons conseiller l'utilisation de l'insémination artificielle pour les programmes futurs de croisement qui pourraient être mis en place au Cameroun. Dans l'optique du développement d'un secteur moderne de production bovine qui doit inclure la production laitière, l'utilisation de cette technique rapide et peu coûteuse paraît justifiée.

SUMMARY

Trials on artificial insemination in Cameroon,
with imported frozen semen

I. Artificial insemination of zebu cows naturally in heat

The authors indicate the results of a four-years artificial insemination program in indigenous breed zebu cow naturally in heat with frozen semen from various imported breed.

The average fertility with regard to the number of inseminated cows is 51 p. 100 for the registered gestations and 47 p. 100 for viable born calves. Some bull breeds were more fecundating than others. The cost price of insemination calf, higher than that of the indigenous breed is sometimes varying according to the origin and the donor breed.

The use of artificial insemination with frozen semen seems warranted particularly for dairy production.

RESUMEN

Ensayos de inseminación artificial en Camerún,
mediante esperma congelada importada.

I. Inseminación artificial de hembras cebues naturalmente en celo

Los autores dan los resultados de un programa de cuatro años de inseminación artificial en hembras cebues de raza del país, naturalmente en celo mediante esperma congelada de varias razas de importación.

La fecundidad media al respecto del número de vacas inseminadas es de 51 p. 100 en cuanto a las gestaciones comprobadas y de 47 p. 100 en cuanto a los terneros nacidos viables. Ciertas razas fueron más fecundantes que otras. El precio de costo del ternero de inseminación, más elevado que el de raza del país, varía a veces de modo importante según la procedencia y la raza dadora.

Según los autores, la utilización de la inseminación artificial mediante esperma congelada parece justificada, sobretodo en lo concerniendo a la producción lechera.

BIBLIOGRAPHIE

1. C.R.Z. WAKWA. Rapports annuels 1970-1971-1972-1973-1974. Croisements améliorateurs par insémination artificielle.
- Rapports trimestriels 1974-1975: Essai de production laitière à partir de primipares Fl-Zébus × Montbéliards nées d'insémination artificielle. (2) pp. 43-44.
2. HOLY (L.), ALVAREZ PILETA (P.). Inseminación artificial. El toro recelador y su tarea como factor biológico en la inseminación artificial, en la detección del celo y la profilaxis de las enfermedades venéreas. Desviación del pene en el ganado lechero. In: Zootecnia y sanidad animal en Cuba. La Habana, Inst. del Libro, 1967.
3. HORAK (I. G.). Artificial insemination under ranching conditions. *J.S. Afr. vet. med. Ass.*, 1960, **31**: 99-106.
4. IGBOELLI (G.). Dairying in Zambia. II. Reproductive efficiency in relation to season and parity in dairy cows. *E. Afr. Agric. For. J.*, 1973, **39** (2): 189-194.
5. JAINUDEEN (M. R.). The use of imported frozen semen in routine insemination of dairy cattle in Ceylon. *Ceylon vet. J.*, 1968, **16**: 7-10.
6. KENYA. Department of Veterinary Services. Annual Report, 1970. Nairobi, Kenya, 1972, 47 p.
7. LHOSTE (Ph.) et PIERSON (J.). Embouche intensive de jeunes mâles: comparaison de taurillons et bouvillons de trois races. Colloque sur l'embouche des bovins en pays tropicaux, Dakar, 4-8 décembre 1973, pp. 233-236.
8. MANDON (A.). L'élevage des bovins et l'insémination artificielle en Adamaoua. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1948, **2**: 129-149.
9. RAO (A. R.), RAO (P. N.) et RAJULU (P. S.). Observations on frozen Kerry semen. *Andhra vet. coll. Mag.*, 1968, **6**: 15-16.
10. ROLLINSON (D. H. L.). Reproductive habits and fertility of indigenous cattle to artificial insemination in Uganda. *J. agric. Sci.*, 1963, **60**: 279-284.
11. STRUTHERS (J. D.). Artificial breeding in Central Africa. *A. I. Dig.*, 1963, **11** (5): 16-18.

La race ovine Djallonké au Cameroun Potentialités zootechniques, conditions d'élevage, avenir

par F. VALLERAND (*) et R. BRANCKAERT (**)

RESUME

Les auteurs ont poursuivi pendant neuf ans l'étude et la sélection du mouton Djallonké à la station de Nkolbisson située à 10 km de Yaoundé (Cameroun) et à travers de multiples enquêtes dans de nombreuses régions de l'Ouest et du Centre Cameroun. Les informations et résultats obtenus, tant sur les plans zootechnique et vétérinaire que dans le domaine socio-économique, laissent entrevoir les grandes possibilités d'amélioration recélées par cette race. Cependant, compte tenu des conditions économiques actuelles, l'élevage intensif du mouton Djallonké ne s'avère guère rentable. Par ailleurs, il conviendrait d'améliorer le potentiel laitier des brebis et ceci pourrait, à l'avenir, être réalisé par l'infusion de sang exotique provenant d'une race prolifique et laitière, telle la race Romanov.

INTRODUCTION

Sur toute la Côte occidentale d'Afrique, de la Guinée à l'Angola, on trouve un mouton de petit format que Doutressoulle (2) appelle la race Djallonké. Selon cet auteur, elle serait originaire du Fouta-Djallon.

La bibliographie sur cette race est assez sommaire. A notre connaissance, seul le Centre de Recherches Zootechniques de Sotuba (10) en a étudié quelques paramètres zootechniques. La viande de mouton étant appréciée par les africains et plus particulièrement par les musulmans, il apparaît possible de développer cette spéculation qui, bien que pratiquée de façon empirique et non commerciale, représente pour le seul territoire de la République Unie du Cameroun un effectif d'environ 1,5 million de

têtes et une recette estimée à 800 millions de F CFA par an (1).

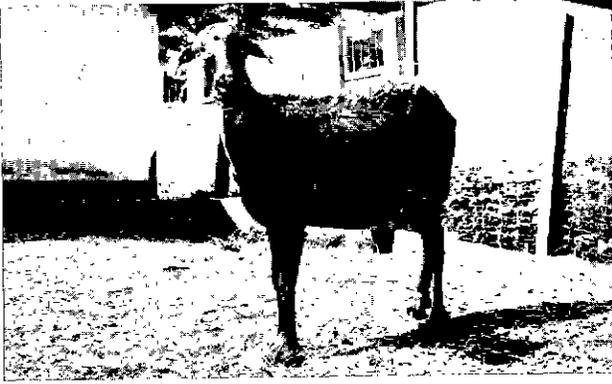
Comme nous le verrons, l'intensification de cette spéculation suppose une conversion complète des mentalités, singulièrement dans la zone forestière, mais avant de proposer à la vulgarisation des techniques appropriées, voire de nouvelles races, il est indispensable de connaître les paramètres zootechniques moyens de l'élevage en race pure de ce mouton. Nous nous sommes attelés à cette tâche d'évaluation depuis 1965 et nous proposons ici les résultats de ces recherches.

1. DESCRIPTION DE LA RACE DJALLONKE

L'allure générale du mouton Djallonké est sensiblement la même suivant les régions du Cameroun et les photos 1 et 2 en donnent un aperçu. Suivant les régions, on rencontre des variations de format dues probablement aux conditions de vie. Le mouton de forêt est généralement plus petit (25 kg pour les femelles)

(*) Département de Zootechnie, Ecole nationale supérieure agronomique, Université de Yaoundé, Cameroun.

(**) Senior Scientist Officer, Centre International pour l'Elevage en Afrique, B.P. 5689, Addis-Abeba, Ethiopie.





que le mouton des plateaux (1 000 à 2 000 m) de l'Ouest du pays (30 kg).

On pourra se faire une idée du format d'après les mensurations suivantes de brebis adultes de 25 kg en moyenne (3).

Périmètre thoracique	67	cm
Taille au garrot	59	cm
Largeur de poitrine	13,5	cm
Profondeur de poitrine	25	cm
Largeur coxo-fémorale	13	cm

Cet animal est donc assez haut sur pattes, peu éclaté et présente un développement musculaire faible des membres postérieurs.

Les robes les plus couramment rencontrées sont de couleur noire, pie-noire et plus rarement blanche, rouge, pie-rouge. Dans certaines régions (Est du Cameroun en particulier), on rencontre des animaux à robe particulière fauve avec le ventre et pattes noires. Cette sous-race est génétiquement stable et les animaux ont un aspect extérieur plus avantageux. Cette impression est d'ailleurs confirmée par leur poids moyen qui, chez les femelles adultes de cette sous-race, dépasse les 28 kg.

Dans le nord du Cameroun on rencontre presque exclusivement les robes pie-noire et blanches. Ces moutons sont d'un format plus élevé et plus osseux, environ 75 cm au garrot. Ils proviennent probablement de croisements entre la race Djallonké et le mouton du Sahel couramment rencontré au Tchad. De plus en plus, nous assistons à un remplacement de ces « moutons du Nord » par la race Djallonké plus compacte et plus rustique semble-t-il, à tel point que dans la région, on distingue le « grand mouton du Tchad ou mouton du Ramadan » et le « petit mouton de Maroua ».

La présence de cornes chez le mâle est loin d'être la règle, environ 50 p. 100 des mâles en sont porteurs. Quelques femelles portent des embryons de cornes. On trouve des pendeloques chez environ 5 p. 100 des moutons.

2. SITUATION DE L'ELEVAGE OVIN AU CAMEROUN

Le Cameroun peut être divisé en trois grandes régions climatiques :

— le Nord, sahélo-soudanien, zone fortement islamisée et où l'élevage est une activité traditionnelle (1 million de bovins). Pour des raisons sanitaires, cette région n'a pas de contact avec les autres régions d'élevage du Cameroun mais plutôt avec le Tchad et le Nigeria;

— le Centre, soudano-guinéen d'altitude (1 000 m), est la zone de prédilection de l'élevage bovin (950 000 têtes); région islamisée en partie mais sur laquelle on dispose de peu de données concernant les autres élevages;

— le Sud, guinéen, urbanisé à 27 p. 100, domaine des forêts et des plateaux (1 000 à 2 000 m), région des grandes cultures vivrières et d'exportation (café, cacao, bananes, palmiers...).

Une enquête récente de la SEDES (1) donne pour ces régions les effectifs, densités et consommation de viande de mouton résumés dans le tableau n° I ci-dessous.

Ce tableau récapitulatif appelle les commentaires suivants :

— l'implantation de l'Islam est un facteur non négligeable pour le développement de l'élevage ovin en corrélation avec la consommation de viande de mouton lors des fêtes religieuses musulmanes : fin du ramadan, fête du mouton. Si cette tendance n'est pas très nette pour le Centre, la part de viande de mouton dans la consommation toutes viandes réunies de la région Nord nous démontre l'intérêt porté par les populations islamisées à cet élevage. Dans ces deux régions, la race élevée est : « le mouton du Nord » bien que le Centre soit de plus en plus implanté en ovins de race Djallonké proprement dite. Le mode d'élevage est distribué en deux tendances à peu près également représentées : le mouton de saré (ensemble de

TABLEAU N° I

Régions	Effectif ovins	Densité ovins/habitant	Consommation de viande de mouton/habitant/an	Viande mouton p.100 viandes totaux	Consommation toutes viandes/habitant/an
Nord	700 000	0,50	3,1 kg	15	20,6 kg
Centre	100 000	0,12	0,8 kg	?	
Sud	450 000	0,15	0,5 kg	5	10,0 kg

cases), errant là où il peut trouver de la nourriture, y compris les restes de cuisine, et l'élevage communautaire en petits troupeaux de 20 à 50 têtes menés par un berger, un enfant le plus souvent;

— de par son taux d'urbanisation élevé, et l'absence d'élevage de bovins dans cette région, le Sud Cameroun a des besoins en protéines animales importants, à couvrir dès maintenant. Cette région étant également la zone d'implantation de notre département, nous avons pu la couvrir de plus près par des enquêtes personnelles ou menées sous notre direction par les étudiants que nous formons lors de leurs stages d'études villageoises.

3. SOCIOLOGIE DE L'ELEVAGE DES OVINS AU SUD-CAMEROUN

Parler d'élevage est un terme tout à fait impropre pour étudier la manière dont les ovins sont élevés. Bien sûr chaque village traversé laisse entrevoir le spectacle d'un troupeau de moutons de plusieurs dizaines de têtes divaguant au gré de leur fantaisie. Dès le soir tombant on s'aperçoit très vite que cette organisation grégaire est l'œuvre spontanée des animaux qui rentrent chacun passer la nuit sous les auvents de la maison de leur propriétaire. Personne ne s'occupe d'eux et il n'est pas rare que les planteurs « ne connaissent pas » l'effectif de leur cheptel. L'herbe pousse en abondance (1 500 à 4 000 mm de précipitations annuelles) dans ces régions pluvieuses. Les problèmes de nourriture ne se posent pas et tout un chacun y trouve son compte. A vrai dire, cette affirmation était exacte dans le passé car le développement constaté ces dernières années des cultures vivrières ou d'exportation fait maintenant considérer le mouton comme un dévastateur (certes de moins mauvaise réputation que la chèvre) et les palabres entre villageois se multiplient de plus en plus. Les autorités conseillent donc de les attacher, ce qui ne va pas sans poser de problèmes : il faut alors les nourrir et peu de personnes peuvent répondre à la question « que faut-il leur donner ? ».

De toute façon cet « élevage » n'est pas du tout pratiqué dans un but commercial mais serait plutôt du type « élevage tirelire » que l'on exploite dans certaines occasions exceptionnelles. On peut résumer les quelque 120 enquêtes villageoises effectuées par les chiffres suivants concernant la destination des ovins :

- auto-consommés	35 p. 100 (lors de cérémonies coutumières ou religieuses)
- vendus	20 p. 100
- offerts aux visiteurs	25 p. 100
- dot	20 p. 100

Suivant la taille de la famille, le pourcentage de propriétaires d'ovins s'accroît d'une façon régulière :

TABLEAU N° II

Nombre de personnes dans la famille	1	2-4	5-7	8-15	+15
P.100 de familles élevant des ovins ou caprins	20	40	50	60	70
Nombre moyen d'animaux (ovins + caprins)	2,4	2,2	2,3	2,5	4,1

Nous avons dû nous résigner à ne pas différencier les ovins et caprins car pour les paysans, il n'y a guère de différence. Dans de nombreux dialectes du Sud, il existe un mot d'usage courant et spontané pour désigner en bloc les deux espèces. Il faut vraiment insister et manier un peu la langue pour arriver à les faire parler séparément des moutons ou des chèvres. La préférence des éleveurs allait auparavant aux caprins plus rustiques mais beaucoup plus dévastateurs, si bien que le mouvement s'inverse ces dernières années.

Selon nos estimations, les ovins représenteraient actuellement 40 p. 100 du cheptel ovin-caprin du Sud Cameroun.

Les résultats d'enquêtes menées dans toute la région Sud font ressortir l'attitude globale des paysans vis-à-vis de l'élevage des ovins-caprins. L'accroissement quasi linéaire de la population « d'éleveurs » avec l'augmentation de la taille de la famille pourrait faire penser à une attitude auto-consommatrice mais le tableau des nombres moyens d'animaux élevés, quasiment constants sauf pour les très grandes familles, détruit cette hypothèse. Il faudrait, selon nous, voir la solution dans l'augmentation des sollicitations extérieures (cadeaux, dots, frais de scolarité...) et avec le nombre croissant des enfants.

La conversation suivante rapportée par l'un de nos étudiants enquêteur est particulièrement symptomatique et généralisable.

« Les animaux que vous voyez ici, au village,

nous sont d'une très grande importance, ils sont la base de toutes nos transactions, leur présence fait notre joie, c'est-à-dire qu'un père de famille est content de voir dans sa cour un grand troupeau.

Vous savez que nous n'avons d'argent ici que pendant la période de vente du café; il peut arriver avant ce temps qu'un membre de la famille tombe gravement malade, alors on vend un certain nombre d'animaux pour avoir l'argent de son traitement. »

Comment envisagez-vous une amélioration ?

« Je ne pense pas qu'il y ait quelqu'un ici au village qui envisage d'apporter des améliorations à notre élevage. Nos grands-parents qui nous ont légué ces animaux faisaient comme nous aujourd'hui et s'en sortaient très bien; je ne vois pas dans quel sens peuvent s'effectuer ces améliorations. »

Il paraît qu'il est très difficile de tuer un animal pour la consommation familiale ?

« Les animaux nous aident à régler la plupart de nos problèmes. Ces animaux nous sont si familiers que l'on préfère acheter de la viande au marché. On les offre comme partie de la dot, ou comme cadeau à des amis à l'occasion de certains événements. »

Les très grandes familles, généralement issues de la polygamie, donc ayant des revenus élevés, peuvent seules pratiquer l'élevage à une certaine échelle; dans ces cas, on peut rencontrer des possesseurs de plus de 10 voire 20 têtes. Pour les autres familles, l'effectif ne varie guère qu'entre 1 et 5 animaux. On peut encore éclaircir cet aspect des choses en recherchant qui est propriétaire des ovins. Dans 90 p. 100 des cas, le chef de famille en est propriétaire, la femme et les enfants mâles se partagent les 10 p. 100 restants, les veuves étant considérées comme chef de famille et ayant les « mêmes droits » à posséder ces animaux que les hommes.

La viande de mouton est mangée dans les grandes occasions, généralement sous forme de Ndomba (viande cuite à l'étuvée avec des condiments dans des feuilles de bananiers). Ce plat est très prisé mais demande une longue préparation.

En résumé, malgré de légères variantes suivant les ethnies, l'élevage ovin au Sud Cameroun est presque exclusivement composé d'uni-

tés très faibles (2 à 4 moutons) menées sans souci de commercialisation et sans connaissance des animaux. L'amélioration de cette spéculation et le passage de l'économie de cueillette à celle de production nécessitera un changement profond des mentalités et une meilleure attention portée aux animaux. Par exemple, il existe bien quelques vocables locaux pour désigner les maladies rencontrées, mais la description des symptômes correspondants est des plus sommaires : perte de poids, animal abattu, peau se couvrant de croûtes...

Quelques grands planteurs de café (moins de 10 à notre connaissance) ont constitué des troupeaux importants dans l'Ouest du pays (100 à 900 têtes). Nous en avons étudié les problèmes parallèlement à notre étude en station. Leurs troupeaux exploitent d'une façon très extensive la strate de couverture des caféières.

Avant d'envisager toute amélioration et de tenter de dégager des perspectives pour l'avenir il convient de faire l'inventaire zootechnique des potentialités de cette race.

4. VALEUR ZOOTECHNIQUE DE LA RACE DJALLONKE

Méthodes de travail

Par des achats successifs dans diverses régions du Sud Cameroun, nous avons constitué un troupeau de mères qui a atteint son effectif maximal vers 1968 (80 brebis). Pour des raisons que nous développerons plus loin, nous avons réduit ce troupeau autour de 50 mères.

Afin d'étudier les paramètres zootechniques dans les conditions les plus proches possibles de la pratique normale, nous avons opté pour la lutte continue. Si nous isolons les mères lactantes afin de leur assurer une nutrition adéquate, celles-ci sont toujours avec un bélier.

Ne disposant d'aucun pâturage réservé à notre élevage ovin, nous avons étudié les potentialités maximales de croissance, d'engraissement et de lactation avec une alimentation de type intensif. Nous sommes bien convaincus que cette méthode est très loin des conditions vulgarisables mais elles nous ont permis d'étudier les maximums à attendre d'élevages intensifs ou extensifs améliorés. Parallèlement, nos enquêtes régulières chez les quelques gros éleveurs nous ont permis d'analyser ces mêmes paramètres en conditions extensives normales.

Paramètres de reproduction

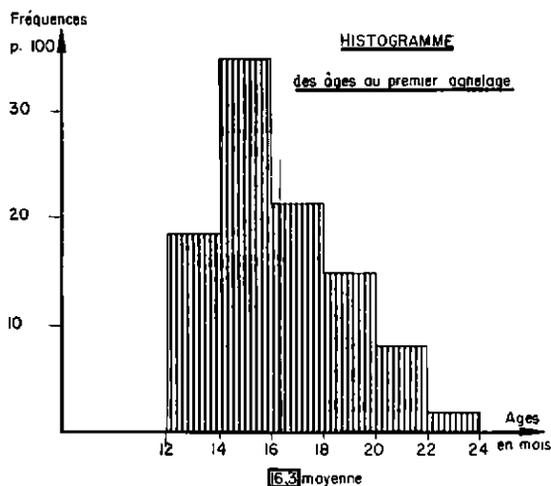
Age au premier agnelage

Globalement sur les 85 données que nous possédons, l'âge moyen au premier agnelage ressort à 16,9 mois, les extrêmes observés étant de 12,2 et 23,7 mois.

Mais on peut corriger ce résultat en constatant qu'en 1969-1970, notre troupeau était trop important pour nos installations et l'âge moyen pour cette période s'élève à 18,4 mois, principalement à cause d'un parasitisme intense et du retard corrélatif de croissance.

Cette correction faite, pour les 6 autres années d'observation, l'âge moyen ressort à 16,3 mois avec un écart type de 2,8 mois.

L'histogramme des fréquences (correction faite) se présente ainsi :



La première saillie fécondante a donc lieu, au plus tôt vers 7 mois, mais en majorité vers 10-12 mois. Comme on pouvait s'y attendre ce paramètre est soumis à l'influence de facteurs nutritionnels et sanitaires, il n'est dès lors pas étonnant que son héritabilité soit faible : 0,19.

Rythme saisonnier de la reproduction

De 1966 à 1973, nous avons obtenu 561 agnelages répartis en pourcentage sur l'année de la façon suivante :

Mois	p. 100	Mois	p. 100
Janvier	8	Juillet	8,4
Février	7,3	Août	8,2
Mars	7,3	Septembre	7,7
Avril	8,4	Octobre	8,6
Mai	7,9	Novembre	8,8
Juin	9,1	Décembre	10,3

Bien qu'en février et mars 1969, il n'y ait pas eu d'agnelage à la suite d'une tentative de lutte groupée destinée à étudier l'influence du flushing sur les paramètres de reproduction, les agnelages sont statistiquement répartis équitablement sur toute l'année ($X_{11}^2 = 5,19$ - Probabilité 95 p. 100).

Les chaleurs des brebis Djallonké ne sont pas soumises à un rythme saisonnier. Elles peuvent donc reproduire toute l'année. C'est là un de leurs gros avantages, qui est probablement à mettre sur le compte de la proximité de l'équateur et de la faiblesse consécutive des variations du rythme nyctéméral.

Fertilité - Stérilité

Au cours de notre étude, nous avons mis à la reproduction plus de 140 femelles; une seule s'est avérée complètement stérile : à l'âge de 5 ans elle n'avait toujours rien produit et a été réformée.

Le taux de stérilité totale est donc quasiment négligeable; par contre nous pouvons définir un taux de stérilité temporaire. Comme nous l'étudierons en détail plus bas, l'intervalle entre agnelages successifs tourne en moyenne autour de 8 mois.

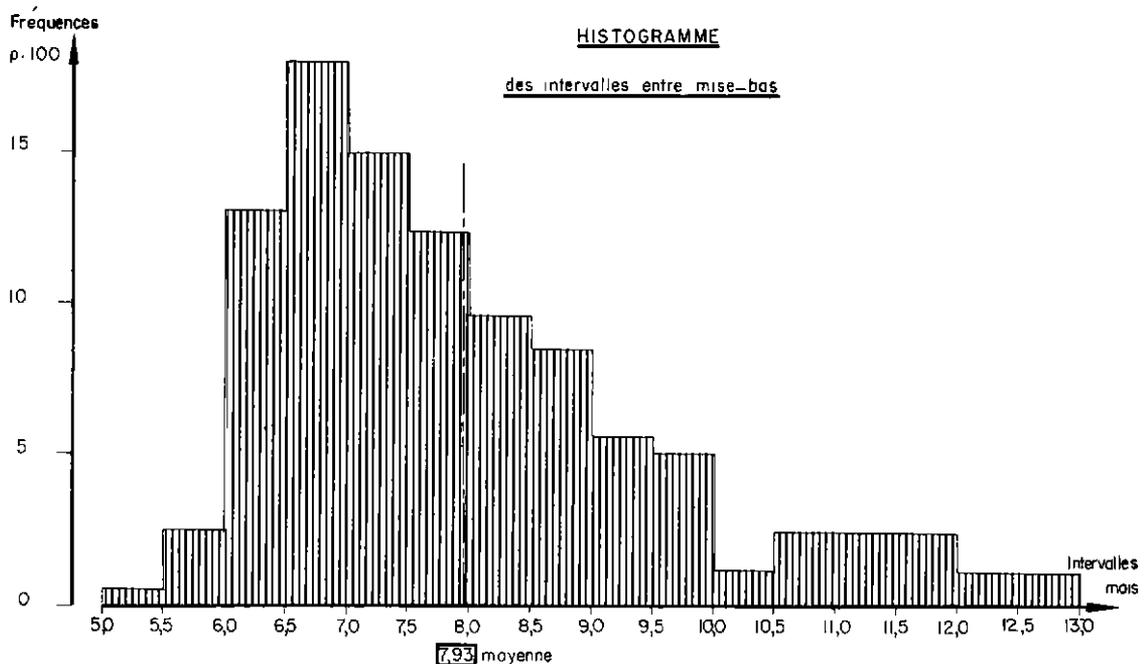
Nous considérerons comme temporairement stériles les brebis qui dépassent 13 mois entre deux agnelages. Ce taux de stérilité temporaire est de 3,8 p. 100 pour l'ensemble des 381 intervalles entre mises bas observés.

Un taux de fertilité global de 96 p. 100 pourra donc être pris en compte pour les calculs de productivité et fécondité des brebis Djallonké. Il apparaît normal que ce taux soit élevé puisque cette race n'a fait jusqu'ici l'objet d'aucune sélection.

Intervalles entre mises bas successives

Rappelons que la lutte ici est continue, une semaine après la mise bas, la brebis lactante est mise en permanence avec un bélier.

L'histogramme des intervalles entre mises bas se présente de la façon suivante :



La valeur moyenne pour l'intervalle entre deux mises bas ressort à 7,93 mois (intervalles inférieurs à 13 mois = 96 p. 100 des cas).

Les brebis Djallonké donnent donc, dans 96 p. 100 des cas, 3 agnelages en 2 ans.

Les brebis sont-elles capables de tenir longtemps ce rythme ?

Si nous ne prenons en considération que les données des brebis ayant mis bas au moins 5 fois (maximum observé 11 fois), la valeur de l'intervalle moyen entre mises bas est de 8,12 mois toutes données comprises, c'est-à-dire sans compter à part les stérilités temporaires (intervalles supérieurs à 13 mois).

Sur 60 brebis ayant donné entre 5 et 11 agnelages :

- 14 seulement ont dépassé une fois l'intervalle d'un an et 3 l'ont dépassé 2 fois;
- 28 n'ont jamais dépassé le seuil de 10 mois dont 9 n'ont jamais dépassé 8,5 mois.

Les records en ce domaine sont détenus par deux brebis qui ont aligné les intervalles successifs suivants :

- a) 8,0 - 6,6 - 6,5 - 6,4 - 5,1 - 6,8 - 6,9 - 6,3 :
moyenne 6,6 mois;
- b) 5,9 - 7,5 - 7,2 - 6,2 - 6,6 - 6,0 - 6,0 - 7,4 :
moyenne 6,6 mois.

Peut-on sélectionner ce caractère ?

L'héritabilité de l'intervalle moyen (calculé sur au moins 3 données), évaluée par la régression fille-mère intra-père, est de 0,46; ce qui en fait un caractère très sélectionnable.

Nous avons obtenu une réponse positive à la sélection sur ce caractère puisque cet intervalle moyen, qui était de 8,4 mois chez les brebis d'origine, est tombé à 7,8 mois chez leurs descendants femelles. Pour cela nous avons laissé jouer la sélection naturelle, (les brebis, ayant le cycle le plus court, donnent plus de descendants et distribuent donc plus leurs gènes dans le troupeau) en permettant aux génotypes de s'exprimer complètement par une alimentation plus adaptée aux diverses périodes du cycle de reproduction.

Cette héritabilité semble confirmée par le fait que deux sœurs jumelles monozygotes ont donné chacune 8 agnelages jamais séparés par plus de 2 semaines l'un de l'autre.

Prolificité

Ce critère défini comme le nombre d'agneaux nés pour cent mises bas est globalement de 117 pour cette race, avec des variations annuelles extrêmes allant de 107 à 120 (8 années d'observations).

En fait, ce taux est de 100 pour les primipares, 103 en deuxième agnelage et de 120 pour les agnelages suivants.

Nous n'avons jamais observé de naissance de triplés ni en station ni dans les élevages particuliers. L'étude des variations individuelles des 60 brebis ayant agnelé au moins 5 fois donne la répartition suivante :

<i>Prolificité</i>	<i>Pourcentage</i>
100 - 110	54,0 des brebis
110 - 120	14,6 des brebis
120 - 130	12,5 des brebis
130 - 140	6,3 des brebis
140 - 150	6,3 des brebis
150 - 160	4,2 des brebis
160 - 170	2,1 des brebis

Environ la moitié des brebis n'a jamais donné de jumeaux dans leur carrière reproductrice.

Les plus prolifiques sont les deux sœurs monozygotes qui ont donné l'une 5 fois des jumeaux, l'autre 4 fois sur 8 agnelages. Elles-mêmes issues d'une lignée prolifique, leur descendance s'avéra aussi très prolifique. L'héritabilité de la prolificité mesurée sur au moins 4 agnelages est de 0,26, ce qui confirme des travaux antérieurs menés sur des races françaises par l'un des auteurs (non publiés).

On pourrait s'étonner qu'une race aussi rustique soit si peu prolifique; cependant, dans les conditions naturelles, ces animaux sont difficilement capables d'allaiter plus d'un agneau. Même bien nourris ils conservent cette faible potentialité acquise par équilibre naturel et l'essai de flushing que nous avons mené sur 75 brebis n'a pas répondu positivement : la prolificité est restée identique.

Corrélation, prolificité - Intervalle entre mises bas

On peut s'attendre à une corrélation phénotypique négative : les plus prolifiques étant

celles à cycle le plus long pour permettre de récupérer des réserves.

En fait, cette corrélation n'est que de : 0,17, ce qui est très faible. Il n'y a donc pas incompatibilité à sélectionner ces deux caractères pour obtenir une fécondité (nombre d'agneaux nés par mère et par an) supérieure. Nous ne disposons malheureusement par suffisamment de données pour calculer la corrélation génotypique qui nous permettrait d'être parfaitement renseigné sur le choix des critères à améliorer.

A notre avis, il ne semble pas y avoir incompatibilité pour l'amélioration conjointe de ces deux caractères.

L'attitude des 5 brebis les plus prolifiques et des 5 brebis à intervalle moyen le plus court donne le tableau suivant :

<i>Intervalle</i>	<i>Prolificité</i>
	les 5 brebis à cycle le plus court
6,48 mois	142
6,57	120
6,68	100
7,08	128
7,15	143
Moyenne 6,79 mois	127 p. 100
	les 5 brebis les plus prolifiques
7,46	167
7,62	157
8,15	150
8,17	150
7,15	143
Moyenne 7,71 mois	153 p. 100

Fécondité

Définie comme le nombre d'agneaux nés par an et par brebis adulte, la fécondité moyenne des brebis Djallonké adultes peut se calculer ainsi :

$$1 \times 0,96 \times \frac{12 \text{ mois} \times 117}{8 \text{ mois}}$$

(fertilité) (intervalle entre mise-bas)

$$= 1,68 \text{ agneaux nés/an/mère (prolificité)}$$

Ce qui en fait une race assez féconde malgré sa faible prolificité.

Les 10 brebis les plus fécondes ont atteint les niveaux de :

2,68 - 2,64 - 2,47 - 2,40 - 2,39 - 2,21 - 2,20 - 2,19 - 2,15 - 2,12.

(La première et la troisième sont les deux jumelles monozygotes.)

Longévité

L'évaluation de ce paramètre se heurte à de nombreux problèmes qui ont perturbé le cours normal de la vie des brebis.

— L'introduction d'un nouveau noyau important de femelles en 1968 a provoqué une mortalité accrue, vraisemblablement due, comme nous le discuterons dans le chapitre sanitaire, à l'apport de facteurs pathogènes étrangers.

— En 1970, à la suite d'un congé de maladie d'un chercheur responsable, plus de 25 p. 100 des brebis se sont « évaporées » dans la nature.

— Enfin, la durée de vie ne peut être évaluée que pour des animaux nés à la station car personne ne tient de cahier de bergerie dans les autres élevages. Nous ne disposons pas de données en nombre suffisant pour évaluer correctement la longévité.

Disons pour fixer les idées que 9 brebis ont dépassé les 10 agnelages et que la moyenne des brebis achetées adultes (âges et nombres d'agnelages antérieurs inconnus) est de 6,2 agnelages.

Pour nos calculs ultérieurs, nous tablerons donc sur une moyenne de 7 agnelages par brebis soit un âge de réforme de 6 à 6,5 ans.

Le taux de mortalité moyen pour les brebis adultes (plus de 2 ans) est d'environ 4 p. 100 par an pour l'ensemble du troupeau adulte. Il ne faut pas oublier que nous ne réformons pas les femelles et que, pour des raisons expérimentales, nous les gardons jusqu'à leur mort

naturelle causée dans 90 p. 100 des cas par des toxémies ou des abattages consécutifs à une impossibilité de reproduire (renversement de vagin par exemple); le reste étant des accidents dus aux manipulations nombreuses dont elles sont l'objet.

Paramètres d'élevage et d'engraissement

Poids à la naissance

Nous ne disposons pas de chiffres pour les poids à la naissance des ovins élevés en extensif mais, d'après nos estimations, nous avons tout lieu de croire que ce poids est un peu inférieur aux données récoltées dans notre station, résumées dans le tableau III en comparaison avec celles de Sotuba.

Les extrêmes varient, pour les mâles nés simples de 1,7 à 4,5 kg; dans ces chiffres, nous n'avons pas tenu compte séparément des agneaux de primipares toujours plus petits en moyenne. Avec une bonne supplémentation avant la mise-bas, nous avons pu accroître le poids moyen des mâles à 2,7; chiffre que l'on devrait pouvoir obtenir facilement en menant bien l'alimentation des brebis mais qui, pour des raisons économiques, est impossible à réaliser actuellement.

Valeur laitière des mères

Nous avons choisi comme indice de la valeur laitière des mères, le gain moyen journalier de leur(s) agneau(x) entre 0 et 30 jours, nous inspirant ainsi des normes de calcul de la Fédération Nationale ovine de France qui préconise l'utilisation du gain 10 - 30 jours. Entre ces deux paramètres, la corrélation est de 0,82 et notre choix a l'avantage de simplifier les calculs.

Pour les mêmes raisons que ci-dessus il est difficile d'avoir une idée très précise de la valeur laitière des brebis menées en extensif. Cet indice est de l'ordre de 80 grammes par

TABLEAU N° III

Station	Nkolbisson (1965-73)				Sotuba (1953-57)	
	M â l e		F e m e l l e		Mâle	Femelle
Nombre de naissances	Simple	Double	Simple	Double	non précisé	
Poids à la naissance (kg)	2,5	2,0	2,3	1,8	2,1	1,7

jour. En station, nous avons obtenu les résultats suivants :

TABLEAU N° IV

Période	65 - 69		70 - 73	
Nombre d'agneaux	1	2	1	2
G.M.J. 0-30 jours (en grammes)	115	85	134	112

Pendant la première période, les brebis lactantes étaient peu supplémentées avec un concentré valable pour tous les ovins (90 g MAD/UF). Par contre durant la seconde période (1970-1973) les brebis lactantes ont reçu un concentré plus riche en protéines (135 g MAD/UF) donc plus conforme à leurs besoins spécifiques. En plus, nous avons commencé à sélectionner les agnelles sur la valeur laitière de leur mère début 1969.

Bien alimentées, plusieurs mères sont capables d'assurer à leur agneau un gain moyen de 200 à 250 g/jour. Les primipares sont normalement moins laitières et un gain moyen de 95 g/j peut être retenu pour elles. La durée de lactation pour ces brebis a été évaluée par le Centre de Recherches Zootechniques de Sotuba à 117 jours \pm 6 et la production moyenne de lait à 87 kg chez les mères supplémentées.

Croissance des agneaux

La Fédération Nationale ovine utilise le gain moyen journalier 30 - 90 jours pour évaluer la croissance des agneaux. Vu le peu de précocité de la race Djallonké, nous avons adopté pour ce paramètre le gain moyen journalier 30 - 150 jours qui tient mieux compte des conditions réelles de croissance de ces animaux.

Les résultats que nous avons obtenus tant en station qu'en conditions d'élevage extensif contrôlé sont résumés dans le tableau V.

Dans notre station de Nkolbisson, nous avons utilisé successivement les suppléments suivants :

1. Tous les animaux étaient menés ensemble (sevrage non dirigé) et ils étaient tous supplémentés avec le même concentré : (maïs 60 p. 100, tourteau de coton 20 p. 100, raffles de maïs 20 p. 100) .

2. Agneaux menés avec leur mère jusqu'à 4-5 mois puis mis seuls en parc d'engraissement - concentré : 50 p. 100 drèche desséchée - 50 p. 100 mélasse distribué dans un dispositif de creep-feeding avant le sevrage.

3. Même technique mais concentré plus protéique avec 2 p. 100 d'urée en plus des drèches et mélasses, également distribué dans un dispositif de creep-feeding avant sevrage.

Ces résultats sont en fait la résultante de trois facteurs dont l'influence spécifique est parfois difficile à évaluer :

- la sélection sur le format et sur la valeur laitières des mères;
- la maîtrise du parasitisme cas (2) et (3);
- la nature du concentré - entre (2) et (3) les deux premiers facteurs ont peu influé; ces deux essais se sont succédé à 6 mois d'intervalle. Dans ces conditions, on peut estimer entre 10 - 12 UF par kg de gain (entretien compris) les besoins de ces animaux en croissance.

Cette différence de croissance se traduit évidemment sur l'âge moyen de la commercialisation (au poids de 20 kg minimum) (Tabl. VI).

TABLEAU N° V

Z O N E		M a l i (Sotuba)	Sud-Cameroun extensif	Nkolbisson		
Supplémentation		Probablement ?	sans	(1)	(2)	(3)
Gain moyen/j 30-150 j	Mâles	59 g	52 g	64 g	72 g	85 g
	Femelles	52 g	45 g	57 g	67 g	79 g

TABLEAU N° VI

Conditions		Extensif	Station Nkolbisson		
			(1)	(2)	(3)
Age P. 20 kg (mois)	(Mâles	12 - 14 mois	9,6 m	8,7 m	7,3 m
	(Femelles	14 - 16 mois	10,9 m	10,2 m	8,5 m

A l'heure actuelle 33 p. 100 des agneaux atteignent 20 kg avant l'âge de 6 mois.

Paramètres de sevrage

D'après les études menées à Sotuba, les brebis donnent du lait pendant environ 4 mois mais cette production ne semble pas provoquer d'anœstrus de lactation prolongé.

La précocité du sevrage n'a aucun effet sur le rythme des mises bas; nous avons établi ce fait en pratiquant pendant deux années le sevrage précoce (2 - 2,5 mois) pour essayer de diminuer l'intervalle entre mises bas; en fait celui-ci n'a pas varié quel que soit l'âge au sevrage.

En brousse, les agneaux se sèvent naturellement vers 5 mois, à un poids moyen de 11 - 12 kg.

Finalement, après maints essais, nous avons retenu aussi l'âge de 4,5 à 5 mois pour lequel nous n'observons pas d'arrêt de croissance après sevrage. En supplémentant les mères lactantes et les agneaux, nous atteignons le poids au sevrage de 15 kg pour les mâles et 14 kg pour les femelles et 16 p. 100 des mâles atteignent le poids de commercialisation (20 kg) avant sevrage. Seule cette spéculation: commercialisation d'agneaux gris, pourrait rentabiliser les concentrés pour peu que les carcasses soient payées à la qualité par les bouchers, ce qui n'est pas le cas actuellement et ce qui, de toute façon, resterait une solution très particulière et non vulgarisable à grande échelle.

Les problèmes d'alimentation autour du sevrage sont loin d'être résolus et nous les aborderons plus loin.

Mortalité

A la naissance, chaque brebis produit donc annuellement 1,68 agneaux/an desquels il faut déduire les mortalités avant un an pour obtenir la productivité annuelle nette par brebis.

Mortalité avant un an

Comme ci-dessus, nous diviserons les huit années d'observation en deux périodes: 1966-1970 correspond à la période de création du troupeau, d'introduction d'animaux étrangers et de mise au point de la technicité d'élevage, 1971-1974 pouvant être considéré comme la période d'exploitation normale:

TABLEAU N°VII

C a u s e s	Pourcentage de mortalité	
	1966-70	1971-74
Mort-nés-Malformés		
Faibles	3,3 p.100	4,3 p.100
Agalaxie maternelle	5,0 "	3,8 "
Toxicoses	3,3 "	4,5 "
Parasitisme	6,1 "	1,0 "
Maladies respiratoires	5,8 "	10,1 "
Météorisations	1,0 "	0 "
Non déterminée avec certitude	7,7 "	0,4 "
Mortalité avant 1 an (tous modes de naissance)	32,2 "	24,1 "
Mortalité des jumeaux simples	44 "	33 "
	29 "	21 "

La mortalité globale avant un an a donc diminué de 8 points entre ces deux périodes; à cela plusieurs explications:

- Le troupeau n'a pas reçu d'animaux étrangers durant la dernière période, donc le microbisme de bergerie ne s'est pas modifié et les jeunes vivaient par conséquent dans une meilleure ambiance sanitaire, à laquelle ils étaient adaptés.
- Le parasitisme a été efficacement maîtrisé malgré l'emploi de parcours très réduits (0,5 hectare pour les quelque 60 sevrés et mères suitées). Faute de place, il n'était pas question de faire une rotation des parcours.
- Le nouveau fléau à combattre est représenté par les maladies respiratoires malgré l'utilisation répétée de vaccins polyvalents dans la vie d'un agneau (à 4,6 et 20 semaines).

Ce chiffre de mortalité global de 24 p. 100 est encore trop élevé par rapport à ceux observés dans des élevages de races rustiques européens. Malgré les soins et vaccinations dont notre troupeau fait l'objet en station, nous obtenons une mortalité de même ordre de grandeur qu'en brousse. D'après nos sondages, on peut l'estimer à 30 p. 100 pour les jeunes mais il s'est avéré impossible d'en déterminer les causes: les planteurs employant des expressions très vagues pour décrire les symptômes. Il est plus que probable que notre mortalité sera notablement diminuée le jour où nous disposerons d'installations et de superficies adéquates pour diminuer les densités des parcs.

Mortalités après un an

Les agnelles d'élevage (de 1 à 2 ans) meurent dans la proportion de 5 - 8 p. 100, la quasi-totalité de maladies respiratoires.

Quant aux brebis adultes, leur taux de mortalité annuel est de l'ordre de 4 p. 100; la plupart étant dues à des toxicoses ou accidents de la reproduction, ce qui ne saurait nous étonner vu la rapidité du cycle de reproduction que suivent certaines brebis. Ces accidents ne surviennent jamais avant le 4^e agnelage mais, rappelons-le, certaines brebis ont mis bas plus de 10 fois au rythme normal sans accident.

Valeur des carcasses

Nous ne disposons que de relativement peu de données (23) pour faire une évaluation exacte des rendements des agneaux abattus. Nos clients, Camerounais en majorité, préfèrent pour de multiples raisons : religieuses ou traditionnelles, emporter leur animal sur pied. Pour un mâle d'environ 20 kg de poids vif (à jeun de 18 heures) nous pouvons donner les résultats moyens d'abattage suivants :

Poids vif moyen	20,200 kg
Tête	1,630 kg
	(1,300 sans cornes)
	(1,800 avec cornes)
Pattes	0,560 kg
Peau	1,470 kg
Viscères non vidés	5,100 kg
Testicules	0,190 kg
Foie, rein, cœur, poumons	0,950 kg
Carcasse non ressuyée	8,700 kg
Pertes (sang, urines...)	1,600 kg

soit un rendement carcasse poids vif = 43,1 p. 100 avant ressuyage

$$\frac{\text{carcasse} + \text{abats}}{\text{poids vif}} = 47,8 \text{ p. 100}$$

Une distribution suivant le poids vif à l'abattage donne les rendements chauds suivants :

TABEAU N°VIII

Poids vif	Sans abats	Avec abats
18 kg	40 p.100	44,5 p.100
20 kg	43 "	48 0 "
22 kg	47 "	51,5 "
28 kg	48,5 "	53,5 "

5. L'UNITE ZOOTECHNIQUE DE PRODUCTION ET SON AMELIORATION

Structure actuelle de l'unité zootechnique

En station

La base de calcul est une brebis adulte, c'est-à-dire une femelle à partir de son deuxième agnelage, donc âgée de 2 ans, jusqu'à sa mort ou sa réforme.

Les calculs de la productivité de cette unité zootechnique utiliseront les paramètres que nous avons évalués dans le chapitre précédent à savoir :

taux de fertilité	0,96
taux de prolificité : primipare	1,00
adulte	1,16
intervalle entre mise bas	8,0 mois
âge au premier agnelage	16,0 mois
	(pour simpl.)
taux de renouvellement annuel	25 p. 100
taux de mortalité avant un an	24 p. 100
taux de mortalité de un à 2 ans	8 p. 100
âge à la commercialisation	8,0 mois

Tous les 8 mois une brebis adulte donne naissance à $1 \times 0,96 \times 1,16 = 1,11$ agneaux dont 76 p. 100 survivront jusqu'à la commercialisation, soit : $1,11 \times 0,76 = 0,84$ ou 0,42 mâles, 0,42 femelles.

Nous devons garder chaque année des agnelles pour renouveler les mères réformées soit par chaque 8 mois et en tenant compte de la mortalité :

$$0,25 \times 8 \times 1,08 = 0,18 \text{ agnelles}$$

Par période de 8 mois, nous pouvons donc commercialiser 0,42 mâles + (0,42 - 0,18) femelles = 0,66 agneaux dont 30 p. 100, soit 0,20 n'atteindront les 20 kg requis qu'entre 8 et 12 mois.

A un moment donné, compte tenu des agnelages se répartissant sur toute l'année, notre troupeau aura ainsi la structure suivante :

- 1 brebis adulte
- 0,03 béliers
- 0,18 agnelles

0,17 primipares
 0,84 agneaux de moins de 8 mois
 0,20 agneaux de plus de 8 mois
 0,09 agneaux de moins de 8 mois nés des primipares
 soit : 2,51 animaux par brebis adulte présente, structure que nous désignerons dans la suite comme l'unité zootechnique de station ou UZ station.

Ce chiffre, bien que pouvant apparaître théorique, n'en donne pas moins une estimation très proche de la réalité : ainsi au jour où nous écrivons cet article, nous avons 41 brebis adultes; notre troupeau devrait donc comprendre $41 \times 2,51 = 103$ animaux; or l'effectif actuel est de 106 dont il faut déduire 2 jeunes mâles commercialisables de plus de 20 kg dont la vente ramènerait l'effectif normal à 104.

A de nombreuses reprises depuis 2 ans, nous avons vérifié la validité de ces calculs.

En pratique, les planteurs ne savent pas différencier les primipares des adultes; il convient donc de ramener notre unité zootechnique au nombre de femelles ayant agnelé. Dans ces conditions, nous obtiendrons une unité améliorée : UZ améliorée = 2,24 animaux par brebis présente.

En conditions extensives

En extensif traditionnel, ces chiffres doivent être corrigés car les agneaux n'atteignent le poids de « commercialisation » que bien après 8 mois.

On peut raisonnablement estimer que les paramètres de reproduction sont sensiblement les mêmes qu'en élevage amélioré.

D'après nos observations, nous devons modifier principalement les paramètres suivants :

- taux de mortalité avant 8 mois : 35 p. 100
- taux de mortalité de 8 à 16 mois : 10 p. 100
- pourcentage de commercialisation avant 8 mois : 0 p. 100

La structure de l'unité zootechnique extensive (UZ ext.) serait donc voisine de :

1	brebis	40 p. 100
0,10	bélier (beaucoup d'éleveurs conservent 1 bélier)	4 p. 100
0,72	agneaux de moins de 8 mois	29 p. 100

0,65 agneaux de plus de 8 mois . 26 p. 100
 soit : UZ ext. = 2,47 animaux par brebis présente.

Nos enquêtes en milieu villageois ont fait ressortir pour des « troupeaux de village » des chiffres de cet ordre : de 2,35 à 2,51.

Productivité de ces unités zootechniques

En milieu villageois

Parmi les 0,65 agneaux de plus de 8 mois, 0,18 agnelles devront être conservées pour maintenir le troupeau. Il restera donc chaque 8 mois, 0,47 animaux à « commercialiser » soit :

0,70 agneaux par an et par UZ extensive
 ce qui représente un *taux annuel de commercialisation* de 28 p. 100.

Nos enquêtes villageoises vérifient ces chiffres puisque nous avons relevé :

- des productivités de 0,64 à 0,75 agneaux/an/brebis;
- des taux de commercialisation de 24 à 31 p. 100.

En brousse, un agneau d'environ 20 kg est vendu 3 000 F CFA (au Sud-Cameroun) et une brebis autour de 4 000 F CFA.

Le revenu brut annuel de l'UZ extensive est donc de :

$$0,70 \times 3\,000 + 0,10 \times 4\,000$$

(agneau) (brebis réforme).

$$= 2\,500 \text{ F/an/brebis}$$

En station

L'UZ améliorée permet de commercialiser chaque année :

0,99 agneaux par an et par UZ am.
 correspondant à un *taux annuel de commercialisation* de 44 p. 100. En élevage amélioré, le revenu monétaire brut est de : 3 350 F/an/brebis, soit un accroissement de 34 p. 100 du revenu brut par brebis. Ce même revenu s'établit à 3 800 F CFA/an/brebis adulte pour l'UZ de station; chiffre que nous vérifions également par la pratique puisque nos recettes annuelles sont de l'ordre de 160 000 F CFA pour un effectif de brebis adultes oscillant entre 40 et 45 têtes.

Besoins nutritionnels de ces unités zootechniques

Paramètres utilisés

Brebis en lactation

En période de lactation, la production et les besoins journaliers maximaux s'élèvent à :

TABLEAU N° IX

Mode d'élevage	Extensif	Amélioré
G.M.j. (en g) (0-30 j.)	80	150
kg lait/j	0,7	1
U.F./j	0,85	1,10
G. M.P.D./U.F.	100-105	110-115

D'après nos évaluations, le niveau de consommation alimentaire de ces ovins est de :

3,7 à 4,2 kg de matière sèche
pour 100 kg de poids vif.

Un animal de 30 kg pourra donc ingérer de 1,10 à 1,25 kg de matière sèche par jour. Avec une alimentation exclusivement basée sur les fourrages, les brebis menées en extensif arrivent tout juste à couvrir leurs besoins en période de pointe de lait avec une herbe d'excellente qualité, soit au moins à 0,68 UF/kg de matière sèche, chiffre qui est rarement atteint par les fourrages locaux hormis les légumineuses et quelques excellentes graminées tropicales.

Agneaux en croissance

Le même genre de calcul conduit à démontrer qu'avec une alimentation exclusivement fourragère les agneaux ne peuvent après 1 mois dépasser un gain moyen journalier de 40 - 50 grammes, même avec des fourrages d'excellente qualité. En effet, d'après nos évaluations, les besoins de croît s'élèvent autour de : 0,5 à 0,6 UF par 100 grammes de gain de poids vif contre 0,25 à 0,3 dans les tables européennes.

Charges à l'hectare

Comme nous venons de le démontrer, les performances atteintes en extensif sont presque les limites de production possible de ces ovins en pâture exclusive. Pour estimer les charges applicables en élevage amélioré, il nous faudra

obligatoirement concevoir une nourriture d'appoint que nous déterminerons plus loin.

Charges en extensif

Chaque Unité Zootechnique extensive a un besoin annuel d'environ 460 UF.

Si nous estimons entre 3 000 et 4 000 UF la production annuelle des pâturages tropicaux guinéens du Sud-Cameroun non améliorés mais bien menés, ceux-ci pourront supporter :

entre 6,5 et 8,5 mères suitées à l'hectare.

Charges en amélioré

Le pâturage ne peut pas couvrir seul les besoins des animaux, particulièrement pendant les 2 premiers mois de lactation durant lesquels les besoins journaliers dépassent 0,9 UF, ce qui supposerait avec un fourrage d'excellente qualité un niveau d'ingestion supérieur à 4,3 kg de matière sèche par 100 kg de poids vif.

De même, ce pâturage est incapable d'assurer la croissance des agneaux au rythme de 70-80 g de gain moyen journalier.

Avec ces performances, le fourrage ne peut être utilisé que pour couvrir 305 des 430 UF nécessaires à l'unité zootechnique améliorée chaque année.

Une charge de 10 à 13 brebis suitées à l'hectare pourra donc être utilisée.

Dans notre station, un pâturage de 2,5 hectares implanté en *Brachiaria ruziziensis* suffit largement à couvrir les besoins fourragers de nos 49 unités améliorées, soit une charge effective de près de 20 mères suitées à l'hectare. Ce pâturage est bien sûr fumé régulièrement et produit de l'ordre de 6 500 UF par hectare et par an en zéro grazing.

Coûts de productions de ces unités zootechniques

Unité zootechnique extensive

Traditionnellement, les ovins sont laissés en liberté dans la brousse, où ils exploitent les jachères. Dans les régions de forte densité de population donc de forte culture, les moutons sont attachés et plus exceptionnellement parqués pendant la saison des plantations (avril à novembre). Même dans ce dernier cas, les propriétaires se contentent soit de déplacer leurs moutons chaque matin, soit de leur couper du fourrage qu'ils jettent dans les enclos.

On leur donne aussi des restes de cuisine et d'épluchage mais ceux-ci sont le plus souvent réservés en priorité aux porcs. La ration s'améliore un peu en période de récolte avec la distribution des résidus de grains et tubercules non consommables dans l'alimentation humaine.

Les soins sont quasiment inexistantes. Dans ces conditions, les coûts de production en élevage extensif traditionnel sont pratiquement nuls.

Dans le Sud du Cameroun, la taille moyenne des exploitations est de l'ordre de 2 hectares par famille, les jachères occupent un maximum de 0,4 hectare par exploitation, chaque famille pourra donc entretenir sur ses terres de l'ordre de 2,5 brebis suitées et en retirer un surplus de revenu de quelque 6 200 F CFA par an; ce qui n'est pas négligeable lorsque l'on sait que le revenu annuel moyen des planteurs est de l'ordre de 40 000 F CFA même avec des cultures industrielles (résultat de 120 enquêtes sur 7 exploitations chacune).

Unité Zootechnique améliorée

Habitat

Il est certain que l'élevage amélioré tel que nous l'avons testé en station suppose un minimum d'infrastructure pour que chaque type d'animal puisse être mené selon ses besoins propres. La construction d'une bergerie compartimentée s'impose donc. Même construite en matériaux locaux, il n'est pas envisageable de descendre en dessous de 700 F le mètre carré couvert et installé pour avoir un minimum de commodité et d'hygiène soit, à raison de 2 mètres carrés par UZ, un investissement de 1 400 F par UZ amortissables sur 5 ans, d'où une charge annuelle de 280 F par UZ et par an.

Frais vétérinaires

Un programme de vaccination et de prévention des parasitoses doit être mis en œuvre pour diminuer la mortalité et accroître l'efficacité alimentaire. Nous étudierons plus bas les solutions que nous préconisons après 8 ans de recherches. Un minimum de 150 F par an et par UZ devra être prévu.

Supplémentation alimentaire

Les fourrages apportent 310 UF à notre UZ améliorée, le lait environ 20 UF aux agneaux après 6 semaines, les suppléments alimentaires devront donc apporter autour de 100 UF.

Le supplément de productivité de l'UZ améliorée par rapport aux conditions extensives a été évalué à 850 F CFA par an desquels il faut déduire 430 F pour frais vétérinaires et d'aménagements. Pour obtenir une amélioration du revenu de l'éleveur, les concentrés devront donc coûter nettement moins de 420 F pour 100 UF, soit 4 F par UF. Les frais de transport des lieux de production à l'exploitation ne sont pas négligeables vu la dispersion des complexes de production et l'état actuel de l'infrastructure routière. Un prix moyen de 1 F par UF peut donc être raisonnablement décompté. Fabriquer des concentrés revenant à moins de 3 F par UF s'avère impossible pour satisfaire les besoins des animaux en période d'afflux de lait et de croissance maximale. A ce niveau, seules la mélasse de canne (3 F par UF) et les drèches fraîches (gratuites au départ brasserie) pourraient être utilisées. Le maïs (19 F l'UF) pourrait à la rigueur servir en très faibles quantités pour les brebis au premier mois de lactation.

Conclusion

Dans les conditions actuelles du marché des matières premières, des potentialités de la race Djallonké et du prix de vente des moutons, il s'avère impossible de proposer à la vulgarisation l'Unité Zootechnique améliorée telle que nous l'avons définie. Les voies à rechercher pour améliorer l'élevage du mouton au Sud-Cameroun devront se contenter de performances intermédiaires entre celles enregistrées en milieu traditionnel et celles obtenues en station.

6. AVENIR DE L'ELEVAGE OVIN AU CAMEROUN

Les problèmes sanitaires et leurs solutions

Malgré la rusticité de cette race qui n'a fait l'objet d'aucune sélection, on est étonné de constater un taux de mortalité si élevé chez les jeunes. Les problèmes se multiplient dès que l'on s'adresse à des troupeaux de plusieurs dizaines de têtes. Aussi bien dans notre élevage que dans les quelques rares troupeaux importants constitués par des expatriés, nous avons constaté qu'il ne fallait pas dépasser l'effectif de 150 moutons, soit environ 60 brebis, sous peine d'avoir des problèmes sanitaires importants à résoudre et de voir la productivité par mère diminuer très fortement, même si les bâtiments sont suffisamment vastes. De même, l'introduction en quantité importante de nouveaux

reproducteurs accroît fortement la mortalité pendant l'année qui suit. Ces problèmes généraux de gestion sanitaire étant réglés, l'éleveur d'un troupeau se verra confronté aux maladies suivantes :

Boiteries et piétin

Pendant longtemps, ce problème nous a préoccupé. Malgré l'utilisation d'un pédiluve dans lequel nous avons essayé quelque 7 produits différents, il n'est pas rare qu'en saison des pluies 1/4 du troupeau soit en traitement au lazaret. Nous avons essayé un certain nombre de formules jusqu'aux piqûres intraveineuses de Bismuth. La situation ne s'améliorait pas de façon durable. Finalement nous avons pratiqué la sélection en réformant, en 1970, tous les reproducteurs fréquemment atteints. Les quelques animaux encore atteints sont isolés sur litière bien sèche. Leurs pattes sont nettoyées, désinfectées et pulvérisées à l'aide d'un Spray antiseptique. Depuis, les cas de boiteries sont devenus très exceptionnels bien que le pédiluve ne soit plus utilisé. La qualité de la litière nous paraît en ce domaine très importante. Une couche de 10 cm de copeaux de bois changée deux fois par semaine fait l'affaire si on ne dispose pas de parches de café qui constituent la litière idéale puisqu'elle ne doit être changée que mensuellement.

Maladies respiratoires

Le tableau des mortalités de jeunes a clairement mis en évidence que ces maladies : bronchites, pneumonies, etc., étaient responsables de plus de 40 p. 100 de la mortalité totale. La répartition par période de l'année montre une forte poussée durant le premier trimestre. Naturellement, on est tenté d'incriminer les forts écarts de température observés pendant la saison sèche mais une étude plus précise montre que ce facteur n'est pas seul en cause. Les facteurs humains ne sont pas négligeables en cette période suivant de près les fêtes de fin d'année : la surveillance sanitaire se relâche, et de plus les jeunes agneaux sont prédisposés du fait d'une alimentation déficiente : le fourrage devenant plus rare, les rations s'amenuisent sérieusement avec des ouvriers travaillant à l'heure et non pas au rendement. L'ensemble de tous ces facteurs affaiblit les défenses des agneaux contre le microbisme de bergerie, très important dans notre station à cause du nombre de spéculations pratiquées et de la fréquence des visiteurs venus de tous horizons.

Bien que ces maladies constituent notre principal souci, nous pensons qu'en troupeau isolé et bien géré des points de vue sanitaire et alimentaire, l'influence de ce microbisme pourrait être ramené à des proportions plus normales. Dans ce sens, nous préconisons l'administration d'un vaccin polyvalent aux âges de 4 - 6 et 20 semaines et, surtout, un rappel annuel à tous les reproducteurs.

Entérotoxémies et toxémies de gestation

La part de ces toxicoses dans la mortalité des reproducteurs n'est pas négligeable : mis à part les accidents de manipulations et les renversements de vagin (1 par an) nous pouvons affirmer qu'elles représentent pratiquement la seule cause de mortalité dans cette classe d'âge. Dans tous les cas, les toxicoses s'attaquent aux animaux les plus productifs : brebis fécondes et béliers très précoces. L'administration de vaccin polyvalent apparaît très efficace contre les entérotoxémies si on sait éviter les erreurs d'alimentation et surtout les changements brusques de régime. La toxémie de gestation est difficile à combattre surtout avec le rythme intensif du cycle reproductif que peuvent suivre certaines brebis.

Dans tous les cas, la mortalité globale des adultes ne dépasse pas 4 p. 100 bien que certaines brebis soient conservées jusqu'à 11 agnelages et plus.

Parasitoses gastro-intestinales

Strongyloses

Nous avons essayé de les combattre par le Thibenzole puis par le Tétramisole avec des résultats intéressants au début mais, après quelques mois, les réinfestations se rapprochaient de plus en plus.

En 1970, nous avons remis en vigueur le déparasitage continu par incorporation de Phénothiazine (10 p. 100) dans le concentré minéral qui reste en permanence à la disposition des animaux. Depuis cette date, il n'a plus fallu intervenir contre cette parasitose extrêmement meurtrière.

Monieziose - (taeniasis)

Elle affecte principalement les animaux pendant leur première année. L'hôte intermédiaire, un Oribate, étant actuellement impossible à combattre, nous traitons systématiquement tous

les agneaux toutes les 6 semaines à partir de l'âge de un mois et demi au Mansonil-Bayer avec succès.

Hémoparasites

Nous n'avons jamais diagnostiqué un seul cas de trypanosomiase ni de piroplasmose alors que tiques, glossines et tabanidés ne sont pas rares dans notre station. Ceci confirme l'opinion couramment admise que les petits Ruminants d'Afrique Centrale sont naturellement résistants à ces maladies.

Parasitoses externes

Un passage au bain détiqueur tous les deux mois suffit dans notre station à prévenir les attaques des tiques. Les autres Acariens jouent un rôle négligeable. Par prudence, nous conseillons toutefois le passage au bain mensuellement.

Ecthyma contagieux

Cette infection apparaît sporadiquement en station mais semble assez généralisée en brousse. Il faut cependant signaler que les complications sont rares. Les paysans le traitent en frictionnant les croûtes avec des herbes locales. En station, nous prévenons les complications chez les animaux fortement atteints par l'injection d'antibiotiques .

Amélioration des structures de l'élevage ovin

La promotion de ce secteur de production économique se heurte aux contraintes que nous avons explicitées ci-dessus et qu'il nous faut rappeler brièvement :

Taille réduite des unités de production

- 2 à 3 animaux par exploitation;
- commercialisation faible : « élevage tirelire »;
- surfaces fourragères peu importantes dans beaucoup de régions du Sud-Cameroun;
- modifications des habitudes à cause des dégâts causés aux cultures vivrières déficitaires.

Faible potentiel de la race Djallonké

- faible efficacité alimentaire : 6 UF/kg de gain;
- mortalité élevée;
- prolificité faible : 1,15 agneau par mise bas;

- rendement à l'abattage médiocre : 43 p. 100.

Marché peu important pour la viande de mouton

- viande de luxe : deux fois plus onéreuse que celle de bœuf;
- moins appréciée que la viande de cabri (chevreau), sauf par les Musulmans;
- autoconsommation rare : un mouton abattu représente de la viande pour plus de 10 repas alors que les planteurs ne mangent qu'épisodiquement de la viande.

Cet ensemble de contraintes pose des problèmes sérieux à la vulgarisation en milieu villageois. Comment peut-on envisager l'avenir ?

Amélioration en milieu villageois

Devant l'accumulation des palabres provoquées par les dégâts causés aux cultures vivrières, la divagation semble condamnée à plus ou moins court terme, au moins en saison de culture; l'accroissement de la population avec la réduction corrélative de la taille des parcelles individuelles et du temps de jachère laissant de moins en moins de pâturages exploitables.

De plus, cette situation oblige les paysans à aller cultiver de plus en plus loin de leur case; il n'est pas concevable d'utiliser rationnellement les jachères éloignées des villages. Cela supposerait d'affecter un berger à la surveillance des moutons alors que la main-d'œuvre manque souvent en saison de plantation.

Conservation de la taille des unités individuelles de production

Chaque famille disposant donc de quelques têtes, on pourrait envisager de les élever selon la méthode du « mouton de case »; les animaux étant enfermés ou parqués, le propriétaire leur apporterait fourrage et déchets de cuisine et de cultures. Cette technique, quoique pratiquée par certaines populations du Nord-Cameroun (les Kirdis) pour le bœuf, n'existe pas, à notre connaissance, pour les moutons. Par contre, dans tout le Sud et singulièrement dans la région Ouest, les porcs sont élevés suivant cette méthode qui leur convient très bien du fait de leur régime omnivore. On conçoit difficilement que le mouton puisse supplanter le porc dans cette pratique; les paysans ayant une truie en obtiendront chaque année environ deux porcs qui seront commercialisés pour quelque 10 à

12 000 F CFA contre 2 500 F par brebis. Certes, les ovins auront surtout besoin de fourrages et les déchets ne forment qu'un complément mais l'expérience que nous avons tentée en ce sens s'est heurtée à la difficulté de modification du comportement des villageois. Le mouton va normalement chercher sa nourriture; le paysan, même de bonne volonté, conçoit mal qu'il faille apporter herbe et eau chaque jour à ses moutons. Même s'il leur apporte de l'herbe, c'est toujours en quantité insuffisante; quant à l'eau, c'est probablement le plus grave problème à résoudre surtout en période de lactation.

Création de troupeaux villageois

Regrouper tous les moutons d'un même village et gérer ce troupeau est-il techniquement possible? Mettons de côté les problèmes d'entente entre les différents propriétaires qui risquent pourtant de n'être pas faciles à résoudre. Dans chaque village ou quartier, on peut tableur sur 30 à 60 moutons, soit de 12 à 25 UZ extensives. Un enclos et une bergerie rudimentaires devront être construits. Ce troupeau sera sous la conduite d'un berger qui veillera à le faire pâturer sur les jachères. Cette organisation permettra un début de sélection par castration de tous les mâles de faible valeur. Quant à l'alimentation, nous proposons de conserver les mères en bergerie pendant leur premier mois de lactation et de leur donner, en plus des fourrages, des déchets de cuisine; chaque propriétaire étant tenu de fournir chaque année une certaine quantité de résidus. La mise en disponibilité permanente d'un concentré minéral contenant de la phénothiazine devrait permettre d'améliorer sensiblement la productivité. Le berger sera presque occupé à plein temps et le problème de sa rémunération se pose. Ses cultures vivrières autoconsommées mises à part, un petit planteur dispose d'un revenu monétaire annuel de quelque 20 000 F CFA.

La famille du berger pouvant s'occuper des cultures vivrières, ce dernier devrait recevoir comme salaire un minimum de 2 500 à 3 000 F par mois s'il assure lui-même les constructions et l'approvisionnement en concentrés minéraux. Un prélèvement de 30 à 35 000 F devra donc être opéré sur les recettes annuelles du troupeau.

Quels avantages pourrait en tirer un propriétaire? La sélection des reproducteurs, voire l'achat d'un bélier améliorateur comme ceux

proposés par notre station (50 à 60 kg) permettra un gain de conformation des animaux qui pourraient peut-être être vendus autour de 3 500 à 4 000 F, comme cela se voit déjà en brousse; soit un supplément de revenu par UZ de 350 à 600 F. Cette technique serait donc valable pour des troupeaux villageois d'au moins 55 UZ; ce qui est très rare et risque de poser des problèmes sanitaires nouveaux.

A notre connaissance, ce type d'organisation a été essayé 3 fois par des missions: opérations qui se sont toutes soldées par un échec malgré l'apport de capitaux extérieurs pour créer les infrastructures.

Peut-on encourager la création d'élevages de moutons?

Ce qui vient d'être démontré ci-dessus s'applique aussi à la constitution de fermes d'élevages de moutons; dans le Sud-Cameroun peu de régions se prêtent à la création d'élevages: les terres sont déjà très occupées. L'accroissement de la population s'il n'est pas compensé par un accroissement au moins aussi important des rendements mobilise de plus en plus les jachères. Il existe cependant à l'est du pays de vastes étendues de savanes sous-peuplées (2,6 hab/km²) qui pourraient avoir une vocation pastorale bien qu'elles soient situées loin des grands centres de consommation. La mise en service récente du chemin de fer transcamerounais permet d'ores et déjà de désenclaver cette zone encore très sous-exploitée. De même, le Centre (Adamaoua) et son prolongement naturel: le Grassfield de la province du Nord-Ouest qui sont déjà des zones d'élevage bovin pourraient devenir aussi des centres de production ovine. Nous avons démontré que l'élevage ovin donnait un revenu annuel de 17 000 F CFA à l'hectare alors que dans ces mêmes régions l'élevage bovin n'offre qu'un revenu de 2 000 F par hectare. On pourrait donc s'étonner du peu d'engouement des éleveurs de ces régions pour la spéculation ovine, d'autant que la majorité d'entr'eux est islamisée, donc friande de viande de mouton. C'est compter sans les coutumes locales: traditionnellement, on mesure l'influence et la notoriété d'un personnage au nombre de bêtes à cornes qu'il possède. Peu à peu, l'économie de marché fait des percées dans ce milieu et il n'est pas aberrant de penser que l'élevage ovin y trouvera une place plus importante. Dans le cadre d'une politique nationale d'approvisionnement en viande, il est cependant

naturel d'encourager l'élevage bovin dont la viande coûte deux fois moins cher au consommateur camerounais déjà carencé en protéines animales. Dans un cas comme dans l'autre, les problèmes de propriété foncière devront être résolus pour permettre aux éleveurs d'investir dans l'amélioration de leurs pâturages.

Association moutons-cultures industrielles

Parmi les cultures industrielles pratiquées au Cameroun, les caféières et palmeraies offrent une strate de couverture herbacée exploitable par les ovins. Si nous avons une expérience dans le domaine de l'association moutons-caféiers, les palmeraies sont de création trop récente au Cameroun pour que nous ayons pu y faire des études précises; dans ce dernier cas, nous nous référerons à des travaux analogues menés en Côte-d'Ivoire avec des taurins de race N'dama.

Association moutons-caféiers

De par sa diversité géographique, climatique et écologique, le Cameroun peut exploiter les deux types de caféiers : le Robusta en dessous de 1 000 m d'altitude et l'Arabica sur les hauts-plateaux de l'Ouest. Dans les deux cas, de nombreuses plantations industrielles, généralement mises en place par des expatriés, ont associé un troupeau de moutons à leurs caféières. C'est ainsi que nous avons pu suivre plusieurs troupeaux de 200 à 900 têtes.

La plante de couverture du Robusta est généralement le *Pueraria javanica* ou Kudzu, légumineuse qui constitue un bon fourrage, bien apprécié lorsque les animaux y sont habitués. Les performances atteintes sont celles que nous avons décrites pour l'extensif; à savoir un gain moyen journalier de l'ordre de 50 grammes. Mais il n'est pas rare de trouver des animaux de caféière dépassant les 65 grammes par jour. Une simple sélection massale sur la vitesse de croissance permettrait en quelques générations d'amener le croît moyen du troupeau autour de 60-65 grammes par jour, permettant ainsi un taux de commercialisation plus élevé. Quoi qu'il en soit, actuellement, une recette de 2 500 F par Unité Zootechnique peut être retenue. A raison d'au moins 3 UZ extensives par hectare de caféière, le supplément de revenu à l'hectare sera de 7 500 F par an. Une plantation de 100 hectares pourra donc accroître ses recettes de 750 000 F par an desquels il faut déduire l'amortissement des investissements : 600 m² couverts, achat de concentrés minéraux et paie

d'un berger; le tout pour quelque 250 000 F par an. Le café fournit les parches qui, nous l'avons signalé en son temps, constituent une litière idéale. Sans avoir de chiffres très précis, nous pouvons toutefois estimer à un minimum de 350 000 F CFA les bénéfices apportés théoriquement à un propriétaire de 100 hectares de caféières Robusta. Nous disons théoriquement car, dans les faits, tous les éleveurs se plaignent de nombreuses disparitions : il est vrai que la surveillance est difficile à organiser lorsque les moutons sont laissés en liberté dans les caféières.

En altitude, les caféières Arabica sont couvertes de *Pennisetum clandestinum* ou Kikuyu, qui constitue aussi un excellent fourrage très résistant au pâturage. Nous n'avons pas de chiffres précis sur les croissances obtenues mais nous avons tout lieu de croire que celles-ci sont de même ordre de grandeur qu'avec du *Pueraria*. Dans ces conditions, le chiffre minimal de 3 500 F à l'hectare de bénéfice net peut être retenu.

Nous avons fait un essai d'ensilage de pulpes de café avec des graminées qui s'est révélé intéressant : les animaux consomment bien ce produit qui représente un bon appoint de saison sèche.

Dans tous les cas, nous n'avons pas tenu compte du gain de main-d'œuvre réalisé grâce à cette technique. Les planteurs eux-mêmes, s'ils le reconnaissent volontiers, ne sont pas à même de le chiffrer. Cette économie est certainement de plusieurs milliers de francs à l'hectare et par an.

Association moutons-palmeraies

Si les moutons sont les seuls Ruminants à pouvoir exploiter la strate de couverture sans endommager les caféiers, dans les palmeraies, l'élevage bovin est possible comme l'a démontré une étude en Côte-d'Ivoire. Là aussi, le *Pueraria* est la plante de couverture et si nous envisageons de l'exploiter par des ovins nous devons nous attendre à des performances et des résultats financiers analogues à ceux obtenus sous caféières, soit 7 500 F à l'hectare.

Avec des bovins trypanotolérants comme le N'dama, on peut escompter un revenu brut de 2 000 F à l'hectare; dans les deux cas, les économies de main-d'œuvre n'ont pas été comptabilisées mais elles représenteraient près de 50 p. 100. Le coût des infrastructures sera pro-

bablement plus élevé en élevage ovin mais pas au point d'inverser l'ordre des rentabilités. L'élevage ovin sous palmiers serait au minimum trois fois plus rentable que l'élevage de bovins trypanotolérants.

Dans ce qui précède, nous n'avons envisagé une exploitation de la strate herbacée de couverture qu'avec la race pure Djallonké. Il semble évident qu'avec un croisement industriel les résultats financiers seraient nettement plus intéressants, comme nous le verrons plus bas.

Ateliers de production d'agneaux gris

A très court terme, nous pouvons envisager la création, près des sources de sous-produits agro-industriels, d'ateliers de production d'agneaux gris. Cette spéculation est rendue possible par la sélection que nous avons opérée en vue d'accroître l'efficacité alimentaire de la race Djallonké. Mais il est évident que ces ateliers seraient encore plus rentables en utilisant le croisement industriel avec une race étrangère de type « viande » comme les South-down, Ile de France...

Même en race pure, nous obtenons déjà chez 20 p. 100 de nos agneaux des gains moyens journaliers de 180 grammes entre 0 et 30 jours et de plus 100 grammes entre 30 et 150 jours. A ce rythme de croissance, les agneaux sont commercialisables à 20-22 kg avant 6, voire 5 mois. Cette viande de première qualité, reconnue comme telle par tous nos clients, pourrait être vendue aux boucheries de luxe autour de 250 F le kg vif.

Les aliments de base seront, en complément des fourrages, la mélasse de canne, les drèches fraîches de brasseries et, à un moindre taux, les drèches desséchées et le maïs. Les drèches fraîches se conservant mal et n'étant actuellement disponibles qu'à Yaoundé (100 km de la zone préconisée), elles seront ensilées avec des graminées préfanées. Cet ensilage constituera la base de la ration en saisons défavorables.

Nos calculs, confirmés par ceux du Centre de Recherches Zootechniques de Bouaké-Minankro (Côte-d'Ivoire) font ressortir à 1,8 F l'UF utilisable de *Stylosanthes gracilis* cultivé. Les besoins annuels de l'UZ améliorée sont, rappelons-le, de :

- 305 UF d'excellents fourrages soit 550 F;
- 100 UF de concentré à 10 F soit 1 000 F;

soit un coût alimentaire annuel de 1 550 F par UZ.

A cela s'ajoutent 3 000 F par UZ de constructions amortissables sur dix ans, soit 300 F l'an et 500 F pour frais vétérinaires et suppléments minéraux.

La taille maximale d'un troupeau a été évaluée à 70 UZ qui rapporteraient donc près de 200 000 F par an pour une superficie de 5 hectares environ.

On peut raisonnablement estimer qu'un berger (8 000 F par mois en zone III) puisse s'occuper de deux troupeaux de ce genre. Un propriétaire de 10 hectares pourrait donc, s'il pratiquait cette spéculation, recevoir un bénéfice annuel de 300 000 F CFA, soit 30 000 F à l'hectare, ce qui dépasse le rapport à l'hectare des cultures industrielles traditionnelles mais qui, bien sûr, exige une technicité certaine du berger.

L'investissement de départ se monte à 1,5 million pour achat des brebis sélectionnées, constructions et aménagements des pâturages; soit un revenu annuel du capital de 20 p. 100.

Cette spéculation : l'agneau gris, paraît donc possible avec la race pure Djallonké. A fortiori, la pratique du croisement industriel serait-elle rentable.

Le marché des grandes villes peut être estimé à 3 000 agneaux de qualité par an. On pourrait donc promouvoir dans le Sud-Cameroun des unités de l'ordre de 50 troupeaux de 70 mères.

Création d'une nouvelle race

L'accélération inéluctable de l'urbanisation et l'accroissement du niveau de vie accroîtront sensiblement la demande en viande de mouton dans les prochaines décennies. Au niveau de la recherche, il est grand temps de préparer ces solutions d'avenir.

Nous venons de démontrer longuement que la race Djallonké n'offrait pas des rendements suffisants pour la création d'élevages rentables d'ovins si le prix de la viande de mouton n'augmente pas considérablement. On peut raisonnablement penser que des paysans ne pourront créer et vivre d'élevages de moutons que si le revenu monétaire est multiplié par deux. Doubler le prix de la viande n'apparaît pas comme une solution normale en pays pauvre. Reste

alors à essayer de doubler la productivité de l'UZ extensive.

La race locale Djallonké présente de bons atouts quant à ses qualités maternelles; on peut lui reprocher principalement une prolificité faible et une valeur laitière médiocre. Sa principale qualité réside dans son rythme d'agnelage qui, nous l'avons démontré, peut être encore amélioré par sélection. De plus, elle résiste particulièrement bien aux conditions pathologiques de la zone forestière : trypanosomiase, piroplasmose, dermatoses...

Le principal verrou à faire sauter est la faible productivité de l'UZ liée à la prolificité modeste et à la forte mortalité des jeunes. Le second point peut être amélioré mais n'apportera pas la rentabilité suffisante permettant de créer des élevages ovins.

Nous pensons donc qu'une « nouvelle race locale » doit être créée alliant les qualités de la race Djallonké à la prolificité et à la valeur laitière de races réputées rustiques et prolifiques comme les races Romanov et Finnoise. L'une et l'autre sont très résistantes aux conditions difficiles de milieu et mettent bas autour de 3 agneaux par portée. La création d'une race demi-sang Djallonké-Romanov serait probablement assez rustique et aurait une prolificité minimale de 200.

Dans ces conditions, l'UZ construite sur cette race pourrait commercialiser chaque année autour de 1,95 agneaux, plutôt mieux conformés que les animaux locaux. Le revenu annuel par UZ serait donc de 8 000 F pour des dépenses de l'ordre de 2 800 F (conditions amé-

liorées) soit un bénéfice de 5 200 F par UZ et de 365 000 F par troupeau de 70 mères nécessitant 7 hectares. Un revenu annuel de plus de 50 000 F à l'hectare pourrait devenir une affaire très intéressante.

Ce profit pourrait encore être considérablement accru par la pratique du croisement industriel entre ces mères « Djallonké prolifiques » et une race à viande. Dans tous les pays du monde, l'élevage du mouton s'oriente vers la stratification et le croisement à plusieurs étages. C'est également pour le Cameroun la seule voie pour tirer profit des qualités de la race locale et de ses pâturages guinéens abondants situés en zone trypanosomées. Dans cette perspective, la création d'une station de création, de sélection et de diffusion de cette nouvelle race s'avère indispensable dans les plus brefs délais.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tous les col-laborateurs qui les ont aidés durant ces huit années de recherches : Dr DUMEZ, Dr BOTTON, G. MARTET, R. GORDON et tous les bergers Camerounais. Notre gratitude va également aux éleveurs qui ont mis leurs troupeaux à notre disposition pour y effectuer nos relevés; en particulier les sociétés CFSO d'Abong-Mbang et d'Atock, SINCOA de Babadjou, mission de Minta, ZAPI de Menguémé. Enfin, nous ne saurions terminer sans remercier tous les étudiants de l'ENSA de la 6^e à la 10^e promotion qui ont mené les enquêtes villageoises lors de leurs « stages de monographies villageoises ».

SUMMARY

Djallonke sheep breed in Cameroon Zootechnical possibilities, breeding conditions, future

The authors have been following for nine years the study and the selection of the Djallonke sheep, both in the station of Nkolbisson, located 10 km from Yaoundé (Cameroon) and through multiple surveys conducted in several areas of Western and Central Cameroon. Data and results obtained in the zootechnical and veterinary as well in the socio-economic fields, let foresee the interesting possibilities for improvement of this breed. Nevertheless, according to the actual economic context, intensive production of Djallonke sheep is not very profitable. Further more, milk production of the ewes would have to be increased. For this purpose, some exotic blood coming from prolific and good milker breeds — Romanov for example — could be infused.

RESUMEN**La raza ovina Djalonke en Camerún
Potencialidades zootécnicas, condiciones de cría, porvenir**

Los autores han estudiado durante nueve años la selección de la oveja Djalonke en la explotación de Nkolbisson situada a 10 km de Yaunde, Camerún y en numerosas regiones del oeste y del centro de Camerún. Las informaciones y los resultados obtenidos, desde el punto de vista zootécnico, veterinario y socio-económico muestran las importantes posibilidades de mejora de dicha raza — Sin embargo, con las condiciones económicas actuales, la cría intensiva de la oveja Djalonke no se comprueba interesante. Necesitaria mejorar las posibilidades lecheras de las ovejas, lo que podría realizarse por el cruzamiento con una raza prolífica y lechera como la raza Romanov.

BIBLIOGRAPHIE

1. Approvisionnement en viande de l'Afrique centrale (2 tomes). Paris, S.E.D.E.S., 1971.
2. DOUTRESSOULLE. L'élevage en Afrique occidentale française. Paris, Maisonneuve et Larose, 1947.
3. BELSCHNER (M. G.). Sheep management and diseases. 8th ed., Melbourne, Angus et Robertson.
4. BRANCKAERT (R.). Nécessité d'une étude physio-zootéchnique approfondie des petits ruminants en Afrique centrale. 2^e Conférence Mondiale sur la production animale, Université de Maryland (U.S.A.), 1968.
5. BRANCKAERT (R.), VALLERAND (F.). Production de viande à partir des petits ruminants en Afrique centrale. Colloque O.C.A.M. sur l'Élevage, Fort-Lamy, Tchad, 1969.
6. CURASSON (G.). Le mouton au Soudan français. Paris, L'Union ovine coloniale, s.d.
7. DERAMEE (O.). L'élevage du mouton en Afrique centrale. CEDESA, 42, rue du Commerce, Bruxelles-4, 1967.
8. FALCONNER (D. S.). Introduction to quantitative genetics. Edimburgh, Oliver and Boyd.
9. LEROY (A. M.). Le mouton. Paris, Hachette, 1968.
10. Rapports d'Activités du Centre de Recherches Zootechniques de Sotuba (Mali), 1953 à 1957.
11. Rapports de stage d'analyse du milieu des étudiants de l'E.N.S.A., Yaoundé, Direction des Etudes. Ecole Nationale Supérieure Agronomique.
12. ROMBAUT (D.). Elevage bovin sous palmiers. Abidjan, Ministère de la production animale, 1972.
13. VALLERAND (F.). Génétique de la taille de portée et possibilités de sélection sur la prolificité chez différentes espèces domestiques. Mémoire DEA-FAC. Sci., Paris, 1967.

Notes sur la démographie bovine au Sahel

I. Représentation et projection théoriques du troupeau par un modèle mathématique

par G. TACHER (*)

RESUME

L'auteur propose de représenter le troupeau sahélien par un modèle mathématique matriciel permettant de réaliser facilement des projections. Après convergence vers l'état stable, l'équation caractéristique de la matrice est discutée; elle permet de retrouver, sous forme mathématique, ce qui est connu depuis fort longtemps par les techniciens de l'Elevage, à savoir les actions à mener par ordre de priorité pour accroître la productivité du cheptel.

L'étude de la démographie du cheptel bovin des zones sahéliennes d'Afrique est actuellement conduite manuellement et pourrait-on dire de façon artisanale. Or, dès le début du siècle, Lokta imaginait en démographie humaine la notion de population stable qui reçoit de nos jours de plus en plus d'applications pratiques. Les modèles mathématiques se perfectionnèrent ensuite pour permettre maintenant de calculer sur ordinateur l'évolution d'une population soumise à la variation de plusieurs de ses paramètres.

Ce modèle doit permettre de faciliter les projections du troupeau et d'en déduire sa productivité.

Nous envisagerons, ultérieurement, d'étudier l'effet d'une catastrophe par des méthodes analogues, puis d'introduire des contraintes dans le modèle, contraintes qui devraient permettre de définir les prix de référence des principaux facteurs et produits de l'Elevage sahélien.

1. LE MODELE MATHEMATIQUE

Le modèle mathématique n'est qu'un instrument de calcul et ne peut qu'exploiter les hypothèses et leurs traductions quantitatives. Les résultats qu'il donnera ne seront valables que pour autant qu'hypothèses et données seront le reflet de la réalité. Cependant le modèle mathématique a le mérite de rassembler

(*) I.E.M.V.T. Laboratoire de Recherches Vétérinaires et Zootechniques de Farcha, B.P. 433, N'Djaména, République du Tchad.

Adresse actuelle: Centre International pour l'Elevage en Afrique. B.P. 5689. Addis Abeba, Ethiopie.

les données en un tout cohérent et de mettre en relief l'influence des divers paramètres.

1.1. Représentation du troupeau femelle

Dans un premier temps nous décrivons le troupeau femelle car c'est de lui que dépend l'évolution future du troupeau. L'introduction d'autres catégories d'animaux (mâles et castrés) ne modifiera en rien les résultats obtenus, tout au moins dans ce premier travail où aucune contrainte relative aux potentialités fourragères des pâturages ne sera introduite.

Nous supposons que les animaux ont, par classe d'âge, une fécondité, une mortalité et un taux de réforme pour la boucherie qui restent constants dans le temps. Le modèle est donc entièrement déterministe. Un modèle aléatoire, tout en compliquant les choses, n'amènerait pas de précision supplémentaire dans l'état actuel de nos connaissances sur les probabilités d'apparition de graves épizooties ou de catastrophe climatique (un travail est toutefois consacré à l'effet d'une catastrophe sur l'évolution du troupeau).

Dans le modèle mathématique adopté, la composition du troupeau est représentée par un vecteur colonne N_t dont les composantes seront $n_{x,t}$. L'indice x représentant le nombre de femelles vivantes dans la classe d'âge x à $x + 1$ et l'indice t l'année, qui sera prise comme unité de temps, l'instant 0 étant l'origine.

Ainsi N_2 sera la composition du troupeau l'année 2; $n_{0,1}$ le nombre d'animaux de 0 à 1 an l'année 1; $n_{3,2}$ le nombre d'animaux de 3 à 4 ans l'année 2, etc.

Nous appellerons F_x le nombre de génisses nées dans l'intervalle de temps t à $t + 1$ par femelle de la classe d'âge x à $x + 1$ vivante à l'instant t et qui seront retrouvées vivantes dans la classe d'âge 0 à 1 an à l'instant $t + 1$. Ainsi F_7 représentera le nombre de génisses nées dans l'intervalle de temps t à $t + 1$ des femelles $n_{5,t}$ qui se retrouveront en $n_{0,t+1}$.

Nous appellerons P_x la probabilité qu'une femelle de la classe d'âge x à $x + 1$ à l'instant t se retrouve vivante à l'instant $t + 1$ dans la classe d'âge $x + 1$ à $x + 2$. Ainsi P_3 représentera la probabilité que les animaux $n_{3,t}$ soient retrouvés vivants en $n_{4,t+1}$.

Nous reviendrons ultérieurement sur une définition plus précise de F_x et P_x .

Si nous partons l'année 0 d'une composition de troupeau représentée par le vecteur colonne $N_0 = \{ n_{0,0}; n_{1,0}; n_{2,0}; n_{3,0}; \dots; n_{k,0} \}^t$, nous aurons l'année 1 une composition de troupeau qui répondra à la série d'équations :

$$\begin{aligned} \sum_{x=0}^k F_x \cdot n_{x,0} &= n_{0,1} \\ P_0 \cdot n_{0,0} &= n_{1,1} \\ P_1 \cdot n_{1,0} &= n_{2,1} \\ &\vdots \\ &\vdots \\ P_{k-1} \cdot n_{k-1,0} &= n_{k,1} \end{aligned}$$

(nous supposons donc qu'il n'existe pas d'animaux d'âge supérieur à k).

Ces équations en notation matricielle peuvent s'exprimer par :

$$\begin{bmatrix} F_0 & F_1 & F_2 & \dots & F_{k-2} & F_{k-1} & F_k \\ P_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_2 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & P_{k-2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & P_{k-1} & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} n_{0,0} \\ n_{1,0} \\ n_{2,0} \\ n_{3,0} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ n_{k-1,0} \\ n_{k,0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_{0,1} \\ n_{1,1} \\ n_{2,1} \\ n_{3,1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ n_{k-1,1} \\ n_{k,1} \end{bmatrix}$$

ou $[M] \times [N_0] = [N_1]$

Avec évidemment des contraintes sur les coefficients de la matrice qui sont :

$$\begin{aligned}
 F_x &\geq 0 \\
 0 &\leq P_x \leq 1 \\
 n_{k+1,t} &= 0
 \end{aligned}$$

Puisque l'on a supposé F_x et P_x constants dans le temps, on aura de la même façon :

$$\begin{aligned}
 [M] \cdot [N_t] &= [M] \cdot [M] \cdot [N_0] = [M^2] \cdot [N_0] = [N_2] \\
 \text{et} \quad [M^t] \cdot [N_0] &= [N_t]
 \end{aligned}$$

la composition du troupeau à l'instant t sera égale à la matrice M élevée à la puissance t multipliée par le vecteur colonne N_0 représentant la composition initiale du troupeau.

De la même manière, puisque l'on a :

$$[M] \cdot [N_0] = [N_1]$$

ou aura :

$$[N_0] = [M^{-1}] \cdot [N_1]$$

et à partir de l'instant origine, il est possible de remonter le temps par les formules :

$$\begin{aligned}
 [N_{-1}] &= [M^{-1}] \cdot [N_0] \\
 [N_{-t}] &= [M^{-1}]^t \cdot [N_0]
 \end{aligned}$$

avec évidemment une contrainte :

$$n_{x,t} \geq 0 \quad \forall x, t$$

exprimant qu'à aucun moment une classe d'âge ne peut être représentée par un nombre d'animaux négatif.

A partir de l'instant initial, il est donc possible de connaître la composition du troupeau à un instant t quelconque (que l'on se réfère au passé ou à l'avenir).

La matrice M est une matrice carrée composée de $k + 1$ lignes et de $k + 1$ colonnes. Cette matrice est semi-positive (tous ses coefficients sont positifs ou nuls) et possède donc d'après le théorème de Frobenius [on trouvera sa démonstration dans l'ouvrage de Karlin, pp. 519-530, cité en bibliographie (2)] une valeur propre λ , qui est dominante et qui a un ordre de multiplicité égale à 1, à laquelle est associé un vecteur propre \hat{V} qui est strictement positif, les k autres valeurs propres ont toutes un module inférieur en valeur absolue à λ .

On a donc la relation :

$$M \cdot \hat{V} = \lambda \cdot \hat{V}$$

et $M^r \cdot \hat{V} = \lambda^r \cdot \hat{V}$

D'après cette dernière relation, on peut voir que lorsque t deviendra suffisamment grand, la valeur propre λ qui a le plus grand module l'emportera sur les k autres valeurs propres de module inférieur en valeur absolue. Le vecteur propre \hat{V} (ou son multiple) représentera alors la composition du troupeau qui a atteint un état stable et qui ne dépend nullement de la composition initiale.

Il est à noter que la rapidité de convergence du troupeau vers cet état stable dépendra des valeurs des λ_k . Si un λ_k a un module plus grand que 1, on tendra vers un état stable sans jamais l'atteindre, mais ce cas théoriquement possible ne peut que se produire très rarement dans la réalité; par contre l'existence de λ_k à valeurs réelles ou complexes mais dont le module est compris entre 0 et 1 entraîne des fluctuations lors de la convergence de l'état initial vers l'état stable, oscillations qui auront une plus grande amplitude et qui seront d'autant plus longues à s'amortir que les modules seront plus proches de 1. Ces cas seront étudiés dans un prochain travail. Nous nous en tiendrons donc au cas théorique où les λ_k ont un module suffisamment petit ou en considérant t comme suffisamment grand.

Nous aurons alors d'après la relation :

$$N_t = M^t \cdot \hat{V} = \lambda^t \cdot \hat{V} = e^{t \cdot \log_e \lambda} \cdot \hat{V}$$

$$N_t = M^t \cdot \hat{V} = \lambda^t \cdot \hat{V} = e^{t \cdot \log_e \lambda} \cdot \hat{V}$$

une composition du troupeau représentée par le vecteur \hat{V} qui une fois atteinte restera inchangée, le taux de croissance annuel r sera donné par la relation :

$$e^{rt} = \lambda^t$$

ou $r = \log_e \lambda$

Le troupeau croît exponentiellement si $\lambda > 1$ et disparaît avec un taux exponentiel si $\lambda < 1$. Il reste égal à lui-même dans le temps si $\lambda = 1$.

Pour calculer λ , donc r , il nous suffit de résoudre l'équation caractéristique de la matrice M telle que :

$$M \cdot V = \lambda \cdot V$$

ou $\{M - \lambda I\} V = 0$

(I étant la matrice unité d'ordre $k + 1$), c'est-à-dire qu'il faut que le déterminant de la matrice $\{M - \lambda \cdot I\}$ soit nul, ou $|M - \lambda \cdot I| = 0$.

Tous calculs faits, on trouve alors que l'équation caractéristique de M est de la forme :

$$\lambda^{k+1} - F_0 \lambda^k - P_0 F_1 \lambda^{k-1} - P_0 P_1 F_2 \lambda^{k-2} - \dots - P_0 P_1 P_2 \dots P_{k-2} F_{k-1} \lambda - P_0 P_1 P_2 \dots P_{k-1} F_k = 0.$$

La racine λ se calcule aisément à la main par itération, le calcul des k autres λ se fait facilement avec un petit calculateur électronique et a fortiori avec un ordinateur.

1.2. Représentation du troupeau complet

Nous adopterons les notations suivantes :

— N_t^s (*) est un vecteur colonne représentant l'état du troupeau décomposé par sexes à l'instant t . Les composantes seront $n_{x,t}^s$, l'exposant s se rapporte au sexe, il pourra être f (femelle), m (mâle), c (castré); le premier indice x représente le

(*) Note de l'éditeur : Pour des raisons de composition, nous n'avons pu reproduire exactement le symbolisme employé par l'auteur qui met à l'aplomb l'un de l'autre le premier exposant et le premier indice utilisés dans ses notations.

nombre d'animaux du sexe considéré vivant dans la classe d'âge x à $x + 1$, le deuxième indice t représente l'année. Ainsi N_2^s sera la composition du troupeau par sexe l'année 2; $n_{0,1}^f$ le nombre d'animaux femelles dans la classe d'âge 0-1 l'année 1; $n_{3,2}^m$ le nombre d'animaux mâles de 3-4 ans l'année 2, etc.

— F_t^s représente le nombre d'animaux de sexe s ($s = m$ ou f) nés dans l'intervalle de temps t à $t + 1$ par femelle de la classe d'âge x à $x + 1$ vivante à l'instant t qui se retrouveront vivants en $n_{0,t+1}^s$ à l'instant $t + 1$. Ainsi F_5^m représentera le nombre de mâles nés des femelles $n_{5,t}^f$ dans l'intervalle de temps t à $t + 1$ vivants en $n_{0,t+1}^m$.

— $P_x^{s,s'}$ représente la probabilité qu'un animal de la classe d'âge x à $x + 1$ et de sexe s à l'instant t se retrouve vivant à l'instant $t + 1$ dans la classe d'âge $x + 1$ à $x + 2$ avec le sexe s' . Les seules probabilités sont P_x^{ff} , P_x^{mm} , P_x^{mc} , P_x^{cc} . Ainsi P_3^{ff} représentera la probabilité que les femelles vivantes à l'instant t dans la classe $n_{3,t}^f$ soient retrouvées vivantes dans la classe d'âge $n_{4,t+1}^f$; P_4^{mc} représentera la probabilité que des mâles vivants à l'instant t dans la classe d'âge $n_{4,t}^m$ se retrouvent à l'instant $t + 1$ dans la classe $n_{5,t+1}^c$.

La représentation matricielle de ce modèle sera la suivante :

Avec les contraintes :

$$\begin{aligned} F_x^s &\geq 0 \\ 0 &\leq P_x^{ss'} \leq 1 \\ n_{k+1,t}^s &= 0 \end{aligned}$$

Cette matrice M possède les mêmes particularités que la matrice M décrite dans le paragraphe précédent, en particulier son équation caractéristique sera de la forme :

$$\begin{aligned} \lambda^{k+1} - F_0^f \lambda^k - P_0^{ff} F_1^f \lambda^{k-1} - P_0^{ff} P_1^{ff} F_2^f \lambda^{k-2} - \dots - P_0^{ff} P_1^{ff} P_2^{ff} \dots \\ \dots P_{k-2}^{ff} F_{k-1}^f \lambda - P_0^{ff} P_1^{ff} P_2^{ff} \dots P_{k-1}^{ff} F_k^f = 0 \end{aligned}$$

Avec les mêmes hypothèses de base sur la stabilité dans le temps des coefficients de la matrice, on atteint au bout d'un temps t , dont la durée dépend des valeurs des modules propres autres que la valeur propre dominante λ , une composition stable du troupeau déduite du vecteur propre \hat{V} associé à la valeur propre λ dont le taux de croissance annuel r sera égal à $\log_e \lambda$.

2. MODES DE CALCUL DES COEFFICIENTS DE LA MATRICE

Les coefficients de la matrice M , F_x et P_x , qui représentent respectivement les taux de fécondité et la probabilité de survie par classes d'âge sont mathématiquement sans ambiguïté. Ils demandent cependant à être définis avec la plus grande rigueur car c'est de la cohérence de ces coefficients que dépendront les résultats trouvés ultérieurement.

2.1. Définition de P_x

Nous avons défini P_x comme étant la probabilité qu'un animal d'âge x à $x + 1$ se retrouve vivant dans la classe d'âge $x + 1$ à $x + 2$ après l'écoulement d'une unité de temps, c'est-à-dire une année, l'équation :

$$P_x \cdot n_{x,t} = n_{x+1,t+1}$$

étant vérifiée.

Pour fixer les idées, traçons une courbe théorique de survie $l(x)$ en fonction de l'âge x .

Nous aurons :

$$P_x = \frac{L_{x+1}}{L_x}$$

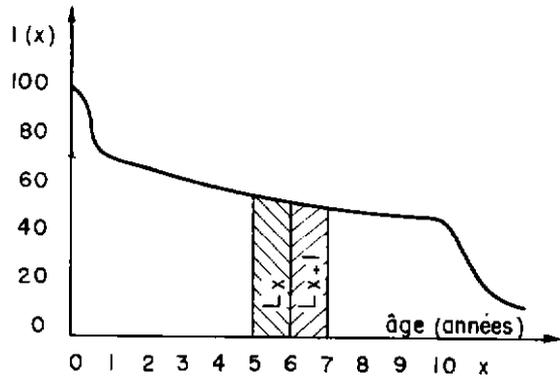
avec :

$$L_x = \int_x^{x+1} l(x) \cdot dx$$

$$L_{x+1} = \int_{x+1}^{x+2} l(x) \cdot dx$$

Dans la pratique, P_x est tout simplement le rapport :

$$\frac{n_{x+1,t}}{n_{x,t}}$$



alors que nous voyons que P_x devrait être, d'après son équation de définition, le rapport :

$$\frac{n_{x+1,t+1}}{n_{x,t}}$$

ou écrit en temps continu :

$$P_x = \frac{\int_{x+1}^{x+2} l(x) \cdot dx}{\int_x^{x+1} l(x) \cdot dx}$$

Les enquêtes étant faites à un instant déterminé, on doit donc étudier la répartition de la mortalité dans le temps.

Si, pour simplifier le problème, on suppose une mortalité répartie uniformément tout le long de l'année (ce qui est une simplification abusive au sahel car c'est en fin de saison sèche que la mortalité est la plus importante), lors de son passage l'enquêteur, dans la classe d'âge x à $x + 1$, relève des animaux qui ont tous leurs âges variant de x à $x + 1$. L'animal qui a exactement l'âge $x + 1$ subit durant l'année précédent le comptage la mortalité de la classe d'âge x à $x + 1$, tandis que l'animal d'âge $x + \varepsilon$ subit durant la même période la mortalité de la classe d'âge $x - 1$ à x .

Prenons l'exemple des animaux de 0 à 1 an et supposons que 100 animaux soient nés durant l'année précédent le comptage (les naissances étant réparties uniformément tout le long de l'année) sur le graphique de la page suivante ces 100 naissances sont représentées par l'aire du rectangle ABCD, le taux de mortalité étant de 40 p. 100 dans cette classe d'âge. L'animal de 1 an lors du comptage est retrouvé avec une probabilité de 0,6, l'animal venant de naître est retrouvé avec une probabilité égale à 1. Les animaux morts dans l'année seront représentés par l'aire du triangle ABE

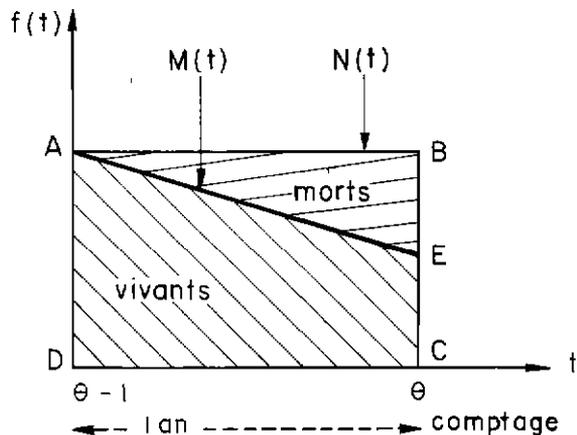
$$\left(100 \times \frac{1 \times (1 - 0,6)}{2} \right),$$

les animaux vivants lors du comptage seront représentés par l'aire du trapèze AECD

$$\left(\frac{(1 + 0,6) \times 100}{2} = 80 \right).$$

Si mortalités et naissances ne sont pas réparties uniformément dans l'année, le segment de droite AB représentant les naissances sera remplacé par une courbe $N(t)$ et pour 100 naissances, on aura

$$\int_{\theta-1}^{\theta} N(t) \cdot dt = 100,$$



et le segment de droite AE par une courbe de mortalité $M(t)$. Le nombre d'animaux vivants sera défini par l'aire

$$\int_{\theta-1}^{\theta} M(t) \cdot dt,$$

celui des animaux morts par l'aire

$$\left[\int_{\theta-1}^{\theta} N(t) \cdot dt - \int_{\theta-1}^{\theta} M(t) \cdot dt \right].$$

En première approche, si l'on peut se contenter de considérer natalité et mortalité comme uniformément réparties dans le temps, et en appelant m_0 le taux de mortalité dans la classe d'âge 0 à 1 an, m_1 le taux de mortalité dans la classe d'âge 1 à 2 ans, etc., on aura à la date θ comptage :

$$n_{1,\theta} = n_{0,\theta-1} \left[\left(\frac{1 - m_0}{2} \right) + \left(\frac{1 - m_1}{2} \right) \right]$$

$$n_{2,\theta} = n_{1,\theta-1} \left[\left(\frac{1 - m_1}{2} \right) + \left(\frac{1 - m_2}{2} \right) \right], \text{ etc.}$$

d'où l'équivalence approximative :

$$P_0 = 1 - \left(\frac{m_0 + m_1}{2} \right)$$

$$P_1 = 1 - \left(\frac{m_1 + m_2}{2} \right), \text{ etc.}$$

Si cette équivalence ne pouvait être acceptée, il suffirait de remplacer les segments de droite du graphique précédent par des courbes qui seraient plus ou moins translattées suivant les dates de comptage et de calculer les P_x correspondants.

Dans la réalité, la probabilité de survie P_x n'est pas simplement le complément à 1 de la probabilité de mortalité. En appelant :

— m_x la probabilité qu'un animal de la classe d'âge x à $x + 1$ à l'instant t soit mort dans l'intervalle de temps t à $t + 1$,

— v_x la probabilité qu'un animal de la classe d'âge x à $x + 1$ à l'instant t soit vendu pour la boucherie, autoconsommé ou vendu pour l'élevage dans une zone que le modèle n'embrasse pas, dans l'intervalle de temps t à $t + 1$,

nous aurons :

$$P_x = 1 - m_x - v_x$$

m_x est un paramètre que l'on peut considérer comme imposé à l'éleveur et sur lequel il ne peut agir; par contre on peut dire que v_x est un paramètre de décision de l'éleveur (réforme plus ou moins rapide des animaux, pression de sélection...).

Si nous appelons a_x la probabilité qu'un animal de la classe d'âge x à $x + 1$ à l'instant t soit acheté en dehors de la zone embrassée par le modèle dans l'intervalle de temps t à $t + 1$ (ce paramètre est négligeable en zone sahélienne mais peut prendre de l'importance en cas d'achat à une autre zone après une catastrophe par exemple), nous aurons alors :

$$P_x = 1 - m_x - v_x + a_x$$

P_x n'est plus alors une probabilité de survie, mais le taux avec lequel on retrouve à l'instant $t + 1$ dans la classe d'âge $x + 1$ à $x + 2$ des animaux de la classe d'âge x à $x + 1$ à l'instant t .

Nous avons cité ce paramètre a_x pour être complet, mais nous le négligerons par la suite car il a peu de chance de rester constant dans le temps ce qui est notre hypothèse de base.

On peut alors considérer :

— une matrice diagonale mortalité $\{m\}$

$$\left[\frac{m_0 + m_1}{2}, \frac{m_1 + m_2}{2}, \dots, \frac{m_{k-1} + m_k}{2}, \frac{m_k}{2} \right]$$

— une matrice diagonale ventes $\{v\}$

$$\{v_0; v_1; \dots; v_{k-1}; v_k\}$$

Le produit vectoriel :

$$\{m\} \cdot \{N_0\} = \{m_{0,1}\}$$

représentera les mortalités par classe d'âge entre le temps 0 et le temps 1.

$$\{m\} \cdot \{N_1\} = \{m\} \cdot \{M\} \cdot \{N_0\} = \{m_{1,2}\} \text{ entre 1 et 2}$$

$$\{m\} \cdot \{N_2\} = \{m\} \cdot \{M\} \cdot \{N_1\} = \{m\} \cdot \{M^2\} \cdot \{N_0\} = \{m_{2,3}\} \text{ entre 2 et 3}$$

$$\text{et } \{m\} \cdot \{M^t\} \cdot \{N_0\} = \{m_{t,t+1}\} \text{ entre } t \text{ et } t + 1.$$

Lorsque le système aura atteint sa stabilité après un temps plus ou moins grand, la mortalité par classes d'âge entre t et $t + 1$ sera donnée par la relation :

$$\{m\} \cdot \lambda^t \cdot \{\hat{V}\}$$

Le même raisonnement permet de déduire lorsque le système a atteint sa stabilité un vecteur vente par classes d'âge entre t et $t + 1$ donné par la relation :

$$\{v\} \cdot \lambda^t \cdot \{\hat{V}\}$$

Ces deux relations sont évidemment valables pour un modèle représentant uniquement le troupeau femelle et pour un modèle représentant un troupeau complet.

2.2. Définition de F_x

Nous avons défini F_x comme étant le nombre d'animaux nés dans l'intervalle de temps t à $t + 1$ par femelle de la classe d'âge x à $x + 1$ vivante à l'instant t et qui se retrouveront vivants dans la classe d'âge 0 à 1 an à l'instant $t + 1$.

F_x n'est donc pas ce que l'on a coutume d'appeler le taux de fécondité réel, mais plutôt un taux de fécondité constaté.

En effet, durant l'intervalle de temps t à $t + 1$ d'une part des mères et d'autre part des produits vont mourir. En utilisant l'argumentation de Leslie (3), nous pouvons considérer que les femelles $n_{x,t}$ vivantes au temps t dans la classe d'âge x à $x + 1$ sont concentrées au point d'âge $x + 1/2$. Entre les temps t et $t + 1$ des femelles vont mourir et au temps $t + 1$, les survivantes seront concentrées au point d'âge $x + 1 \frac{1}{2}$. Bien que les morts aient lieu d'une manière continue, on peut

les supposer comme survenant au temps $t + 1/2$ de telle sorte qu'à ce moment précis les femelles $n_{x,t}$ donnent les femelles $n_{x-1,t+1} = P_x \cdot n_{x,t}$. Pendant l'intervalle de temps t à $t + 1/2$ les femelles $n_{x,t}$ auront des produits comme les femelles d'âge $x + 1/2$ à $x + 1$ (en approximant, la moitié des produits des femelles d'âge x à $x + 1$). Les produits nés dans l'intervalle de temps t à $t + 1/2$ seront âgés de $1/2$ à 1 an au temps $t + 1$ et le nombre de survivants sera le nombre de produits nés multiplié par la probabilité de survie entre la naissance et l'âge de 1 an que l'on appellera P_{00} et égal en première approximation à

$$1 - \frac{m_0}{2} \left(\text{ou plus exactement par } 2 \int_{1/2}^1 l(x) \cdot dx \right).$$

De la même façon, les femelles $n_{x+1,t+1} = P_x \cdot n_{x,t}$ dans l'intervalle de temps $t + 1/2$ à $t + 1$ donneront les produits de la classe d'âge $x + 1$ à $x + 1 + 1/2$ (en approximant, la moitié des produits des femelles d'âge $x + 1$ à $x + 2$). Les produits nés dans l'intervalle de temps $t + 1/2$ à $t + 1$ seront âgés de 0 à $0,5$ an au temps $t + 1$ et le nombre de survivants sera le nombre de produits nés multiplié par la probabilité de survie P_{00}

$$\left(\text{ou plus exactement par } 2 \int_0^{1/2} l(x) \cdot dx \right).$$

En appelant μ_x et μ_{x+1} le nombre de produits donnés par les femelles d'âge x à $x + 1$ et $x + 1$ à $x + 2$, on aura approximativement :

$$F_x = P_{00} \cdot \frac{\mu_x}{2} + P_{00} \cdot P_x \cdot \frac{\mu_{x+1}}{2}$$

et :

$$\sum_{x=0}^k F_x \cdot n_{x,t} = P_{00} \cdot \sum_{x=0}^k \frac{\mu_x}{2} + \frac{P_x \cdot \mu_{x+1}}{2} = n_{0,t+1}$$

Leslie donne un exemple simple que nous reproduisons ici. Il suppose une population de scarabées vivant 3 ans et dont les femelles se reproduisant la 3^e année donnent naissance à 6 femelles. Il prend $P_0 = 1/2$, $P_1 = 1/3$. Dans une définition non conforme de F_x on obtient la matrice :

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 6 \\ 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 1/3 & 0 \end{bmatrix}$$

alors qu'avec la définition ci-dessus, on aura :

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 3 \\ 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 1/3 & 0 \end{bmatrix}$$

ce qui évidemment donne des résultats complètement différents sur l'évolution future de la population.

La formule de F_x précise donc que ne doivent pas être confondues fécondité par classe d'âge et F_x qui est une fécondité constatée. De même P_x , probabilité de survie, ne doit pas être confondue avec le complément à 1 des taux de mortalité par classe d'âge. La difficulté est de faire la part de ce qui revient à la fécondité et la part de ce qui revient à la mortalité lors de la première année de vie. Les résultats donnant la fécondité réelle μ_x , qui peut être déduite des interrogatoires d'éleveurs, et la fécondité F_x constatée par enquête, doivent pour assurer une bonne cohérence, être recoupés par le biais de cette formule.

3. DISCUSSION DE L'EQUATION CARACTERISTIQUE - APPLICATIONS

Rappelons l'équation caractéristique qui résume sous forme condensée une partie des problèmes qui se posent à l'élevage bovin des régions du Sahel :

$$\lambda^{k+1} - F_0 \lambda^k - P_0 F_1 \lambda^{k-1} - P_0 P_1 F_2 \lambda^{k-2} - \dots - P_0 P_1 P_2 \dots P_{k-2} F_{k-1} \lambda - P_0 P_1 P_2 \dots P_{k-1} F_k = 0$$

Nous emprunterons à Coulomb (1) les applications théoriques qui suivront. Cet auteur donne comme caractéristiques du troupeau Peuhl du Niger un taux de fécondité de 0,60 uniforme par classes d'âge, les femelles mettant bas dans la classe d'âge 4 à 5 ans; le taux de féminité est de 0,5. Les mortalités par classe d'âge sont de 30 p. 100 dans la classe d'âge 0 à 1 an, 10 p. 100 dans la classe d'âge 1 à 2 ans, 5 p. 100 dans la classe d'âge 2 à 3 ans et 2 p. 100 dans la classe d'âge 3 à 4 ans et dans les classes d'âge suivantes. Pour simplifier, aucune femelle n'est réformée avant l'âge de 11 ans, âge auquel toutes les femelles sont réformées.

3.1. Importance de la définition des coefficients

— P_x . Selon que l'on admettra que la probabilité qu'une femelle de la classe d'âge x à $x + 1$ à l'instant t se retrouve vivante à l'instant $t + 1$ dans la classe d'âge $x + 1$ à $x + 2$ est donnée par le taux de mortalité de la classe d'âge par exemple $P_0 = 1 - 0,30 = 0,70$ ou est donnée par le relevé fait lors du passage des enquêteurs qui compteront

$$\left(1 - \frac{m_0 + m_1}{2}\right) \text{ animaux soit } P_0 = \left(1 - \frac{0,30 + 0,10}{2}\right) = 0,80,$$

on obtiendra évidemment des résultats différents.

— F_x . Selon que l'on admettra que la probabilité que les femelles nées dans l'intervalle de temps t à $t + 1$ par femelle de la classe d'âge x à $x + 1$ qui seront retrouvées vivantes dans la classe d'âge 0 à 1 an à l'instant $t + 1$ est donnée par le taux de fécondité féminine de la classe d'âge x à $x + 1$ ($F_3 = 0$ et $F_4 =$ taux de fécondité de la classe d'âge 3-4 ans \times taux de féminité $= 0,6 \times 0,5 = 0,3$) ou bien par la formule déjà vue :

$$F_x = P_{00} \cdot \frac{\mu_x}{2} + P_{00} \cdot P_x \cdot \frac{\mu_x + 1}{2} \left(\text{avec } P_{00} = 1 - \frac{m_0}{2}\right)$$

$$F_3 = \left(1 - \frac{0,30}{2}\right) \cdot \frac{0}{2} + \left(1 - \frac{0,30}{2}\right) \cdot 0,98 \cdot \frac{0,6 \times 0,5}{2} = 0,125$$

$$\text{et } F_4 = \left(1 - \frac{0,30}{2}\right) \cdot \frac{0,6 \times 0,5}{2} + \left(1 - \frac{0,30}{2}\right) \cdot 0,98 \cdot \frac{0,6 \times 0,5}{2} = 0,252;$$

on obtiendra évidemment des résultats différents.

Applications

- Premier cas : $m_0 = 0,30$
 $m_1 = 0,10$
 $m_2 = 0,05$
 $m_3 \text{ à } m_{10} = 0,02.$

Taux de fécondité féminine : 0,6 \times 0,5 uniforme par classe d'âge à partir de la classe d'âge 4-5 ans.

On a alors :

$$P_0 = 1 - m_0 = 1 - 0,30 = 0,70$$

$$P_1 = 1 - m_1 = 1 - 0,10 = 0,90$$

$$P_2 = 1 - m_2 = 1 - 0,05 = 0,95$$

$$P_3 \text{ à } P_9 = (1 - m_3) \text{ à } (1 - m_9) = 1 - 0,02 = 0,98$$

$$F_0 \text{ à } F_3 = 0$$

$$F_4 \text{ à } F_{10} = 0,6 \times 0,5 = 0,30.$$

L'équation caractéristique de la matrice M s'écrit en remarquant que la dernière classe d'âge du troupeau est la classe d'âge n_{10} (10 à 11 ans) donc que l'on a $k = 10$ et $k + 1 = 11$.

$$\begin{aligned} & \lambda^{11} - F_0 \lambda^{10} - P_0 F_1 \lambda^9 - P_0 P_1 F_2 \lambda^8 - P_0 P_1 P_2 F_3 \lambda^7 - \\ & P_0 P_1 P_2 P_3 F_4 \lambda^6 - P_0 P_1 P_2 P_3 P_4 F_5 \lambda^5 - P_0 P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 F_6 \lambda^4 - \\ & P_0 P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 P_6 F_7 \lambda^3 - P_0 P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 P_6 P_7 F_8 \lambda^2 - \\ & P_0 P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 P_6 P_7 P_8 F_9 \lambda - P_0 P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 P_6 P_7 P_8 P_9 F_{10} = 0 \end{aligned}$$

soit en remplaçant les coefficients par leurs valeurs ci-dessus indiquées :

$$\begin{aligned} & \lambda^{11} - 0,175959 \lambda^{10} - 0,172439 \lambda^9 - 0,168990 \lambda^8 - \\ & 0,165610 \lambda^7 - 0,162297 \lambda^6 - 0,159051 \lambda^5 - \\ & \quad - 0,155869 \lambda^4 = 0. \end{aligned}$$

Pour trouver la valeur propre de module maximal λ , il nous faut trouver la racine positive. Pour ce faire, on s'aidera de la table donnée en annexe classant pour différentes valeurs de λ leurs puissances de 0 à 15.

On vérifiera d'abord la somme algébrique des coefficients de l'équation. Si la somme est positive, le troupeau sera en décroissance, si la somme est nulle le troupeau a un taux de croissance nul, si la somme est négative le troupeau aura un taux de croissance positif.

Ici la somme est égale à $-0,160215$ et la valeur λ est supérieure à 1.

Essayons arbitrairement $\lambda = 1,030$ en remplaçant λ par cette valeur dans l'équation.

$$1,38423 - (0,175959 \times 1,19405) - \dots = 0,287146.$$

L'équation étant positive implique que le terme en λ^{11} (qui est dominant) est trop fort, on choisit donc une valeur moins forte soit $\lambda = 1,020$, on obtient :

$$1,24337 - (0,175959 \times 1,12616) - \dots = 0,009208.$$

La somme est encore positive, la valeur de λ est trop forte mais de très peu.

On choisit une valeur de λ un peu plus faible soit 1,019, on obtient :

$$1,23003 - (0,175959 \times 1,11955) - \dots = -0,003395.$$

La valeur propre λ de module maximum a donc pour valeur 1,019 et le taux de croissance $r = \log_e 1,019 = 1,9$ p. 100.

Le vecteur propre \hat{V} associé à la valeur propre λ représente la composition de troupeau femelle par classes d'âge lorsque le troupeau a atteint l'équilibre; on aura :

$$\begin{aligned} & n_{0,t} = 1\ 000; \quad n_{0,t} = 1\ 000 \\ & P_0 \cdot n_{0,t} = \lambda \cdot n_{1,t}; \quad n_{1,t} = \frac{0,70 \times 1\ 000}{1,019} = 686,9 \\ & P_1 \cdot n_{1,t} = \lambda \cdot n_{2,t}; \quad n_{2,t} = \frac{0,90 \times 686,9}{1,019} = 606,7 \\ & P_2 \cdot n_{2,t} = \lambda \cdot n_{3,t}; \quad n_{3,t} = \frac{0,95 \times 606,7}{1,019} = 565,6 \\ & P_3 \cdot n_{3,t} = \lambda \cdot n_{4,t}; \quad n_{4,t} = \frac{0,98 \times 565,6}{1,019} = 544,0 \\ & P_4 \cdot n_{4,t} = \lambda \cdot n_{5,t}; \quad n_{5,t} = \frac{0,98 \times 544,0}{1,019} = 523,2 \\ & P_5 \cdot n_{5,t} = \lambda \cdot n_{6,t}; \quad n_{6,t} = \frac{0,98 \times 523,2}{1,019} = 503,1 \\ & P_6 \cdot n_{6,t} = \lambda \cdot n_{7,t}; \quad n_{7,t} = \frac{0,98 \times 503,1}{1,019} = 483,9 \\ & P_7 \cdot n_{7,t} = \lambda \cdot n_{8,t}; \quad n_{8,t} = \frac{0,98 \times 483,9}{1,019} = 465,4 \end{aligned}$$

$$P_8 \cdot n_{8,t} = \lambda \cdot n_{9,t}; n_{9,t} = \frac{0,98 \times 465,4}{1,019} = 447,6$$

$$P_9 \cdot n_{9,t} = \lambda \cdot n_{10,t}; n_{10,t} = \frac{0,98 \times 447,6}{1,019} = 430,4$$

ou en ramenant l'effectif à 1 000 femelles :

$$n_{0,t} = 159,9$$

$$n_{1,t} = 109,8$$

$$n_{2,t} = 97,0$$

$$n_{3,t} = 90,4$$

$$n_{4,t} = 86,9$$

$$n_{5,t} = 83,6$$

$$n_{6,t} = 80,4$$

$$n_{7,t} = 77,3$$

$$n_{8,t} = 74,4$$

$$n_{9,t} = 71,5$$

$$n_{10,t} = 68,8$$

(On aurait pu également choisir arbitrairement $n_k = 1\ 000$, on aurait eu alors :

$$\begin{aligned} n_{k-1} &= \lambda \cdot n_k / P_{k-1} \\ n_{k-2} &= \lambda \cdot n_{k-1} / P_{k-2} \\ &\vdots \\ &\vdots \\ n_1 &= \lambda \cdot n_2 / P_1 \\ n_0 &= \lambda \cdot n_1 / P_0. \end{aligned}$$

• Deuxième cas. C'est aux définitions des coefficients de ce deuxième cas que l'on s'en tiendra par la suite.

$$\begin{aligned} m_0 &= 0,30 \\ m_1 &= 0,10 \\ m_2 &= 0,05 \\ m_3 \text{ à } m_{10} &= 0,02 \end{aligned}$$

Le taux de fécondité des femelles est de $0,6 \times 0,5$ uniforme par classe d'âge à partir de la classe d'âge 4-5 ans. On a alors :

$$P_0 = 1 - \frac{m_0 + m_1}{2} = 1 - \frac{0,30 + 0,10}{2} = 0,80$$

$$P_1 = 1 - \frac{m_1 + m_2}{2} = 1 - \frac{0,10 + 0,05}{2} = 0,925$$

$$P_2 = 1 - \frac{m_2 + m_3}{2} = 1 - \frac{0,05 + 0,02}{2} = 0,965$$

$$P_3 \text{ à } P_9 = 1 - \frac{m_3 + m_4}{2} \text{ à } 1 - \frac{m_9 + m_{10}}{2} = 1 - \frac{0,02 + 0,02}{2} = 0,98.$$

Pour F_x on retiendra la formule :

$$F_x = P_{00} \cdot \frac{\mu_x}{2} + P_{00} \cdot P_x \cdot \frac{\mu_{x+1}}{2}$$

$$F_0 \text{ à } F_2 = 0.$$

$$F_3 = \left(1 - \frac{0,30}{2}\right) \cdot \frac{0 \times 0,5}{2} + \left(1 - \frac{0,30}{2}\right) \cdot 0,98 \cdot \frac{0,6 \times 0,5}{2} = 0,125$$

$$F_4 \text{ à } F_9 = \left(1 - \frac{0,30}{2}\right) \cdot \frac{0,6 \times 0,5}{2} + \left(1 - \frac{0,30}{2}\right) \cdot 0,98 \cdot \frac{0,6 \times 0,5}{2} = 0,252$$

$$F_{10} = \left(1 - \frac{0,30}{2}\right) \cdot \frac{0,6 \times 0,5}{2} + \left(1 - \frac{0,30}{2}\right) \cdot 0,98 \cdot \frac{0 \times 0,5}{2} = 0,127$$

L'équation caractéristique de la matrice M s'écrit en remarquant que la dernière classe d'âge du troupeau est la classe d'âge n_{10} (10 à 11 ans), donc que l'on a $k = 10$ et $k + 1 = 11$, de la même manière que dans le cas n° 1, mais les coefficients P_x et F_x étant différents, l'on a maintenant :

$$\lambda^{11} - 0,089226 \lambda^7 - 0,176669 \lambda^6 - 0,173135 \lambda^5 - 0,169672 \lambda^4 \\ - 0,166278 \lambda^3 - 0,162952 \lambda^2 - 0,159692 \lambda - 0,079040 = 0$$

La somme des coefficients de la matrice est égale à $-0,176664$ et la valeur de λ est supérieure à 1.

En se reportant à la table donnée en annexe, essayons arbitrairement $\lambda = 1,030$ en remplaçant λ par cette valeur dans l'équation, on obtient :

$$1,38423 - (0,089226 \times 1,22987) \dots = 0,172453$$

L'équation étant positive, le terme en λ^{11} (qui est dominant) est trop fort, on choisit une valeur de λ moins forte, soit $\lambda = 1,020$, on obtient :

$$1,24337 - (0,089226 \times 1,14868) \dots = -0,020806$$

L'équation étant négative, le terme en λ^{11} est trop faible, on choisit une valeur de λ plus forte, soit $\lambda = 1,023$, on obtient :

$$1,28419 - (0,089226 \times 1,17254) \dots = +0,006310$$

La valeur de λ est un peu trop forte, prenons $\lambda = 1,022$, on obtient :

$$1,27045 - (0,089226 \times 1,16454) \dots = -0,002845$$

qui est la valeur la plus proche de 0. La valeur propre λ de module maximum a donc pour valeur 1,022 et le taux de croissance $r = \log_e 1,022 = 2,2$ p. 100.

Le vecteur propre \hat{V} associé à la valeur propre λ représente la composition du troupeau femelle par classes d'âge lorsque le troupeau aura atteint l'équilibre, on aura :

$$n_{0,t} = 1\ 000; n_{0,t} = 1\ 000 \\ P_0 \cdot n_{0,t} = \lambda \cdot n_{1,t}; n_{1,t} = \frac{0,80 \times 1\ 000}{1,022} = 782,8 \\ P_1 \cdot n_{1,t} = \lambda \cdot n_{2,t}; n_{2,t} = \frac{0,925 \times 782,8}{1,022} = 708,5 \\ P_2 \cdot n_{2,t} = \lambda \cdot n_{3,t}; n_{3,t} = \frac{0,965 \times 708,5}{1,022} = 669,0 \\ P_3 \cdot n_{3,t} = \lambda \cdot n_{4,t}; n_{4,t} = \frac{0,98 \times 669,0}{1,022} = 641,5 \\ P_4 \cdot n_{4,t} = \lambda \cdot n_{5,t}; n_{5,t} = \frac{0,98 \times 641,5}{1,022} = 615,1 \\ P_5 \cdot n_{5,t} = \lambda \cdot n_{6,t}; n_{6,t} = \frac{0,98 \times 615,1}{1,022} = 589,8 \\ P_6 \cdot n_{6,t} = \lambda \cdot n_{7,t}; n_{7,t} = \frac{0,98 \times 589,8}{1,022} = 565,6 \\ P_7 \cdot n_{7,t} = \lambda \cdot n_{8,t}; n_{8,t} = \frac{0,98 \times 565,6}{1,022} = 542,4 \\ P_8 \cdot n_{8,t} = \lambda \cdot n_{9,t}; n_{9,t} = \frac{0,98 \times 542,4}{1,022} = 520,1 \\ P_9 \cdot n_{9,t} = \lambda \cdot n_{10,t}; n_{10,t} = \frac{0,98 \times 520,1}{1,022} = 498,7$$

ou en ramenant l'effectif à 1 000 femelles :

$$\begin{aligned}n_{0,t} &= 140,2 \\n_{1,t} &= 109,7 \\n_{2,t} &= 99,4 \\n_{3,t} &= 93,8 \\n_{4,t} &= 89,9 \\n_{5,t} &= 86,2 \\n_{6,t} &= 82,7 \\n_{7,t} &= 79,3 \\n_{8,t} &= 76,0 \\n_{9,t} &= 72,9 \\n_{10,t} &= 69,9\end{aligned}$$

Avec les mêmes chiffres, mais suivant les définitions données à P_x et à F_x on obtient donc sur cet exemple une différence de taux de croissance de 0,3 p. 100. D'où la nécessité absolue si l'on veut être cohérent, de parfaitement définir les termes employés, ou mieux d'établir une standardisation de ces termes.

Par la suite on s'en tiendra aux définitions données ci-dessus et appliquées dans le 2^e cas.

3.2. Importance du terme en λ^{k+1} : âge de réforme

• Premier cas : Réforme avancée de 1 an (les autres paramètres restant constants) :

$$\begin{aligned}P_0 &= 0,80; P_1 = 0,925; P_2 = 0,965; P_3 \text{ à } P_8 = 0,98; \\F_0 \text{ à } F_2 &= 0; F_3 = 0,125; F_4 \text{ à } F_8 = 0,252; F_9 = 0,127.\end{aligned}$$

L'équation caractéristique de la matrice M est :

$$\begin{aligned}\lambda^{11} - 0,089226 \lambda^6 - 0,176669 \lambda^5 - 0,173135 \lambda^4 - 0,169672 \lambda^3 - \\- 0,166278 \lambda^2 - 0,162952 \lambda - 0,080653 = 0\end{aligned}$$

dont la valeur propre λ de module maximum a pour valeur 1,003 et $r = \log_e 1,003 \simeq 0,3$ p. 100.

Le vecteur propre \hat{V} associé est, en ramenant l'effectif à 1 000 femelles :

$$\begin{aligned}n_{0,t} &= 139,7; n_{1,t} = 111,4; n_{2,t} = 102,7; n_{3,t} = 98,9; \\n_{4,t} &= 96,6; n_{5,t} = 94,4; n_{6,t} = 92,2; n_{7,t} = 90,1; \\n_{8,t} &= 88,0; n_{9,t} = 86,0.\end{aligned}$$

• Deuxième cas : Réforme retardée de 1 an (les autres paramètres restant constants).

$$\begin{aligned}P_0 &= 0,80; P_1 = 0,925; P_2 = 0,965; P_3 \text{ à } P_{10} = 0,98; \\F_0 \text{ à } F_2 &= 0; F_3 = 0,125; F_4 \text{ à } F_{10} = 0,252; F_{11} = 0,127.\end{aligned}$$

L'équation caractéristique de M est :

$$\begin{aligned}\lambda^{12} - 0,089226 \lambda^8 - 0,176669 \lambda^7 - 0,173135 \lambda^6 - 0,169672 \lambda^5 - \\- 0,166278 \lambda^4 - 0,162952 \lambda^3 - 0,159692 \lambda^2 - 0,156498 \lambda - \\- 0,077459 = 0\end{aligned}$$

dont la valeur propre λ de module maximum a pour valeur 1,037 et $r = \log_e 1,037 \simeq 3,7$ p. 100.

Le vecteur propre \hat{V} associé est, en ramenant l'effectif à 1 000 femelles :

$$\begin{aligned}n_{0,t} &= 140,7; n_{1,t} = 108,6; n_{2,t} = 96,8; n_{3,t} = 90,1; \\n_{4,t} &= 85,2; n_{5,t} = 80,5; n_{6,t} = 76,1; n_{7,t} = 71,9; \\n_{8,t} &= 67,9; n_{9,t} = 64,2; n_{10,t} = 60,7; n_{11,t} = 57,3.\end{aligned}$$

3.3. Importance du terme suivant immédiatement λ^{k+1} : âge de la première mise-bas

• Premier cas : Mise-bas avancée de 1 an (les autres paramètres restant constants).

$$P_0 = 0,80; P_1 = 0,925; P_2 = 0,965; P_3 \text{ à } P_9 = 0,98;$$

$$F_0 \text{ et } F_1 = 0; F_2 = 0,125; F_3 \text{ à } F_9 = 0,252; F_{10} = 0,127.$$

L'équation caractéristique de M est :

$$\begin{aligned} \lambda^{11} - 0,092463 \lambda^8 - 0,180274 \lambda^7 - 0,176669 \lambda^6 - 0,173135 \lambda^5 - \\ - 0,169672 \lambda^4 - 0,166278 \lambda^3 - 0,162952 \lambda^2 - 0,159692 \lambda - \\ - 0,079040 = 0 \end{aligned}$$

dont la valeur propre $\hat{\lambda}$ de module maximum a pour valeur 1,037 et $r = \log_e 1,046 \simeq 4,5$ p. 100.

Le vecteur propre \hat{V} associé est, en ramenant l'effectif à 1 000 femelles :

$$n_{0,t} = 155,1; n_{1,t} = 118,6; n_{2,t} = 104,8; n_{3,t} = 96,7;$$

$$n_{4,t} = 90,5; n_{5,t} = 84,8; n_{6,t} = 79,4; n_{7,t} = 74,3;$$

$$n_{8,t} = 69,6; n_{9,t} = 65,2; n_{10,t} = 61,0.$$

• Deuxième cas : Mise-bas retardée de 1 an (les autres paramètres restant constants).

$$P_0 = 0,80; P_1 = 0,925; P_2 = 0,965; P_3 \text{ à } P_9 = 0,98;$$

$$F_0 \text{ à } F_3 = 0; F_4 = 0,125; F_5 \text{ à } F_9 = 0,252; F_{10} = 0,127.$$

L'équation caractéristique de M est :

$$\begin{aligned} \lambda^{11} - 0,087442 \lambda^8 - 0,173135 \lambda^5 - 0,169672 \lambda^4 - 0,166278 \lambda^3 - \\ - 0,162952 \lambda^2 - 0,159692 \lambda - 0,079040 = 0 \end{aligned}$$

dont la valeur propre $\hat{\lambda}$ de module maximum a pour valeur 1 et $r = \log_e 1 = 0$ p. 100.

Le vecteur propre \hat{V} associé est, en ramenant l'effectif à 1 000 femelles :

$$n_{0,t} = 127,1; n_{1,t} = 101,7; n_{2,t} = 94,0; n_{3,t} = 90,8;$$

$$n_{4,t} = 88,9; n_{5,t} = 87,2; n_{6,t} = 85,4; n_{7,t} = 83,7;$$

$$n_{8,t} = 82,0; n_{9,t} = 80,4; n_{10,t} = 78,8.$$

3.4. Importance des coefficients : impact des mesures sanitaires

• Premier cas : Réduction de la mortalité de 30 à 20 p. 100 dans la classe d'âge 0 à 1 an (les autres paramètres restant constants).

$$P_0 = 0,85; P_1 = 0,925; P_2 = 0,965; P_3 \text{ à } P_9 = 0,98;$$

$$F_0 \text{ à } F_2 = 0; F_3 = 0,1323; F_4 \text{ à } F_9 = 0,2673; F_{10} = 0,135.$$

L'équation caractéristique de M est :

$$\begin{aligned} \lambda^{11} - 0,100380 \lambda^7 - 0,198751 \lambda^6 - 0,194775 \lambda^5 - 0,190879 \lambda^4 - \\ - 0,187061 \lambda^3 - 0,183319 \lambda^2 - 0,179652 \lambda - 0,088920 = 0 \end{aligned}$$

dont la valeur propre $\hat{\lambda}$ de module maximum a pour valeur 1,039 et $r = \log_e 1,039 \simeq 3,8$ p. 100.

Le vecteur propre \hat{V} associé est, en ramenant l'effectif à 1 000 femelles :

$$n_{0,t} = 143,0; n_{1,t} = 116,9; n_{2,t} = 104,1; n_{3,t} = 96,7;$$

$$n_{4,t} = 91,2; n_{5,t} = 86,0; n_{6,t} = 81,1; n_{7,t} = 76,5;$$

$$n_{8,t} = 72,2; n_{9,t} = 68,1; n_{10,t} = 64,2.$$

• Deuxième cas : Réduction de la mortalité de 30 à 20 p. 100 dans la classe

d'âge 0 à 1 an et de 10 à 7 p. 100 dans la classe d'âge 1 à 2 ans (les autres paramètres restant constants).

L'équation caractéristique de M est :

$$\lambda^{11} - 0,103308 \lambda^7 - 0,205539 \lambda^6 - 0,201428 \lambda^5 - 0,197399 \lambda^4 - \\ - 0,193451 \lambda^3 - 0,189581 \lambda^2 - 0,185789 \lambda - 0,091957 = 0$$

dont la valeur propre $\hat{\lambda}$ de module maximum a pour valeur 1,044 et $r = \log_e 1,044 \simeq 4,3$ p. 100.

Le vecteur propre \hat{V} associé est, en ramenant l'effectif à 1 000 femelles :

$$n_{0,t} = 142,0; n_{1,t} = 117,7; n_{2,t} = 105,9; n_{3,t} = 97,9; \\ n_{4,t} = 91,9; n_{5,t} = 86,3; n_{6,t} = 81,0; n_{7,t} = 76,0; \\ n_{8,t} = 71,4; n_{9,t} = 67,0; n_{10,t} = 62,9.$$

3.5. Application au troupeau complet

En introduisant mâles et castrés dans notre raisonnement, avec l'hypothèse de stabilité dans le temps des coefficients, F_x^m , F_x^c , P_x^{mm} , P_x^{mc} et P_x^{cc} précédemment définis et calculés de la même manière que pour les femelles, on calculera le vecteur propre général associé à $\hat{\lambda}$ en prenant comme base $n_{o,t}^f = 1 000$ et on obtiendra la composition du troupeau femelle, l'équation suivante étant vérifiée :

$$\sum_{x=0}^k F_x^f \cdot n_{x,t}^f = \hat{\lambda} \cdot n_{o,t}^f = 1 000 \hat{\lambda}$$

on en déduira :

$$\sum_{x=0}^k F_x^m \cdot n_{x,t}^m = \hat{\lambda} \cdot n_{o,t}^m$$

c'est-à-dire $n_{o,t}^m$;

il suffira ensuite d'appliquer les formules :

$$P_{o,t}^m \cdot n_{o,t}^m = \hat{\lambda} \cdot n_{1,t}^m; P_{1,t}^m \cdot n_{1,t}^m = \hat{\lambda} \cdot n_{2,t}^m; \dots\dots$$

pour avoir la constitution du troupeau mâle.

Il en serait de même pour obtenir la composition des castrés dans le troupeau.

Reprenons le troupeau Peuhl du Niger (paragraphe 3.1.), on a :

$$\hat{\lambda} = 1,022; P_o^f = 0,80; P_1^f = 0,925; P_2^f = 0,965; P_3^f \text{ à } P_9^f = 0,98;$$

$$F_o^f \text{ à } F_2^f = 0; F_3^f = 0,125; F_4^f \text{ à } F_9^f = 0,252; F_{10}^f = 0,127.$$

Supposons que le troupeau ne comprenne pas de castrés (leur présence dans le troupeau se généraliserait d'elle-même). Pour les mâles on admet un taux de masculinité de 0,5. Les mortalités sont de 35 p. 100 dans la classe d'âge 0 à 1 an, 12 p. 100 dans la classe d'âge 1 à 2 ans, 5 p. 100 dans la classe d'âge 2 à 3 ans et 2 p. 100 dans les classes d'âge suivantes. Les ventes interviennent pour 25 p. 100 de chaque classe d'âge. On a donc suivant l'équation :

$$P_x^m = 1 - m_x - v_x$$

$$P_o^m = 1 - \frac{m_o + m_1}{2} - \frac{25}{100} \left\{ 1 - \frac{m_o + m_1}{2} \right\} = 0,574$$

$$P_1^m = 1 - \frac{m_1 + m_2}{2} - \frac{25}{100} \left\{ 1 - \frac{m_1 + m_2}{2} \right\} = 0,686$$

$$P_2^m = 1 - \frac{m_2 + m_3}{2} - \frac{25}{100} \left\{ 1 - \frac{m_2 + m_3}{2} \right\} = 0,724$$

$$P_3^m \text{ à } P_9^m = 1 - \frac{m_x + m_{x+1}}{2} - \frac{25}{100} \left\{ 1 - \frac{m_x + m_{x+1}}{2} \right\} = 0,735$$

De même en suivant l'équation :

$$F^m_x = P^{m_{00}} \cdot \frac{\mu^m_x}{2} + P^{m_{00}} \cdot P^f_x \cdot \frac{\mu^m_{x+1}}{2}$$

$$F^m_0 \text{ à } F^m_2 = 0; F^m_3 = \left\{ 1 - \frac{0,35}{2} \right\} \cdot \frac{0}{2} + \left\{ 1 - \frac{0,35}{2} \right\} \cdot 0,98 \cdot \frac{0,6 \times 0,5}{2} = 0,121$$

$$F^m_4 \text{ à } F^m_9 = 0,825 \cdot \frac{0,6 \times 0,5}{2} + 0,825 \cdot 0,98; \frac{0,6 \times 0,5}{2} = 0,245$$

$$F^m_{10} = 0,825 \cdot \frac{0,6 \times 0,5}{2} + 0,825 \cdot 0,98 \cdot \frac{0}{2} = 0,124$$

Le vecteur propre des femelles est :

$$n^f_{0,t} = 1\,000; n^f_{1,t} = 783; n^f_{2,t} = 708; n^f_{3,t} = 669;$$

$$n^f_{4,t} = 641; n^f_{5,t} = 615; n^f_{6,t} = 590; n^f_{7,t} = 566;$$

$$n^f_{8,t} = 542; n^f_{9,t} = 520; n^f_{10,t} = 499;$$

d'où l'on déduit, d'après les équations :

$$\sum_{x=0}^k F^m_x \cdot n^f_{x,t} = \lambda \cdot n^m_{0,t}$$

$$P^m_x \cdot n^m_{x,t} = \lambda \cdot n^m_{x+1,t+1} \quad x=0,1,2,\dots,8,9,10.$$

$$n^m_{0,t} = 973; n^m_{1,t} = 546; n^m_{2,t} = 367; n^m_{3,t} = 260;$$

$$n^m_{4,t} = 187; n^m_{5,t} = 134; n^m_{6,t} = 97; n^m_{7,t} = 69;$$

$$n^m_{8,t} = 50; n^m_{9,t} = 36; n^m_{10,t} = 26.$$

En ramenant le troupeau complet, comprenant femelles et mâles entiers à 1 000 animaux, on a donc (vecteur colonne N^s_t), la composition suivante :

$$n^f_{0,t} = 101,2; n^m_{0,t} = 98,5; n^f_{1,t} = 79,3; n^m_{1,t} = 55,3;$$

$$n^f_{2,t} = 71,7; n^m_{2,t} = 37,2; n^f_{3,t} = 67,7; n^m_{3,t} = 26,3;$$

$$n^f_{4,t} = 64,9; n^m_{4,t} = 18,9; n^f_{5,t} = 62,3; n^m_{5,t} = 13,6;$$

$$n^f_{6,t} = 59,7; n^m_{6,t} = 9,8; n^f_{7,t} = 57,3; n^m_{7,t} = 7,0;$$

$$n^f_{8,t} = 54,8; n^m_{8,t} = 5,1; n^f_{9,t} = 52,6; n^m_{9,t} = 3,6;$$

$$n^f_{10,t} = 50,5; n^m_{10,t} = 2,6.$$

La matrice diagonale mortalités $\{ m^s \}$ est la suivante :

$$0,20; 0,235 \cdot 0,075; 0,085; 0,035; 0,035.$$

$$0,02; 0,02 \cdot 0,02; 0,02 \cdot 0,02; 0,02 \cdot 0,02; 0,02.$$

$$0,02; 0,02 \cdot 0,02; 0,02 \cdot 0,02; 0,02 \cdot 0,01; 0,01.$$

Le produit $\{ m^s \} \cdot \{ N^s_t \}$ précise la mortalité globale entre les instants t et $t + 1$. Chaque produit partiel donnant la mortalité par sexe et classe d'âge pour un troupeau de 1 000 animaux (par exemple $101,2 \times 0,20 = 20,2$ femelles de 0 à 1 an vivantes au comptage effectué à la date t seront mortes entre t et $t + 1$).

La matrice diagonale ventes $\{ v^s \}$ est la suivante :

$$0; 0,25 \cdot 0; 0,25 \cdot 0; 0,25 \cdot 0; 0,25 \cdot 0; 0,25.$$

$$0; 0,25 \cdot 0; 0,25 \cdot 0; 0,25 \cdot 0; 0,25 \cdot 0; 0,25.$$

$$0,99; 0,99.$$

Le produit $\{ v^s \} \cdot \{ N^s_t \}$ donne les ventes totales entre les instants t et $t + 1$. Chaque produit partiel donnant les ventes par sexe et classe d'âge pour un troupeau de 1 000 animaux (par exemple $98,5 \times 0,25 = 24,6$ mâles de 0 à 1 an vivants au comptage effectué à la date t seront « vendus » (boucherie, autoconsommation, vente pour l'élevage en dehors de la zone embrassée par le modèle ...) entre t et $t + 1$ lors du comptage en $t + 1$).

3.6. Conclusions

Nous venons de voir que toutes choses égales par ailleurs, l'âge de réforme avancé de un an fait perdre 1,9 p. 100 de taux de croissance alors que l'âge de réforme repoussé de un an ne fait gagner que 1,5 p. 100. L'âge de mise-bas avancé de un an fait gagner 2,3 p. 100, retardé de un an, il fait perdre 2,2 p. 100. *La réduction de la mortalité de 30 à 20 p. 100 dans la classe d'âge de 0 à 1 an fait gagner 1,6 p. 100, jointe à une réduction de la mortalité dans la classe d'âge de 1 à 2 ans de 10 à 7 p. 100 le gain de taux de croissance s'élève à 2,1 p. 100.*

Dans ce modèle où aucune contrainte n'a été introduite, l'équation caractéristique permet de connaître l'évolution naturelle du troupeau et de prévoir quelles mesures, pour la plupart sanitaires, auraient l'impact le plus important sur la productivité.

A la lumière de ces quelques exemples, nous voyons que les coefficients P_x et F_x doivent être définis avec la rigueur la plus grande possible. Il est bien évident que toute la difficulté de l'enquêteur réside dans la détermination de ces paramètres qui varient d'une région à l'autre, d'une année à l'autre, qui peuvent être anormaux par suite de mortalités ou de fécondités exceptionnelles dans certaines classes d'âge les années antérieures, d'où l'utilité d'enquêtes ou au moins de sondages permanents pour suivre l'évolution des générations par des procédés du type diagramme de Lexis bien connus en démographie humaine et d'en déduire des paramètres « normaux » et pouvant être considérés comme stables.

Quoiqu'il en soit l'attention devra être portée sur l'âge de réforme (impact important dans le taux de croissance par suite du terme en λ^{k+1}), sur l'âge de la première mise-bas (terme suivant immédiatement λ^{k+1}), en essayant de déterminer les fécondités par classe d'âge. A priori ces paramètres sont des normes de l'élevage sahélien et dans l'état actuel de nos connaissances on peut difficilement concevoir leur modification (quoique l'on puisse imaginer une certaine amélioration de la fécondité par injections de vitamine A par exemple).

En ce qui concerne l'amélioration de la productivité, c'est sur le paramètre P_x qu'il faudra jouer (taux de ventes ou d'exploitation, taux de mortalité). Pour le taux de vente, il apparaît évident que les vaches stériles devraient être éliminées au plus tôt, quoique une durée d'engraissement et un taux éliminatoire de fécondité soient à déterminer; pour les mâles, l'élimination du troupeau dépend de la structure des prix par classe d'âge et des potentialités fourragères. Pour le taux de mortalité, la réduction de la mortalité dans la classe d'âge 0-1 an est primordiale, car étant impliqué dans le calcul de F_x ($\sum V_x$) et de P_0 , tous coefficients intervenant dans l'équation caractéristique au niveau de chaque terme hormis λ^{k+1} , puis viennent par ordre d'importance décroissante $P_1, P_2 \dots P_{k-1}$.

Ce sont les techniciens de l'Élevage pour qui ces constatations sont d'ailleurs intuitives, qui devront savoir utiliser ce type de modèle car ils connaissent les problèmes de terrain et sont à même de juger la validité des hypothèses de départ. Le modèle, en formalisant leurs connaissances en un tout cohérent, ne fera que les éclairer.

BIBLIOGRAPHIE

1. COULOMB (J.) et coll. Zone de modernisation pastorale du Niger. Rapport I.E.M.V.T. - S.E.D.E.S., 1970-1971, 178 p.
2. KARLIN (S.). Initiation aux processus aléatoires. Dunod, 1969, 550 p.
3. LESLIE (P. M.). On the use of matrices in certain population mathematics. *Biomètrica*, 1945, 33, 3 : 183-212.
4. MAHE (L. P.). Un modèle de projection démographique appliqué aux cheptels animaux. Rapport I.N.R.A., Station d'Économie Rurale de Rennes, mars 1973, 52 p.

ANNEXE - Table des puissances pour différentes valeurs de λ

λ^1	0,98000	0,98100	0,98200	0,98300	0,98400	0,98500	0,98600	0,98700	0,98800	0,98900
λ^2	0,96040	0,96236	0,96432	0,96629	0,96826	0,97023	0,97220	0,97417	0,97614	0,97812
λ^3	0,94119	0,94408	0,94697	0,94986	0,95276	0,95567	0,95859	0,96150	0,96443	0,96736
λ^4	0,92237	0,92614	0,92992	0,93371	0,93752	0,94134	0,94516	0,94900	0,95286	0,95672
λ^5	0,90392	0,90854	0,91318	0,91784	0,92252	0,92721	0,93193	0,93667	0,94142	0,94620
λ^6	0,88584	0,89128	0,89674	0,90224	0,90776	0,91331	0,91888	0,92449	0,93012	0,93579
λ^7	0,86812	0,87434	0,88060	0,88690	0,89323	0,89961	0,90602	0,91247	0,91896	0,92549
λ^8	0,85076	0,85773	0,86475	0,87182	0,87894	0,88611	0,89333	0,90061	0,90793	0,91531
λ^9	0,83375	0,84143	0,84918	0,85700	0,86488	0,87282	0,88083	0,88890	0,89704	0,90524
λ^{10}	0,81707	0,82545	0,83390	0,84243	0,85104	0,85973	0,86849	0,87734	0,88627	0,89529
λ^{11}	0,80073	0,80976	0,81889	0,82811	0,83742	0,84683	0,85634	0,86594	0,87564	0,88544
λ^{12}	0,78471	0,79438	0,80415	0,81403	0,82402	0,83413	0,84435	0,85468	0,86513	0,87570
λ^{13}	0,76902	0,77928	0,78967	0,80019	0,81084	0,82161	0,83253	0,84357	0,85475	0,86606
λ^{14}	0,75364	0,76447	0,77546	0,78659	0,79786	0,80929	0,82087	0,83260	0,84449	0,85654
λ^{15}	0,73856	0,74995	0,76150	0,77321	0,78510	0,79715	0,80938	0,82178	0,83436	0,84711

λ^1	0,99000	0,99100	0,99200	0,99300	0,99400	0,99500	0,99600	0,99700	0,99800	0,99900
λ^2	0,98010	0,98208	0,98406	0,98605	0,98804	0,99003	0,99202	0,99401	0,99600	0,99800
λ^3	0,97030	0,97324	0,97619	0,97915	0,98211	0,98507	0,98805	0,99103	0,99401	0,99700
λ^4	0,96060	0,96448	0,96838	0,97229	0,97621	0,98015	0,98409	0,98805	0,99202	0,99600
λ^5	0,95099	0,95580	0,96063	0,96548	0,97036	0,97525	0,98016	0,98509	0,99004	0,99501
λ^6	0,94148	0,94720	0,95295	0,95875	0,96453	0,97037	0,97624	0,98213	0,98806	0,99401
λ^7	0,93207	0,93867	0,94532	0,95201	0,95875	0,96552	0,97233	0,97918	0,98608	0,99302
λ^8	0,92274	0,93022	0,93776	0,94535	0,95299	0,96069	0,96844	0,97625	0,98410	0,99202
λ^9	0,91352	0,92185	0,93026	0,93873	0,94727	0,95589	0,96457	0,97332	0,98214	0,99103
λ^{10}	0,90438	0,91355	0,92281	0,93216	0,94159	0,95111	0,96071	0,97040	0,98017	0,99004
λ^{11}	0,89534	0,90533	0,91543	0,92563	0,93594	0,94635	0,95687	0,96749	0,97821	0,98905
λ^{12}	0,88638	0,89718	0,90811	0,91915	0,93032	0,94162	0,95304	0,96458	0,97625	0,98806
λ^{13}	0,87752	0,88911	0,90084	0,91272	0,92474	0,93691	0,94922	0,96169	0,97430	0,98707
λ^{14}	0,86874	0,88111	0,89364	0,90633	0,91919	0,93222	0,94543	0,95880	0,97235	0,98608
λ^{15}	0,86005	0,87318	0,88649	0,89998	0,91368	0,92756	0,94165	0,95593	0,97041	0,98509

λ^1	1,00000	1,00100	1,00200	1,00300	1,00400	1,00500	1,00600	1,00700	1,00800	1,00900
λ^2	1,00000	1,00200	1,00400	1,00601	1,00802	1,01003	1,01204	1,01405	1,01606	1,01808
λ^3	1,00000	1,00300	1,00601	1,00903	1,01205	1,01508	1,01811	1,02115	1,02419	1,02724
λ^4	1,00000	1,00401	1,00802	1,01205	1,01610	1,02015	1,02422	1,02830	1,03239	1,03649
λ^5	1,00000	1,00501	1,01004	1,01509	1,02016	1,02525	1,03036	1,03549	1,04064	1,04582
λ^6	1,00000	1,00602	1,01206	1,01814	1,02424	1,03038	1,03654	1,04274	1,04897	1,05523
λ^7	1,00000	1,00702	1,01408	1,02119	1,02834	1,03553	1,04276	1,05004	1,05736	1,06473
λ^8	1,00000	1,00803	1,01611	1,02425	1,03245	1,04070	1,04902	1,05739	1,06582	1,07431
λ^9	1,00000	1,00904	1,01814	1,02732	1,03658	1,04591	1,05531	1,06479	1,07434	1,08398
λ^{10}	1,00000	1,01005	1,02018	1,03041	1,04072	1,05114	1,06164	1,07224	1,08294	1,09373
λ^{11}	1,00000	1,01106	1,02222	1,03350	1,04489	1,05639	1,06801	1,07975	1,09160	1,10357
λ^{12}	1,00000	1,01207	1,02426	1,03660	1,04907	1,06167	1,07442	1,08731	1,10033	1,11351
λ^{13}	1,00000	1,01308	1,02631	1,03971	1,05326	1,06698	1,08087	1,09492	1,10914	1,12353
λ^{14}	1,00000	1,01409	1,02836	1,04282	1,05747	1,07231	1,08735	1,10258	1,11801	1,13364
λ^{15}	1,00000	1,01511	1,03042	1,04595	1,06170	1,07768	1,09388	1,11030	1,12695	1,14384
λ^1	1,01000	1,01100	1,01200	1,01300	1,01400	1,01500	1,01600	1,01700	1,01800	1,01900
λ^2	1,02010	1,02212	1,02414	1,02617	1,02820	1,03023	1,03226	1,03429	1,03632	1,03836
λ^3	1,03030	1,03336	1,03643	1,03951	1,04259	1,04568	1,04877	1,05187	1,05498	1,05809
λ^4	1,04060	1,04473	1,04887	1,05302	1,05719	1,06136	1,06555	1,06975	1,07397	1,07819
λ^5	1,05101	1,05622	1,06146	1,06671	1,07199	1,07728	1,08260	1,08794	1,09330	1,09868
λ^6	1,06152	1,06784	1,07419	1,08058	1,08699	1,09344	1,09992	1,10643	1,11298	1,11955
λ^7	1,07214	1,07959	1,08708	1,09463	1,10221	1,10984	1,11752	1,12524	1,13301	1,14082
λ^8	1,08286	1,09146	1,10013	1,10886	1,11764	1,12649	1,13540	1,14437	1,15340	1,16250
λ^9	1,09368	1,10347	1,11333	1,12327	1,13329	1,14339	1,15357	1,16382	1,17416	1,18458
λ^{10}	1,10462	1,11561	1,12669	1,13787	1,14915	1,16054	1,17202	1,18361	1,19530	1,20709
λ^{11}	1,11567	1,12788	1,14021	1,15266	1,16524	1,17795	1,19077	1,20373	1,21681	1,23003
λ^{12}	1,12682	1,14028	1,15389	1,16765	1,18155	1,19561	1,20983	1,22419	1,23872	1,25340
λ^{13}	1,13809	1,15283	1,16774	1,18283	1,19809	1,21355	1,22919	1,24500	1,26101	1,27721
λ^{14}	1,14947	1,16551	1,18175	1,19820	1,21487	1,23175	1,24885	1,26617	1,28371	1,30148
λ^{15}	1,16096	1,17833	1,19593	1,21378	1,23188	1,25023	1,26883	1,28769	1,30682	1,32620

λ^1	1,02000	1,02100	1,02200	1,02300	1,02400	1,02500	1,02600	1,02700	1,02800	1,02900
λ^2	1,04040	1,04244	1,04448	1,04653	1,04858	1,05063	1,05268	1,05473	1,05678	1,05884
λ^3	1,06121	1,06433	1,06746	1,07060	1,07374	1,07689	1,08005	1,08321	1,08637	1,08955
λ^4	1,08243	1,08668	1,09095	1,09522	1,09951	1,10381	1,10813	1,11245	1,11679	1,12114
λ^5	1,10408	1,10950	1,11495	1,12041	1,12590	1,13141	1,13694	1,14249	1,14806	1,15366
λ^6	1,12616	1,13280	1,13947	1,14618	1,15292	1,15969	1,16650	1,17334	1,18021	1,18711
λ^7	1,14868	1,15659	1,16454	1,17254	1,18059	1,18868	1,19683	1,20502	1,21325	1,22154
λ^8	1,17166	1,18088	1,19016	1,19951	1,20892	1,21840	1,22794	1,23755	1,24722	1,25696
λ^9	1,19509	1,20568	1,21634	1,22710	1,23794	1,24886	1,25987	1,27096	1,28214	1,29341
λ^{10}	1,21899	1,23099	1,24310	1,25532	1,26765	1,28008	1,29262	1,30528	1,31804	1,33092
λ^{11}	1,24337	1,25684	1,27045	1,28419	1,29807	1,31208	1,32623	1,34052	1,35495	1,36952
λ^{12}	1,26824	1,28324	1,29840	1,31373	1,32922	1,34489	1,36071	1,37672	1,39289	1,40923
λ^{13}	1,29360	1,31018	1,32696	1,34395	1,36112	1,37851	1,39609	1,41389	1,43189	1,45010
λ^{14}	1,31947	1,33770	1,35616	1,37486	1,39379	1,41297	1,43239	1,45206	1,47198	1,49215
λ^{15}	1,34586	1,36579	1,38599	1,40648	1,42724	1,44829	1,46963	1,49127	1,51319	1,53542

λ^1	1,03000	1,03100	1,03200	1,03300	1,03400	1,03500	1,03600	1,03700	1,03800	1,03900
λ^2	1,06090	1,06296	1,06502	1,06709	1,06916	1,07123	1,07330	1,07537	1,07744	1,07952
λ^3	1,09273	1,09591	1,09910	1,10230	1,10551	1,10872	1,11193	1,11516	1,11839	1,12162
λ^4	1,12551	1,12989	1,13428	1,13868	1,14309	1,14752	1,15196	1,15642	1,16088	1,16537
λ^5	1,15927	1,16491	1,17057	1,17625	1,18196	1,18769	1,19343	1,19920	1,20500	1,21081
λ^6	1,19405	1,20102	1,20803	1,21507	1,22215	1,22925	1,23640	1,24357	1,25079	1,25804
λ^7	1,22987	1,23825	1,24669	1,25517	1,26370	1,27228	1,28091	1,28959	1,29832	1,30710
λ^8	1,26677	1,27664	1,28658	1,29659	1,30666	1,31681	1,32701	1,33730	1,34765	1,35807
λ^9	1,30477	1,31621	1,32775	1,33937	1,35109	1,36289	1,37479	1,38678	1,39886	1,41104
λ^{10}	1,34391	1,35702	1,37024	1,38357	1,39702	1,41059	1,42428	1,43809	1,45202	1,46607
λ^{11}	1,38423	1,39908	1,41408	1,42923	1,44452	1,45996	1,47556	1,49130	1,50719	1,52324
λ^{12}	1,42576	1,44245	1,45933	1,47639	1,49364	1,51106	1,52868	1,54648	1,56447	1,58265
λ^{13}	1,46853	1,48717	1,50603	1,52511	1,54442	1,56395	1,58371	1,60370	1,62391	1,64437
λ^{14}	1,51258	1,53327	1,55422	1,57544	1,59699	1,61889	1,64072	1,66303	1,68562	1,70850
λ^{15}	1,55796	1,58080	1,60396	1,62743	1,65122	1,67534	1,69979	1,72456	1,74968	1,77513

λ ¹	1,04000	1,04100	1,04200	1,04300	1,04400	1,04500	1,04600	1,04700	1,04800	1,04900
λ ²	1,08160	1,08368	1,08576	1,08785	1,08994	1,09203	1,09412	1,09621	1,09830	1,10040
λ ³	1,12486	1,12811	1,13137	1,13463	1,13789	1,14117	1,14445	1,14773	1,15102	1,15432
λ ⁴	1,16986	1,17436	1,17888	1,18341	1,18796	1,19252	1,19709	1,20167	1,20627	1,21088
λ ⁵	1,21665	1,22251	1,22840	1,23430	1,24023	1,24618	1,25216	1,25815	1,26417	1,27021
λ ⁶	1,26532	1,27264	1,27999	1,28737	1,29480	1,30226	1,30975	1,31728	1,32485	1,33245
λ ⁷	1,31593	1,32481	1,33375	1,34273	1,35177	1,36086	1,37000	1,37920	1,38844	1,39774
λ ⁸	1,36857	1,37913	1,38976	1,40047	1,41125	1,42210	1,43302	1,44402	1,45509	1,46623
λ ⁹	1,42331	1,43568	1,44813	1,46069	1,47334	1,48609	1,49894	1,51189	1,52493	1,53808
λ ¹⁰	1,48024	1,49454	1,50896	1,52350	1,53817	1,55297	1,56789	1,58294	1,59813	1,61344
λ ¹¹	1,53945	1,55582	1,57233	1,58901	1,60585	1,62285	1,64002	1,65734	1,67484	1,69250
λ ¹²	1,60103	1,61960	1,63837	1,65733	1,67651	1,69588	1,71546	1,73524	1,75523	1,77543
λ ¹³	1,66507	1,68601	1,70718	1,72860	1,75027	1,77219	1,79437	1,81679	1,83948	1,86243
λ ¹⁴	1,73167	1,75513	1,77888	1,80293	1,82728	1,85194	1,87691	1,90218	1,92778	1,95369
λ ¹⁵	1,80094	1,82709	1,85359	1,88045	1,90768	1,93528	1,96324	1,99158	2,02031	2,04942
λ ¹	1,05000	1,05100	1,05200	1,05300	1,05400	1,05500	1,05600	1,05700	1,05800	1,05900
λ ²	1,10250	1,10460	1,10670	1,10881	1,11092	1,11303	1,11514	1,11725	1,11936	1,12148
λ ³	1,15763	1,16094	1,16425	1,16758	1,17091	1,17424	1,17758	1,18093	1,18429	1,18765
λ ⁴	1,21551	1,22014	1,22479	1,22946	1,23413	1,23882	1,24353	1,24825	1,25298	1,25772
λ ⁵	1,27628	1,28237	1,28848	1,29462	1,30078	1,30696	1,31316	1,31939	1,32565	1,33192
λ ⁶	1,34010	1,34777	1,35548	1,36323	1,37102	1,37884	1,38670	1,39460	1,40253	1,41051
λ ⁷	1,40710	1,41651	1,42597	1,43548	1,44505	1,45468	1,46436	1,47409	1,48388	1,49373
λ ⁸	1,47745	1,48875	1,50012	1,51156	1,52308	1,53468	1,54636	1,55811	1,56995	1,58186
λ ⁹	1,55133	1,56467	1,57812	1,59167	1,60533	1,61909	1,63296	1,64693	1,66100	1,67518
λ ¹⁰	1,62889	1,64447	1,66019	1,67603	1,69202	1,70814	1,72440	1,74080	1,75734	1,77402
λ ¹¹	1,71034	1,72834	1,74652	1,76486	1,78338	1,80209	1,82097	1,84003	1,85926	1,87869
λ ¹²	1,79585	1,81648	1,83733	1,85840	1,87969	1,90120	1,92294	1,94491	1,96710	1,98953
λ ¹³	1,88564	1,90912	1,93287	1,95689	1,98119	2,00577	2,03062	2,05579	2,08119	2,10691
λ ¹⁴	1,97993	2,00649	2,03338	2,06061	2,08817	2,11609	2,14435	2,17294	2,20190	2,23122
λ ¹⁵	2,07892	2,10882	2,13912	2,16982	2,20093	2,23247	2,26442	2,29680	2,32961	2,36286

Notes sur la démographie bovine au Sahel

II. Représentation et projection théoriques du troupeau par un modèle mathématique après une catastrophe

par G. TACHER (*)

RESUME

L'auteur, utilisant un modèle mathématique matriciel étudié dans un travail antérieur, propose à partir de toutes les racines de l'équation caractéristique de la matrice de représenter la composition du troupeau femelle bovin soumis à une catastrophe par une combinaison de vecteurs propres associés permettant de suivre dans le temps les évolutions de la population totale et des différentes classes d'âge.

Il illustre le modèle théorique par une application pratique dont les chiffres sont tirés de la récente sécheresse ayant dévasté les troupeaux sahéliens.

Dans une précédente publication (5), nous avons proposé de représenter le troupeau bovin sahélien par un modèle mathématique matriciel, en posant comme hypothèse de base la stabilité dans le temps des coefficients démographiques (fécondité, mortalités, ventes et achats, réformes par classes d'âge) et nous nous étions attachés à décrire le troupeau après convergence de celui-ci vers un état stable. Pour ce faire, nous n'avions pris en compte que la valeur propre de module maximal λ et nous avons étudié l'importance des autres valeurs propres en considérant que celles-ci avaient un module suffisamment petit par rapport à l'unité ou que le temps écoulé à partir de l'instant initial était suffisamment grand.

Le modèle, qui est décrit dans les lignes suivantes, élargit celui proposé antérieurement. En effet, lorsqu'une catastrophe s'abat sur un troupeau (le terme troupeau étant pris dans le sens d'ensemble de troupeaux agrégé à un échelon régional homogène), si toutes les classes d'âge étaient touchées de façon uniforme les populations avant et après catastrophe évolueraient de la même manière. Or, il n'en est rien et le retour d'une part à la population globale antérieure et d'autre part à l'état stable s'effectue après de nombreuses fluctuations, fluctuations dépendant de la mortalité variable suivant les classes d'âge et des caractéristiques démographiques. En effet, peu de temps après la catastrophe, le temps t ne peut être considéré comme très grand et la puissance t ième des racines autres que la racine de module maximal de l'équation caractéristique de la matrice ne sont pas négligeables et doivent être prises en compte. Elles expliquent les fluctuations de l'effectif. Au fur et à mesure que t augmente, la valeur propre de module

(*) I.E.M.V.T., Laboratoire de Recherches Vétérinaires et Zootechniques de Farcha, B.P. 433, N'Djaména, République du Tchad.

Adresse actuelle : Centre International pour l'Elevage en Afrique. B.P. 5689. Addis Abeba, Ethiopie.

maximal prend la plus grande importance alors que les autres valeurs propres de module en général inférieur à l'unité prennent une importance de plus en plus faible. Ces deux phénomènes juxtaposés expliquent l'amortissement dans le temps des fluctuations avant la convergence vers l'état stable.

1. LE MODELE MATHEMATIQUE

Comme tous les modèles, celui-ci ne sera valable que pour autant qu'hypothèses et données seront un reflet de la réalité. Seul un technicien de l'élevage sera capable de juger de la validité des hypothèses et données et des résultats obtenus.

Les hypothèses que nous retiendrons et qui peuvent être criticables, sont les suivantes :

- Le troupeau était dans un état stable avant la catastrophe. Il aurait donc une croissance exponentielle uniforme pour la population totale et par classes d'âge. Cette hypothèse nous permettra de comparer les deux types d'évolution du troupeau.
- La catastrophe n'a apporté aucune contrainte nouvelle sur l'élevage. Ainsi les taux de fécondité et de mortalité par classe d'âge seront après la catastrophe ce qu'ils étaient avant. De même, les taux de vente et d'achat resteront identiques. Cette hypothèse peut paraître très forte. En effet, on observe actuellement, un an après la sécheresse de 1973, une paupérisation aiguë des éleveurs obligeant bien souvent ceux-ci à vendre des animaux que normalement ils auraient gardés; ce fait ne peut d'ailleurs qu'accentuer les délais de retour à l'équilibre du troupeau. De toute façon, ce modèle pouvant être programmé sur ordinateur, diverses hypothèses peuvent être introduites quant aux variations possibles des coefficients de la matrice.
- Seul le troupeau femelle sera étudié, la composition du troupeau complet s'en déduisant aisément.
- Comme dans le travail précédent, aucune contrainte n'est introduite concernant les potentialités alimentaires.

1.1. Rappel sur le modèle mathématique précédemment décrit

Le troupeau est représenté par l'équation matricielle suivante :

• $n_{x,t}$ représente le nombre de femelles vivantes dans la classe d'âge x à $x + 1$ l'année t (on a donc $n_{k+1,t} = 0$).

• F_x représente le nombre de génisses nées dans l'intervalle de temps t à $t + 1$ par femelle de la classe d'âge x à $x + 1$ vivante à l'instant t et qui seront retrouvées vivantes dans la classe d'âge 0 à 1 an à l'instant $t + 1$.

$$\begin{bmatrix} F_0 & F_1 & F_2 & \dots & F_{k-2} & F_{k-1} & F_k \\ P_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_2 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & P_{k-2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & P_{k-1} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} n_{0,0} \\ n_{1,0} \\ n_{2,0} \\ n_{3,0} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ n_{k-1,0} \\ n_{k,0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_{0,1} \\ n_{1,1} \\ n_{2,1} \\ n_{3,1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ n_{k-1,1} \\ n_{k,1} \end{bmatrix}$$

ou :
$$\begin{bmatrix} M \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} N_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_1 \end{bmatrix}$$

• P_x représente la probabilité qu'une femelle de la classe d'âge x à $x + 1$ à l'instant t se retrouve vivante à l'instant $t + 1$ dans la classe d'âge $x + 1$ à $x + 2$.

L'équation caractéristique de la matrice $[M]$ est :

$$\lambda^{k+1} - F_0 \lambda^k - P_0 F_1 \lambda^{k-1} - P_0 P_1 F_2 \lambda^{k-2} - \dots - P_0 P_1 P_2 \dots P_{k-2} F_{k-1} \lambda - P_0 P_1 P_2 \dots P_{k-1} F_k = 0$$

1.2. Représentation du troupeau à l'instant t

Tous les coefficients de l'équation caractéristique sont négatifs, excepté celui affectant le terme en λ^{k+1} . Il vient que sur les $k + 1$ racines de cette équation, une seule racine est positive, les autres racines étant complexes (conjuguées deux à deux) ou négatives (nombre pair ou impair suivant la parité de λ^{k+1}).

Pour chaque valeur des λ_i , les équations suivantes annulant le déterminant de la matrice $[M]$ sont vérifiées :

$$\begin{matrix} | M - \lambda_i \cdot I | & V_i = 0 \\ v_i | M - \lambda_i \cdot I | & = 0 \end{matrix}$$

en appelant V_i et v_i respectivement les vecteurs propres à droite et à gauche correspondant à la valeur propre λ_i .

Le vecteur colonne V_i peut être calculé de la manière suivante en partant du bas :

$$\begin{matrix} n_k & = & 1\ 000 \\ n_{k-1} & = & \lambda_i \cdot n_k / P_{k-1} \\ n_{k-2} & = & \lambda_i \cdot n_{k-1} / P_{k-2} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ n_1 & = & \lambda_i \cdot n_2 / P_1 \\ n_0 & = & \lambda_i \cdot n_1 / P_0 \end{matrix} \quad (I)$$

Le vecteur ligne v_i peut être calculé de la manière suivante en partant de la gauche :

$$\begin{matrix} n_0 = 1\ 000; & n_1 = n_0 \cdot (F_0 - \lambda_i) / P_0; \\ n_2 = (\lambda_i \cdot n_1 - n_0 \cdot F_1) / P_1; & \dots \dots \dots ; \\ n_{k-1} = (\lambda_i \cdot n_{k-2} - n_0 \cdot F_{k-2}) / P_{k-2}; & \\ n_k = (\lambda_i \cdot n_{k-1} - n_0 \cdot F_{k-1}) / P_{k-1}. & \end{matrix} \quad (II)$$

Normalisons chaque vecteur propre v_i et V_i correspondant à chaque valeur propre λ_i , on obtient en appelant le produit vectoriel $v_i \cdot V_i = z^2$:

$$\frac{v_i}{z} \cdot \frac{V_i}{z} = 1$$

Puisque nous avons $k + 1$ valeurs propres de λ distinctes, nous aurons $k + 1$ vecteurs propres indépendants, on a donc dans l'espace vectoriel à $k + 1$ dimensions la relation :

$$\sum_{i=1}^{k+1} \alpha_i \cdot V_i = \emptyset \rightarrow \alpha_i = 0 \quad \forall i$$

Puisque nos vecteurs propres v_i et V_i ont été normalisés, ils forment une base orthonommée et l'on a les relations :

$$\begin{aligned} v_j \cdot V_i &= 0 & \forall i \neq j \\ v_i \cdot V_i &= 1 & \forall i \end{aligned}$$

En appelant [P] la matrice des V_i vecteurs propres colonnes ordonnés de gauche à droite suivant les valeurs décroissantes des modules des λ_i correspondantes et en appelant $[P]^{-1}$ la matrice des v_i vecteurs propres lignes ordonnés de haut en bas suivant les valeurs décroissantes des modules des λ_i correspondantes, on a alors la relation :

$$[P]^{-1} \cdot [P] = [I]$$

[I] étant la matrice unité d'ordre $k + 1$.

Puisque les $k + 1$ vecteurs V_i sont indépendants, un vecteur $[N_0]$ ($[N_0] \neq \emptyset$) peut s'exprimer comme étant une combinaison linéaire de ces $k + 1$ vecteurs V_i , on a donc :

$$N_0 = \alpha_1 \cdot V_1 + \alpha_2 \cdot V_2 + \dots + \alpha_{k+1} \cdot V_{k+1}$$

En appelant $[\alpha]$ le vecteur colonne des $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{k+1}$, on a la relation :

$$[N_0] = [P] \cdot [\alpha] \quad (\text{III})$$

et

$$[\alpha] = [P]^{-1} \cdot [N_0] \quad (\text{IV})$$

En appelant $[\Lambda]$ la matrice diagonale des λ_i classés par ordre décroissant des valeurs de leurs modules depuis le haut à gauche jusqu'en bas à droite, on a [cf. (1) pp. 106 à 108] :

$$[M] = [P] \cdot [\Lambda] \cdot [P]^{-1}$$

La relation fondamentale du modèle mathématique décrit antérieurement :

$$[M]^t \cdot [N_0] = [N_t]$$

peut s'écrire :

$$\left[[P] \cdot [\Lambda] \cdot [P]^{-1} \right]^t \cdot [N_0] = [N_t]$$

ou

$$[P] \cdot [\Lambda]^t \cdot [P]^{-1} \cdot [N_0] = [N_t]$$

ou en tenant compte de la valeur de $[N_0]$ trouvée précédemment (III) :

$$[P] \cdot [\Lambda]^t \cdot [P]^{-1} \cdot [P] \cdot [\alpha] = [N_t]$$

et

$$[P] \cdot [\Lambda]^t \cdot [\alpha] = [N_t] \quad (\text{V})$$

Connaissant les $k + 1$ valeurs des λ_i , on a donc $[\Lambda]^t$ et connaissant $[N_0]$, c'est-à-dire la composition du troupeau tout de suite après la catastrophe, il est aisé de calculer $[P]$, $[P]^{-1}$, $[\alpha]$ et d'en déduire $[N_t]$, c'est-à-dire la composition du troupeau par classes d'âge et en sommant pour chaque t la population globale du troupeau.

2. DISCUSSION DU MODELE ET APPLICATION

2.1. Calcul de $[\Lambda]$, $[P]$ et $[P]^{-1}$ sur un troupeau nigérien

Nous reprendrons un exemple déjà donné (5) d'un troupeau ayant les caractéristiques démographiques suivantes :

- Taux de fécondité de 0,60 uniforme par classes d'âge, les femelles mettant bas dans la classe d'âge 4 à 5 ans; le taux de féminité est de 0,5.
- Taux de mortalité de 30 p. 100 dans la classe d'âge 0 à 1 an, 10 p. 100 dans la classe d'âge 1 à 2 ans, 5 p. 100 dans la classe d'âge 2 à 3 ans, 2 p. 100 dans la classe d'âge 3 à 4 ans et dans les classes d'âge suivantes.
- Aucune femelle n'est réformée ou vendue avant l'âge de 11 ans (hypothèse simplificatrice), âge auquel toutes les femelles sont réformées.

Les coefficients de la matrice sont alors les suivants :

$$P_0 = 0,80; P_1 = 0,925; P_2 = 0,965; P_3 \text{ à } P_9 = 0,98.$$

$$F_0 \text{ à } F_2 = 0; F_3 = 0,125; F_4 \text{ à } F_9 = 0,252; F_{10} = 0,127.$$

et l'équation caractéristique de la matrice est :

$$\lambda^{11} - 0,089226 \lambda^7 - 0,176669 \lambda^6 - 0,173135 \lambda^5 - 0,169672 \lambda^4 - \\ - 0,166278 \lambda^3 - 0,162952 \lambda^2 - 0,159692 \lambda - 0,079040 = 0.$$

Les racines de cette équation caractéristique ont été calculées par la méthode de BAIRSTOW modifiées par HITCHCOCK [(4) p. 95 à 101]. Elles sont les suivantes (*):

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 1,022 \\ \lambda_{2,3} &= 0,857 e^{\pm i 41,961} \\ \lambda_{4,5} &= 0,835 e^{\pm i 71,932} \\ \lambda_{6,7} &= 0,763 e^{\pm i 104,720} \\ \lambda_{8,9} &= 0,737 e^{\pm i 137,463} \\ \lambda_{10,11} &= 0,691 e^{\pm i 168,133} \end{aligned}$$

Les chiffres sont donnés ici avec 3 décimales, pour ne pas alourdir l'écriture, mais les calculs ont été effectués avec 6 décimales (précision utile si l'on veut obtenir la matrice inverse avec une bonne approximation, mais précision évidemment tout à fait superflue et illusoire si l'on se réfère à la composition du troupeau). Les angles des racines complexes sont donnés en degrés et en millièmes de degré.

A titre d'illustration, nous donnerons pour les racines $\lambda_{2,3}$ la méthodologie nous ayant permis de trouver les vecteurs colonnes $V_{2,3}$ et les vecteurs lignes $v_{2,3}$, on extrapolera ainsi facilement aux matrices [P] et [P]⁻¹.

En appliquant les formules (I) et (II) pour la valeur de λ_2 , on obtient :

Vecteur ligne v_2		Classe d'âge	Vecteur colonne V_2	
Module (ρ)	Angle (θ)		Module (ρ)	Angle (θ)
1000	0	n_0	346,636	419,607
1071,844	41,961	n_1	323,401	377,646
993,599	83,921	n_2	348,869	335,686
882,887	125,882	n_3	392,616	293,725
897,546	169,557	n_4	448,717	251,764
1013,913	- 156,115	n_5	512,834	209,803
1020,008	- 127,477	n_6	586,113	167,843
909,360	- 101,920	n_7	669,863	125,882
703,015	- 78,454	n_8	765,580	83,821
435,841	- 57,073	n_9	874,974	41,961
148,688	- 41,964	n_{10}	1000	0

(*) Nous adressons nos vifs remerciements à Monsieur Quyen Van Phu, assistant de mathématiques à l'Université du Tchad qui a bien voulu faire le petit programme qui a permis de calculer ces racines.

Le produit vectoriel $v_2 \cdot V_2 = z^2$ est égal à 4.056.769,044 $e^{187,247}$ (la multiplication a été effectuée en coordonnées trigonométriques et l'addition en repassant par les coordonnées polaires).

La norme est $\sqrt{z^2} = 2014,142 e^{18,623}$ par laquelle nous divisons chaque composante des vecteurs v_2 et V_2 pour obtenir les vecteurs normés suivants (l'ensemble de ces vecteurs forme une base orthonommée) :

Vecteur ligne v_2 normé		Classe d'âge	Vecteur colonne V_2 normé	
Module (ρ)	Angle (θ)		Module (ρ)	Angle (θ)
0,496	— 18,623	n_0	0,172	400,983
0,523	23,337	n_1	0,161	359,023
0,493	65,298	n_2	0,173	317,062
0,438	107,259	n_3	0,195	275,101
0,446	150,934	n_4	0,223	233,141
0,503	— 174,738	n_5	0,255	191,180
0,506	— 146,100	n_6	0,291	149,219
0,451	— 120,544	n_7	0,333	107,259
0,349	— 97,077	n_8	0,380	65,298
0,216	— 75,696	n_9	0,434	23,337
0,074	— 60,587	n_{10}	0,496	— 18,623

On vérifie bien que le produit $v_2 \cdot V_2 = 1$.

Les vecteurs v_3 et V_3 sont les conjugués des vecteurs v_2 et V_2 . En effet, λ_3 est conjuguée de λ_2 (l'angle θ vaut — 41,961 au lieu de + 41,961) et il est clair que, par les formules (I) et (II), chaque composante vectorielle de v_3 et V_3 sera conjuguée des mêmes composantes vectorielles de v_2 et V_2 ; il en sera donc de même pour les vecteurs v_3 et V_3 normés.

Une série de calculs identiques nous donne les vecteurs lignes v_1 normés qui forment la matrice $[P]^{-1}$ et les vecteurs V_1 normés qui forment la matrice $[P]$. Ces deux matrices sont écrites en annexe.

2.2. Exemple de vecteur $[N_0]$ sur la catastrophe du Kanem (Tchad)

Le vecteur colonne $[N_0]$, qui est la composition du troupeau par classes d'âge à l'instant 0 c'est-à-dire tout de suite après que la catastrophe se soit abattue sur le troupeau, a été estimée par nous-même au cours d'une tournée effectuée en novembre 1973 dans la région du Kanem (Mao) au Tchad, région très durement touchée par la sécheresse.

Ce vecteur $[N_0]$, qui sera ici donné, n'est qu'indicatif et ne saurait être un reflet de ce qui s'est passé dans le Kanem et a fortiori dans le Sahel. En effet, étant seul et disposant de peu de temps, nous n'avons pu compter que 638 animaux en 7 puits différents. De plus, le recensement devant englober tous les animaux, la période utile de travail n'était que d'environ deux heures par jour (période froide avec un seul abreuvement par jour, le matin, des troupeaux; peu d'animaux à abreuver). Nous avons choisi une région relativement touchée (50 p. 100 de mortalité ?) de manière à avoir suffisamment d'animaux à dénombrer. La structure trouvée ne saurait donc être généralisée à des régions d'élevage différentes ou à des zones plus ou moins touchées que celle-ci.

Avec ces réserves nous donnons donc la structure du troupeau trouvée dans le tableau suivant :

Exemple de structure de troupeau après une catastrophe

Classe d'âge	En nombre			En p. 1 000			Femelles ramenées à 1 000
	Femelles	Mâles	Castrés	Femelles	Mâles	Castrés	
n_0	23	15	0	36,0	23,5	0	48,7
n_1	56	13	0	87,7	20,3	0	118,6
n_2	108	52	0	169,2	81,5	0	228,8
n_3	120	41	0	188,0	64,2	0	254,2
n_4	57	18	6	83,3	28,2	9,5	120,7
n_5	44	8	6	68,9	12,5	9,5	93,2
n_6	19	5	1	29,7	7,8	1,5	40,2
n_7	28	1	0	43,8	1,5	0	59,3
n_8	5	0	0	7,8	0	0	10,6
n_9	8	0	0	12,5	0	0	16,9
n_{10}	4	0	0	6,2	0	0	8,4
	472	153	13	739,8	239,8	20,3	1000
	638			1 000			

Le vecteur colonne $[N_0]$ retenu a été le suivant :

$$\begin{aligned} n_{0,0} &= 48; n_{1,0} = 119; n_{2,0} = 229; n_{3,0} = 255; \\ n_{4,0} &= 121; n_{5,0} = 93; n_{6,0} = 41; n_{7,0} = 60; \\ n_{8,0} &= 11; n_{9,0} = 17; n_{10,0} = 6. \end{aligned}$$

2.3. Calcul du vecteur $[\alpha]$

En supposant que le même type de catastrophe soit survenu sur le troupeau dont les caractéristiques démographiques ont été données ci-dessus et en appliquant la formule (IV), il nous est maintenant possible de calculer le vecteur colonne $[\alpha]$. Par exemple la valeur de α_2 sera égale au produit du vecteur ligne normé v_2 (en annexe : deuxième ligne de la matrice $[P]^{-1}$) par le vecteur colonne $[N_0]$. Il est clair que v_2 et v_3 ayant leurs composantes respectives conjuguées, α_2 et α_3 seront eux-mêmes conjugués.

La valeur du vecteur colonne $[\alpha]$ est la suivante :

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 338,331 \\ \alpha_{2,3} &= 208,158 e^{\pm i 98,097} \\ \alpha_{4,5} &= 162,132 e^{\pm i 174,001} \\ \alpha_{6,7} &= 85,438 e^{\pm i 121,344} \\ \alpha_{8,9} &= 24,880 e^{\pm i 97,862} \\ \alpha_{10,11} &= 66,553 e^{\pm i 130,934} \end{aligned}$$

Notons que \pm signifie que la valeur de l'angle pour le premier indice nommé de α est positive alors que \mp signifie que la valeur de l'angle pour le premier indice nommé de α est négative.

2.4. Evolution du troupeau en fonction du temps écoulé après la catastrophe

2.4.1. Evolution du troupeau par classe d'âge

En appliquant la formule (V), il nous est maintenant possible de connaître la composition du troupeau quel que soit t ($t \geq 0$).

Nous appellerons ρ_{α_1} , $\rho_{v_{x,1}}$, ρ_{λ_1} respectivement les modules de la première composante du vecteur colonne α , de la composante de la ligne x et de la colonne 1 de la matrice [P], de la valeur propre λ_1 , et α_1 , $v_{x,1}$, λ_1 les valeurs algébriques des angles des mêmes composantes. On a alors :

$$\begin{aligned} n_{x,t} = & \rho_{\alpha_1} \cdot e^{i\alpha_1} \cdot \rho_{v_{x,1}} \cdot e^{iv_{x,1}} \cdot \rho_{\lambda_1}^t \cdot e^{i\lambda_1 \cdot t} + \\ & + \rho_{\alpha_2} \cdot e^{i\alpha_2} \cdot \rho_{v_{x,2}} \cdot e^{iv_{x,2}} \cdot \rho_{\lambda_2}^t \cdot e^{i\lambda_2 \cdot t} + \\ & + \rho_{\alpha_3} \cdot e^{i\alpha_3} \cdot \rho_{v_{x,3}} \cdot e^{iv_{x,3}} \cdot \rho_{\lambda_3}^t \cdot e^{i\lambda_3 \cdot t} + \\ & + \dots + \\ & + \rho_{\alpha_{10}} \cdot e^{i\alpha_{10}} \cdot \rho_{v_{x,10}} \cdot e^{iv_{x,10}} \cdot \rho_{\lambda_{10}}^t \cdot e^{i\lambda_{10} \cdot t} + \\ & + \rho_{\alpha_{11}} \cdot e^{i\alpha_{11}} \cdot \rho_{v_{x,11}} \cdot e^{iv_{x,11}} \cdot \rho_{\lambda_{11}}^t \cdot e^{i\lambda_{11} \cdot t} \end{aligned}$$

En remarquant que :

- la première composante, correspondant à la racine réelle, n'a que des parties réelles;
- les autres composantes 2 et 3, 4 et 5 ..., 10 et 11 sont conjuguées deux à deux donc que les modules sont identiques mais les angles opposés, il vient :

$$\begin{aligned} n_{x,t} = & \rho_{\alpha_1} \cdot \rho_{v_{x,1}} \cdot \rho_{\lambda_1}^t + \\ & + \rho_{\alpha_2} \cdot \rho_{v_{x,2}} \cdot \rho_{\lambda_2}^t \cdot (e^{i(\alpha_2 + v_{x,2} + \lambda_2 \cdot t)} + e^{-i(\alpha_2 + v_{x,2} + \lambda_2 \cdot t)}) + \\ & + \dots + \\ & + \rho_{\alpha_{10}} \cdot \rho_{v_{x,10}} \cdot \rho_{\lambda_{10}}^t \cdot (e^{i(\alpha_{10} + v_{x,10} + \lambda_{10} \cdot t)} + e^{-i(\alpha_{10} + v_{x,10} + \lambda_{10} \cdot t)}) \end{aligned}$$

Formule se simplifiant encore en appliquant la formule :

$$e^{i\theta} + e^{-i\theta} = (\cos \theta + i \sin \theta) + (\cos \theta - i \sin \theta) = 2 \cos \theta$$

en :

$$\begin{aligned}
n_{x,t} = & \rho_{\alpha_1} \cdot \rho_{v_{x,1}} \cdot \rho^t_{\lambda_1} + \\
& + 2 \rho_{\alpha_2} \cdot \rho_{v_{x,2}} \cdot \rho^t_{\lambda_2} \cdot \cos(\alpha_1 + v_{x,1} + \lambda_1 \cdot t) + \\
& + 2 \rho_{\alpha_4} \cdot \rho_{v_{x,4}} \cdot \rho^t_{\lambda_4} \cdot \cos(\alpha_4 + v_{x,4} + \lambda_4 \cdot t) + \\
& + 2 \rho_{\alpha_6} \cdot \rho_{v_{x,6}} \cdot \rho^t_{\lambda_6} \cdot \cos(\alpha_6 + v_{x,6} + \lambda_6 \cdot t) + \\
& + 2 \rho_{\alpha_8} \cdot \rho_{v_{x,8}} \cdot \rho^t_{\lambda_8} \cdot \cos(\alpha_8 + v_{x,8} + \lambda_8 \cdot t) + \\
& + 2 \rho_{\alpha_{10}} \cdot \rho_{v_{x,10}} \cdot \rho^t_{\lambda_{10}} \cdot \cos(\alpha_{10} + v_{x,10} + \lambda_{10} \cdot t)
\end{aligned}$$

A titre d'exemple, calculons $n_{2,4}$ [formule (V)], chaque terme de la troisième ligne de la matrice [P] ($n_{2,4}$ est la troisième classe d'âge, la quatrième année après la catastrophe) doit être multiplié successivement par le λ_1^t et par le α_1 correspondant.

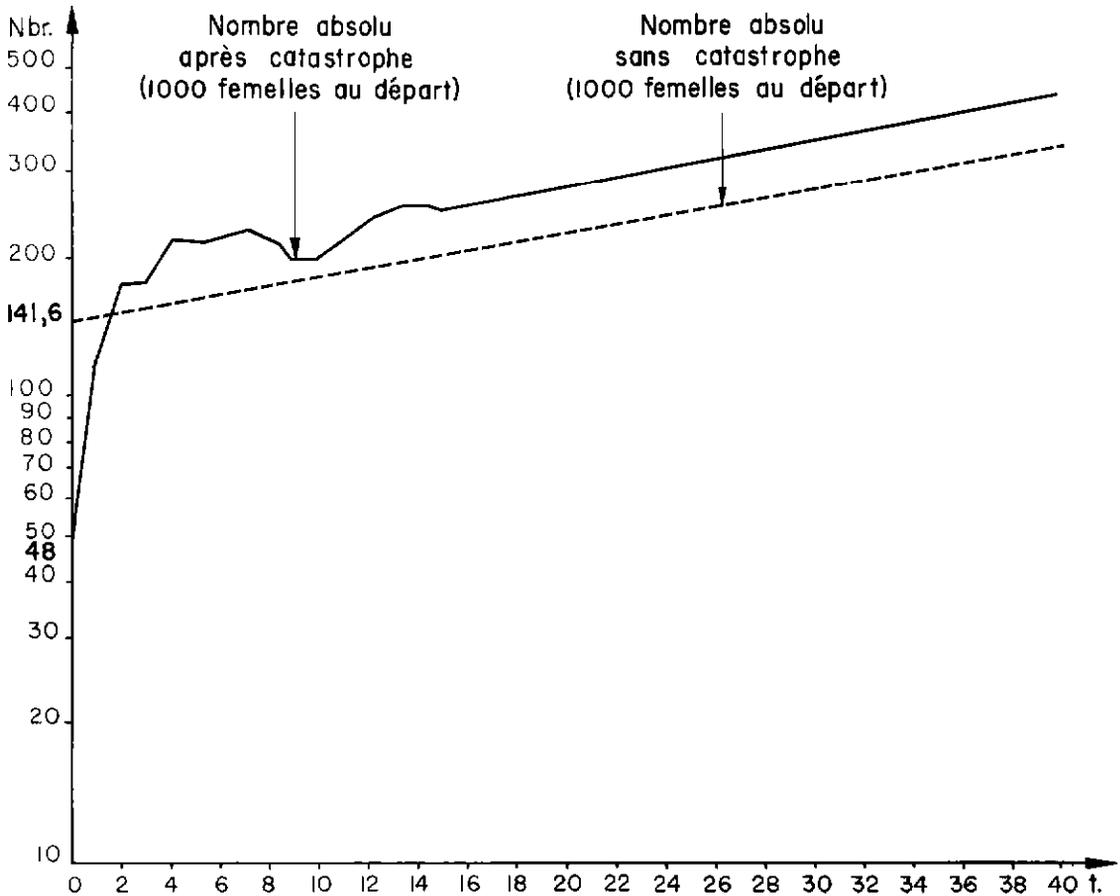
Il vient (les termes provenant de la matrice [P] sont en italique) :

$$\begin{aligned}
n_{2,4} = & 338,331 \cdot 0,371 \cdot (1,022)^4 + \\
& + 2.208,158 \cdot 0,173 \cdot (0,857)^4 \cdot \cos [98,097 + 317,062 + (41.961.4)] + \\
& + 2.162,132 \cdot 0,179 \cdot (0,835)^4 \cdot \cos [174,091 + 576,418 + (71,932.4)] + \\
& + 2.85,438 \cdot 0,118 \cdot (0,763)^4 \cdot \cos [-121,344 + 855,535 + (104,712.4)] + \\
& + 2.24,880 \cdot 0,113 \cdot (0,737)^4 \cdot \cos [-97,862 + 1137,624 + (137,463.4)] + \\
& + 2.66,553 \cdot 0,086 \cdot (0,691)^4 \cdot \cos [-130,934 + 1399,885 + (166,133.4)]. \\
n_{2,4} = & 130.
\end{aligned}$$

Tous calculs faits, les 11 graphiques suivants montrent par classes d'âge en partant de 1 000 femelles avant et après catastrophe, l'évolution du nombre d'animaux de chaque classe d'âge (en ordonnées, l'échelle est logarithmique; un encart donne la formule de la courbe en fonction du temps).

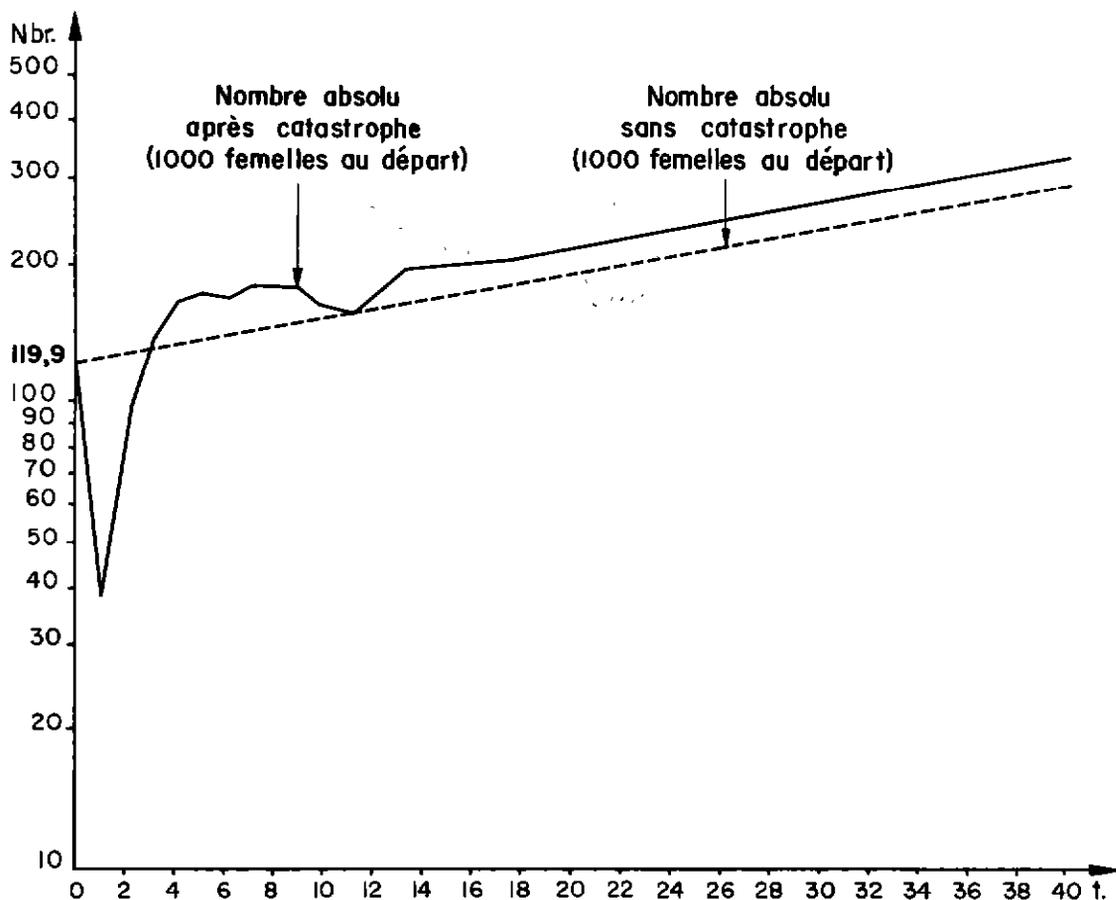
Graphique 1 : $n_{0,t}$

$$\begin{aligned}
 n_{0,t} = & 177,282 \cdot (1,022)^t + \\
 & + 71,648 \cdot (0,857)^t \cdot \cos (139,080 + 41,961 \cdot t) + \\
 & + 54,528 \cdot (0,835)^t \cdot \cos (174,372 + 71,932 \cdot t) + \\
 & + 15,851 \cdot (0,763)^t \cdot \cos (223,632 + 104,720 \cdot t) + \\
 & + 4,131 \cdot (0,737)^t \cdot \cos (234,687 + 137,463 \cdot t) + \\
 & + 7,411 \cdot (0,691)^t \cdot \cos (161,217 + 166,133 \cdot t) .
 \end{aligned}$$



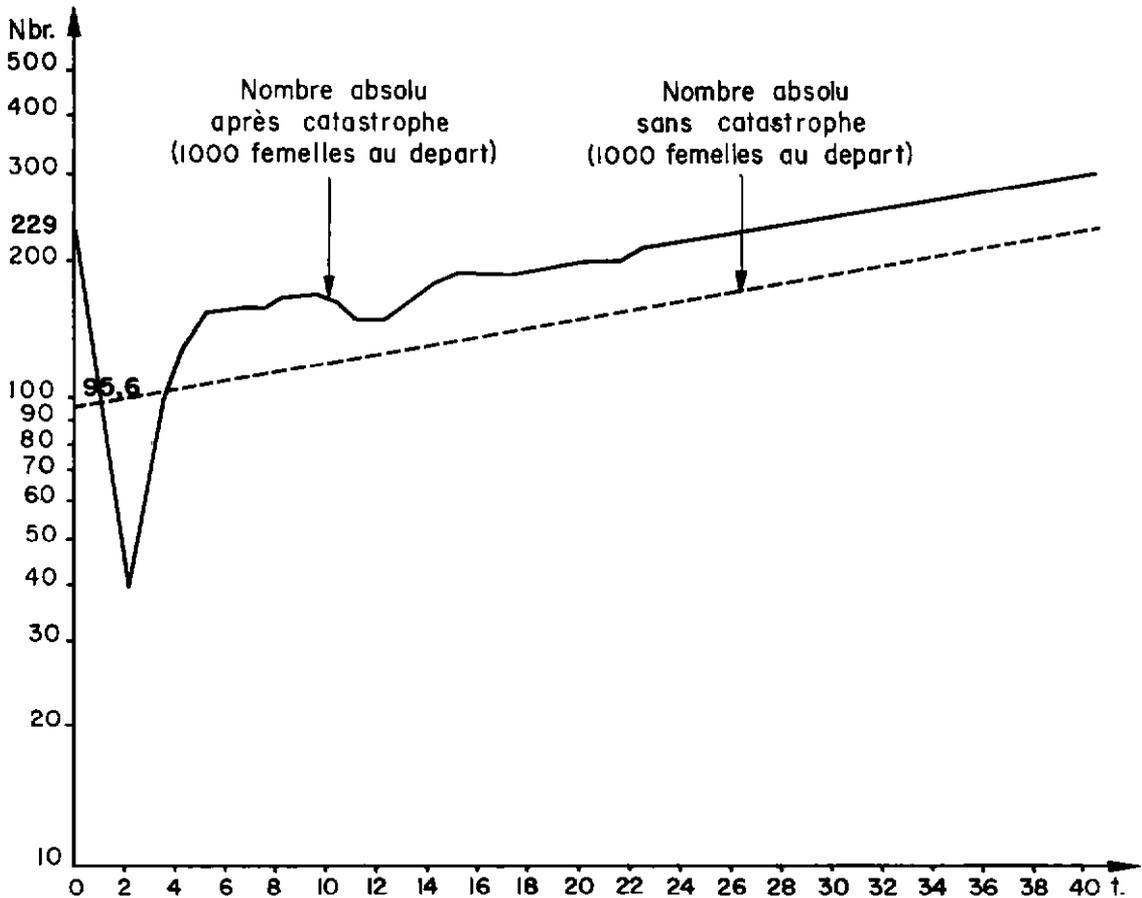
Graphique 2 : $n_{1,t}$

$$\begin{aligned}
 n_{1,t} = & 138,731 \cdot (1,022)^t + \\
 & + 66,846 \cdot (0,857)^t \cdot \cos (97,120 + 41,961 \cdot t) + \\
 & + 52,255 \cdot (0,835)^t \cdot \cos (102,440 + 71,932 \cdot t) + \\
 & + 16,623 \cdot (0,763)^t \cdot \cos (118,912 + 104,720 \cdot t) + \\
 & + 4,483 \cdot (0,737)^t \cdot \cos (97,225 + 137,463 \cdot t) + \\
 & + 8,583 \cdot (0,691)^t \cdot \cos (355,084 + 166,133 \cdot t) .
 \end{aligned}$$



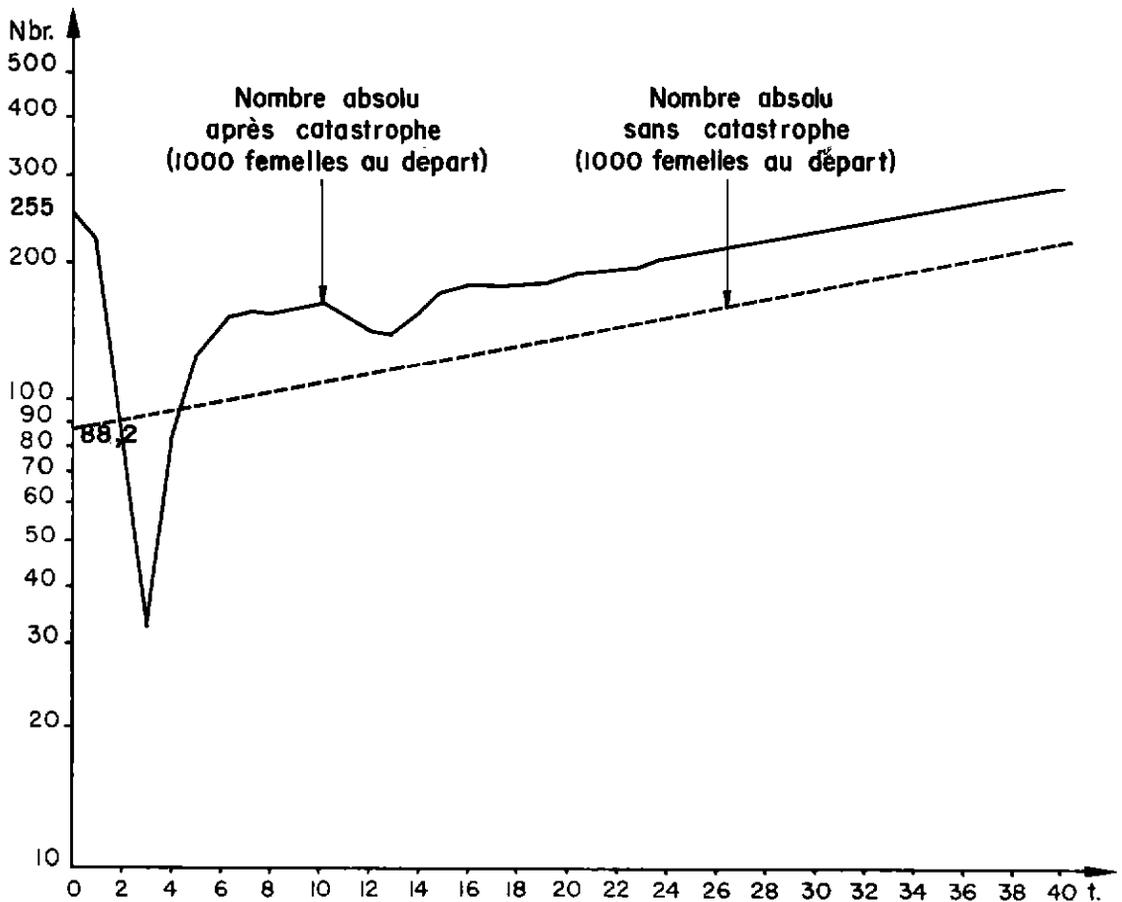
Graphique 3 : $n_{2,t}$

$$\begin{aligned}
 n_{2,t} = & 127,525 \cdot (1,022)^t + \\
 & + 72,110 \cdot (0,857)^t \cdot \cos (55,159 + 41,961 \cdot t) + \\
 & + 57,901 \cdot (0,835)^t \cdot \cos (30,508 + 71,932 \cdot t) + \\
 & + 20,162 \cdot (0,763)^t \cdot \cos (14,192 + 104,720 \cdot t) + \\
 & + 5,645 \cdot (0,737)^t \cdot \cos (319,762 + 137,463 \cdot t) + \\
 & + 11,492 \cdot (0,691)^t \cdot \cos (188,952 + 166,133 \cdot t) .
 \end{aligned}$$



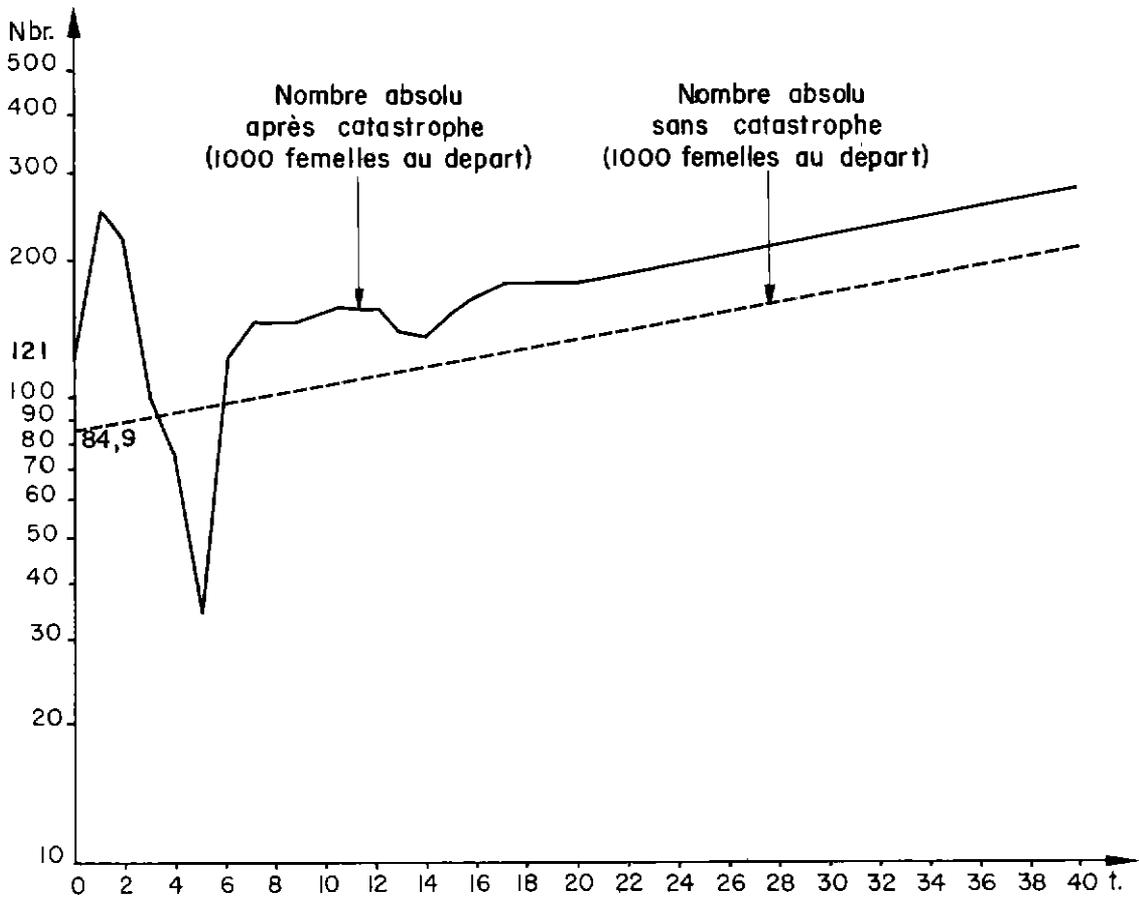
Graphique 4 : $n_{3,t}$

$$\begin{aligned}
 n_{3,t} = & 118,488 \cdot (1,022)^t + \\
 & + 81,152 \cdot (0,857)^t \cdot \cos (13,198 + 41,961 \cdot t) + \\
 & + 66,931 \cdot (0,835)^t \cdot \cos (318,576 + 71,932 \cdot t) + \\
 & + 25,510 \cdot (0,763)^t \cdot \cos (269,472 + 104,720 \cdot t) + \\
 & + 7,362 \cdot (0,737)^t \cdot \cos (182,300 + 137,463 \cdot t) + \\
 & + 16,054 \cdot (0,691)^t \cdot \cos (22,819 + 166,133 \cdot t) .
 \end{aligned}$$



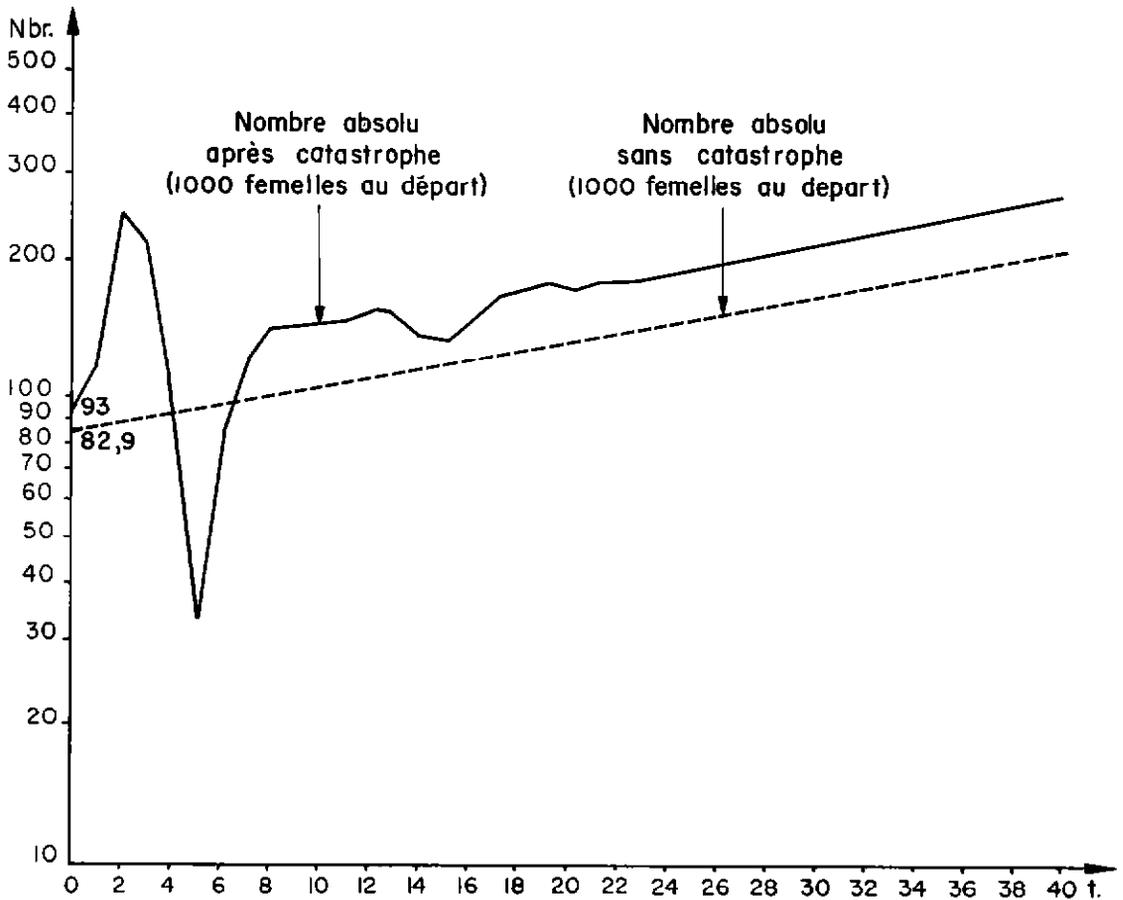
Graphique 5: $n_{4,t}$

$$\begin{aligned}
 n_{4,t} = & 113,184 \cdot (1,022)^t + \\
 & + 92,748 \cdot (0,857)^t \cdot \cos(331,238 + 41,961 \cdot t) + \\
 & + 78,573 \cdot (0,835)^t \cdot \cos(246,644 + 71,932 \cdot t) + \\
 & + 32,776 \cdot (0,763)^t \cdot \cos(164,752 + 104,720 \cdot t) + \\
 & + 9,786 \cdot (0,737)^t \cdot \cos(44,837 + 137,463 \cdot t) + \\
 & + 22,776 \cdot (0,691)^t \cdot \cos(216,686 + 166,133 \cdot t) .
 \end{aligned}$$



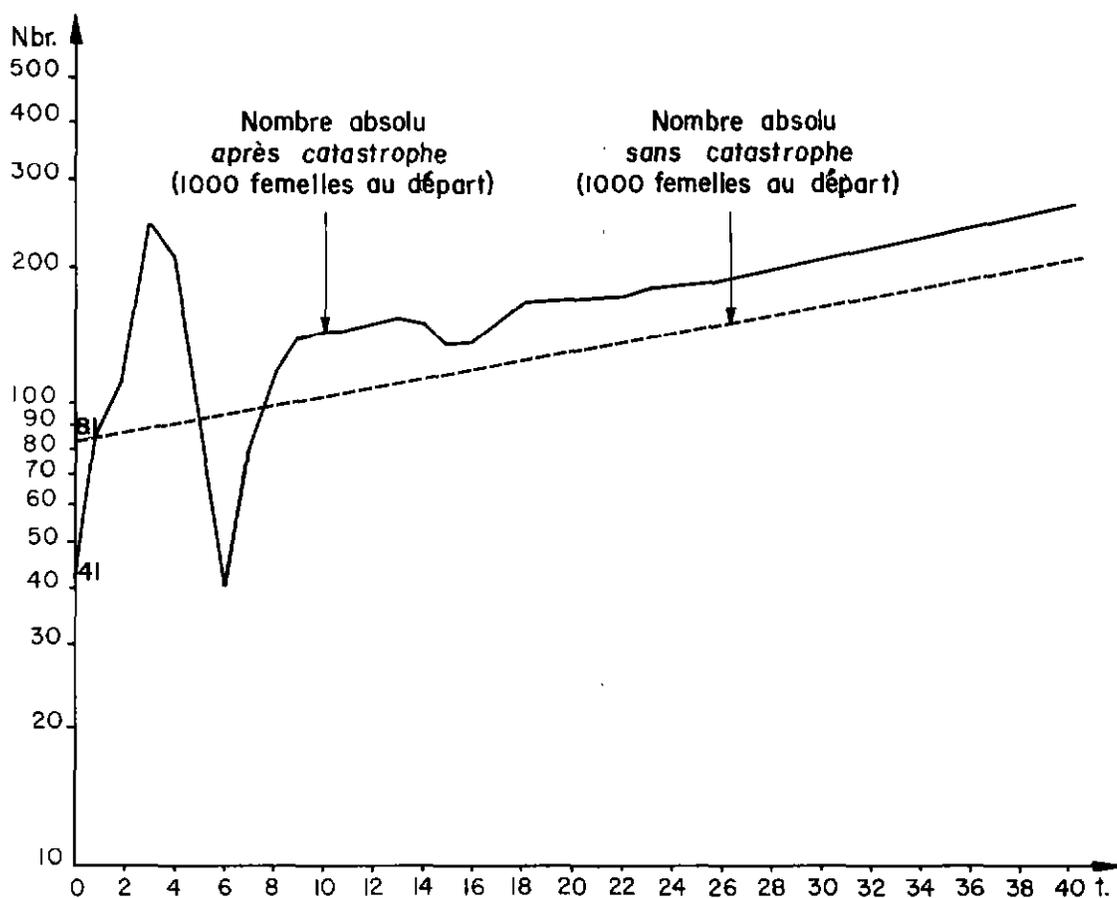
Graphique 6 : $n_{5,t}$

$$\begin{aligned}
 n_{5,t} = & 108,883 \cdot (1,022)^t + \\
 & + 106,001 \cdot (0,857)^t \cdot \cos (289,277 + 41,961 \cdot t) + \\
 & + 92,239 \cdot (0,835)^t \cdot \cos (174,712 + 71,932 \cdot t) + \\
 & + 42,113 \cdot (0,763)^t \cdot \cos (60,032 + 104,720 \cdot t) + \\
 & + 13,009 \cdot (0,737)^t \cdot \cos (267,375 + 137,463 \cdot t) + \\
 & + 32,311 \cdot (0,691)^t \cdot \cos (50,554 + 166,133 \cdot t) .
 \end{aligned}$$



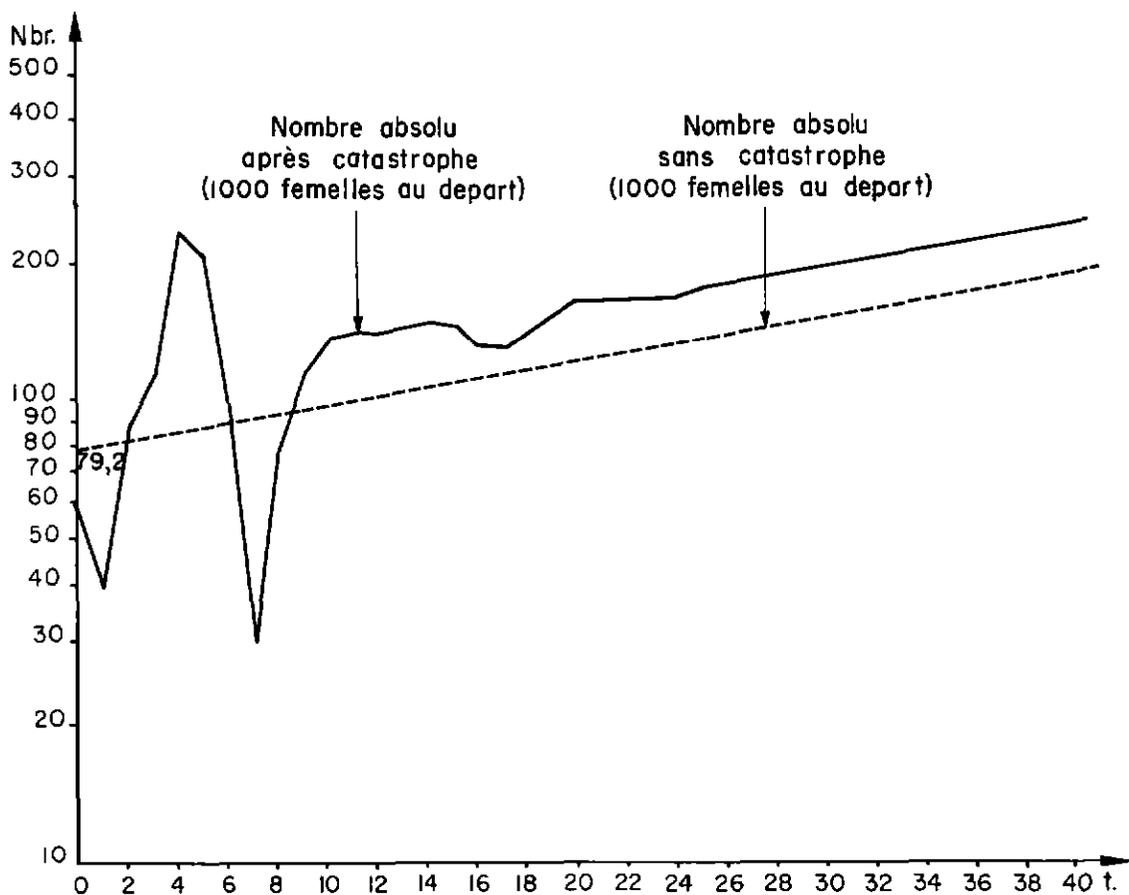
Graphique 7 : $n_{g,t}$

$$\begin{aligned}
 n_{g,t} = & 104,376 \cdot (1,022)^t + \\
 & + 121,147 \cdot (0,857)^t \cdot \cos(247,316 + 41,961 \cdot t) + \\
 & + 108,283 \cdot (0,835)^t \cdot \cos(102,780 + 71,932 \cdot t) + \\
 & + 54,110 \cdot (0,763)^t \cdot \cos(315,312 + 104,720 \cdot t) + \\
 & + 17,292 \cdot (0,737)^t \cdot \cos(129,912 + 137,463 \cdot t) + \\
 & + 45,839 \cdot (0,691)^t \cdot \cos(244,412 + 166,133 \cdot t) .
 \end{aligned}$$



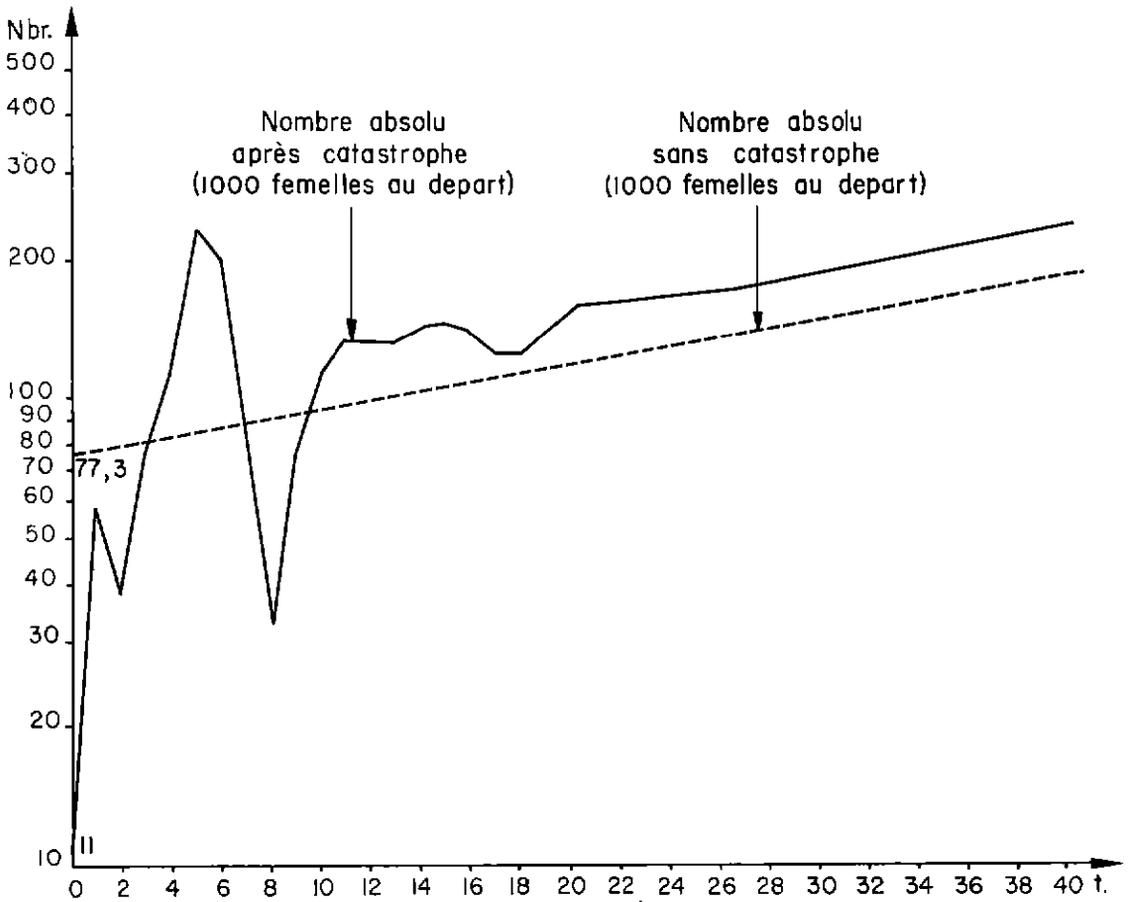
Graphique 8 : $n_{7,t}$

$$\begin{aligned}
 n_{7,t} = & 100,056 \cdot (1,022)^t + \\
 & + 138,458 \cdot (0,857)^t \cdot \cos (205,356 + 41,961 \cdot t) + \\
 & + 127,116 \cdot (0,835)^t \cdot \cos (30,849 + 71,932 \cdot t) + \\
 & + 69,524 \cdot (0,763)^t \cdot \cos (210,592 + 104,720 \cdot t) + \\
 & + 22,886 \cdot (0,737)^t \cdot \cos (352,449 + 137,463 \cdot t) + \\
 & + 65,030 \cdot (0,691)^t \cdot \cos (78,289 + 166,133 \cdot t) .
 \end{aligned}$$



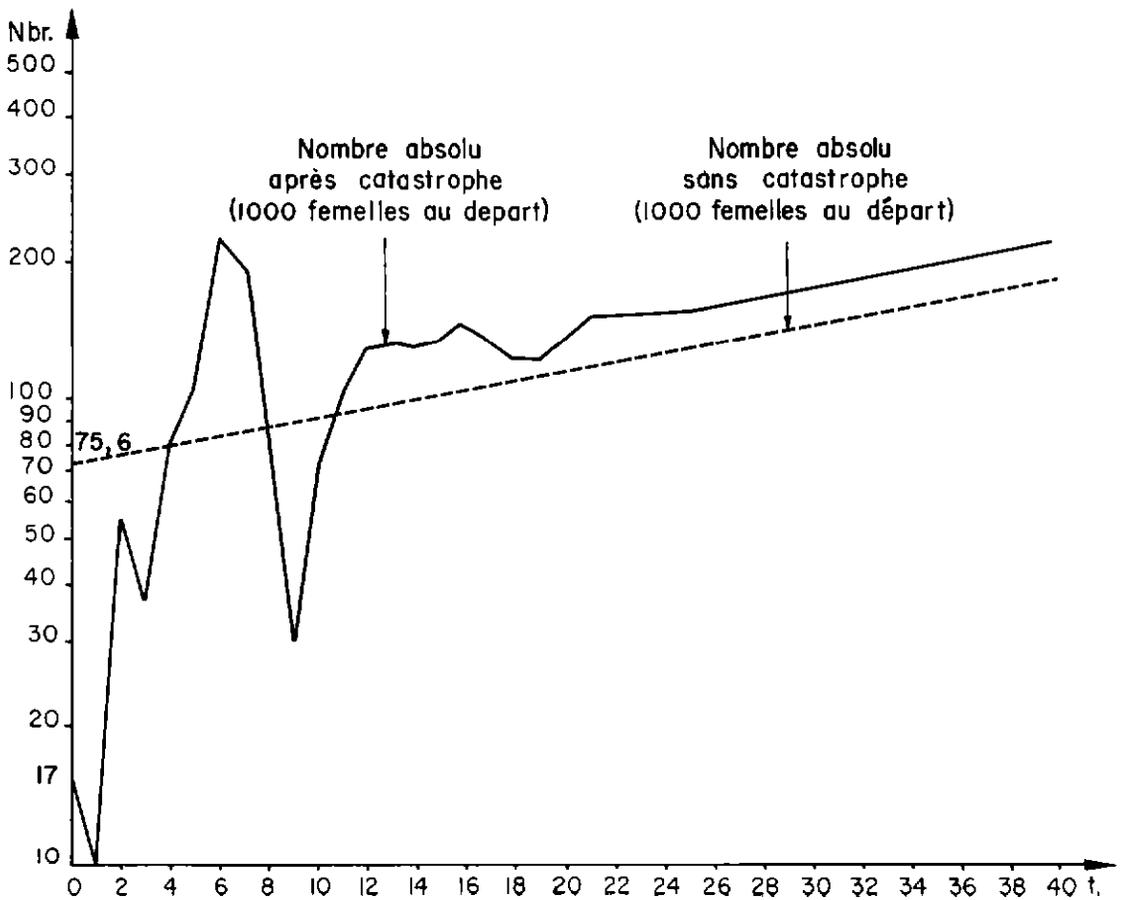
Graphique 9 : $n_{8,t}$

$$\begin{aligned}
 n_{8,t} = & 95,915 \cdot (1,022)^t + \\
 & + 158,242 \cdot (0,857)^t \cdot \cos (163,395 + 41,961 \cdot t) + \\
 & + 149,226 \cdot (0,835)^t \cdot \cos (318,917 + 71,932 \cdot t) + \\
 & + 89,329 \cdot (0,763)^t \cdot \cos (105,872 + 104,720 \cdot t) + \\
 & + 30,554 \cdot (0,737)^t \cdot \cos (214,987 + 137,463 \cdot t) + \\
 & + 92,255 \cdot (0,691)^t \cdot \cos (272,156 + 166,133 \cdot t) .
 \end{aligned}$$



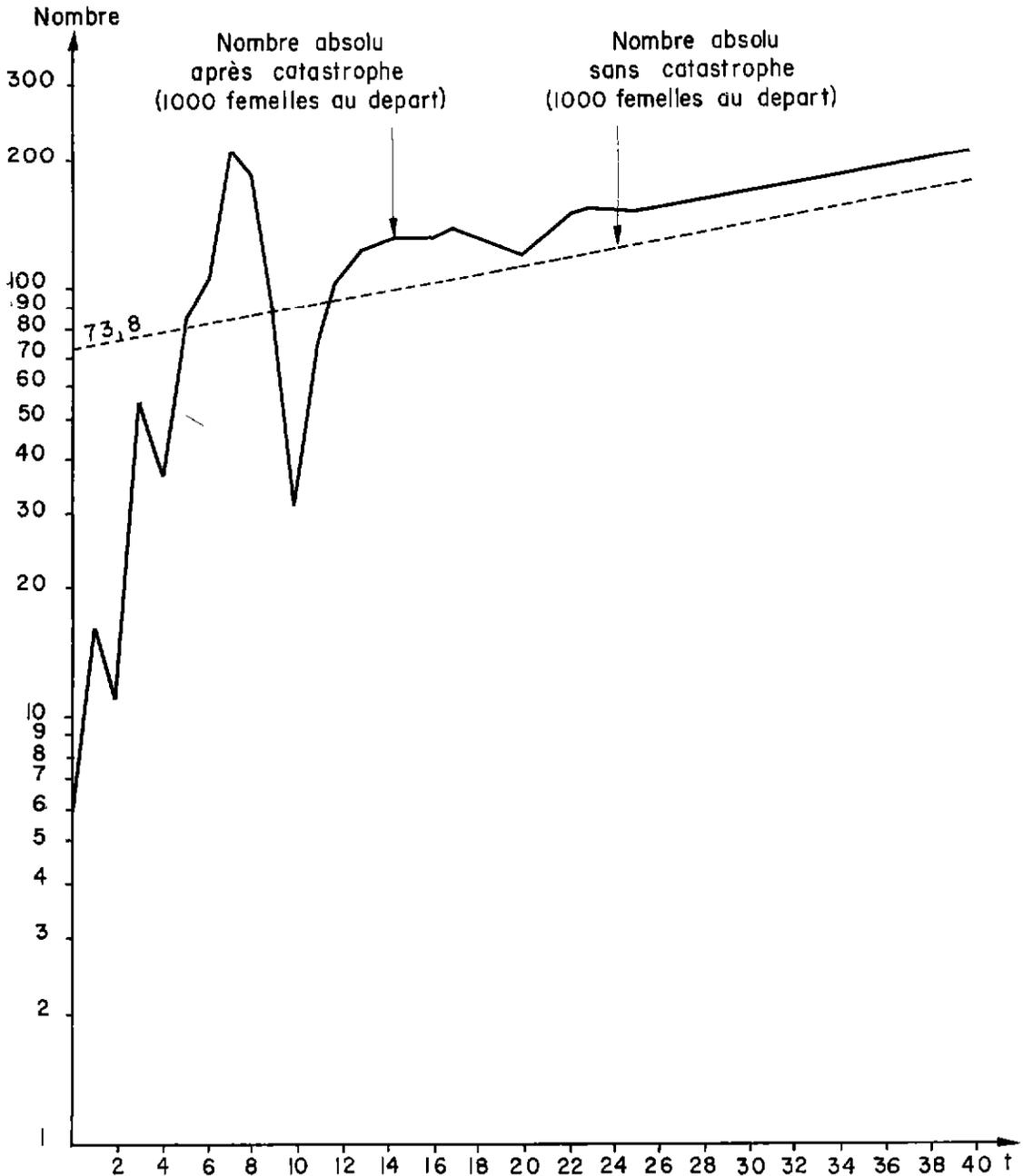
Graphique 10: $n_{0,t}$

$$\begin{aligned}
 n_{0,t} = & 91,945 \cdot (1,022)^t + \\
 & + 180,854 \cdot (0,857)^t \cdot \cos (121,434 + 41,961 \cdot t) + \\
 & + 175,181 \cdot (0,835)^t \cdot \cos (246,986 + 71,932 \cdot t) + \\
 & + 114,776 \cdot (0,763)^t \cdot \cos (1,152 + 104,720 \cdot t) + \\
 & + 40,615 \cdot (0,737)^t \cdot \cos (77,524 + 137,463 \cdot t) + \\
 & + 130,879 \cdot (0,691)^t \cdot \cos (106,023 + 166,133 \cdot t) .
 \end{aligned}$$



Graphique 11 : $n_{10,t}$

$$\begin{aligned}
 n_{10,t} = & 88,140 \cdot (1,022)^t + \\
 & + 206,696 \cdot (0,857)^t \cdot \cos (79,474 + 41,961 \cdot t) + \\
 & + 205,650 \cdot (0,835)^t \cdot \cos (175,053 + 71,932 \cdot t) + \\
 & + 147,472 \cdot (0,763)^t \cdot \cos (- 103,567 + 104,720 \cdot t) + \\
 & + 53,989 \cdot (0,737)^t \cdot \cos (- 59,938 + 137,463 \cdot t) + \\
 & + 185,673 \cdot (0,691)^t \cdot \cos (- 60,109 + 166,133 \cdot t) .
 \end{aligned}$$

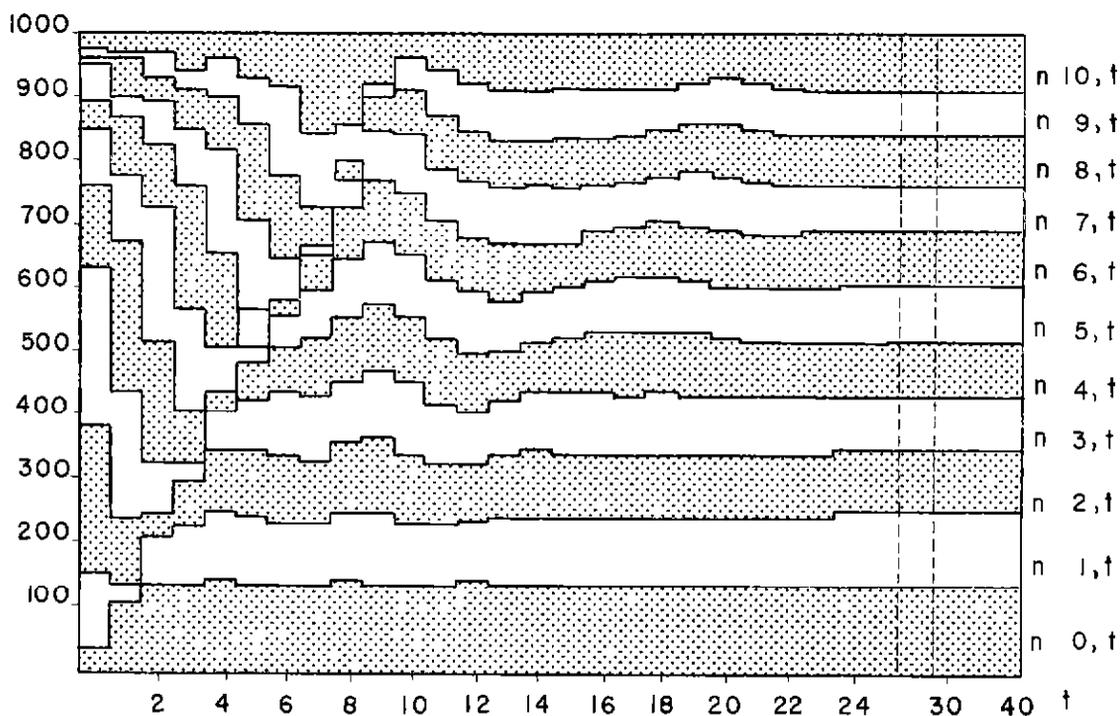


Le graphique 12 précise, en fonction du temps, la fluctuation de la composition du troupeau femelle ramenée à 1 000 femelles vers le vecteur propre associé à la valeur propre λ_1 (appelée précédemment λ) de module maximal. On peut constater, avec le type de catastrophe envisagé, que le pourcentage de l'effectif de la classe d'âge des 0 à 1 an se stabilise très vite, mais que progressivement, en atteignant les classes d'âge plus âgées, il faut attendre jusqu'à 21 ans pour retrouver une composition stable du troupeau, ce que les graphiques des compositions par classes d'âge font également ressortir.

2.4.2. Conclusion : évolution globale du troupeau

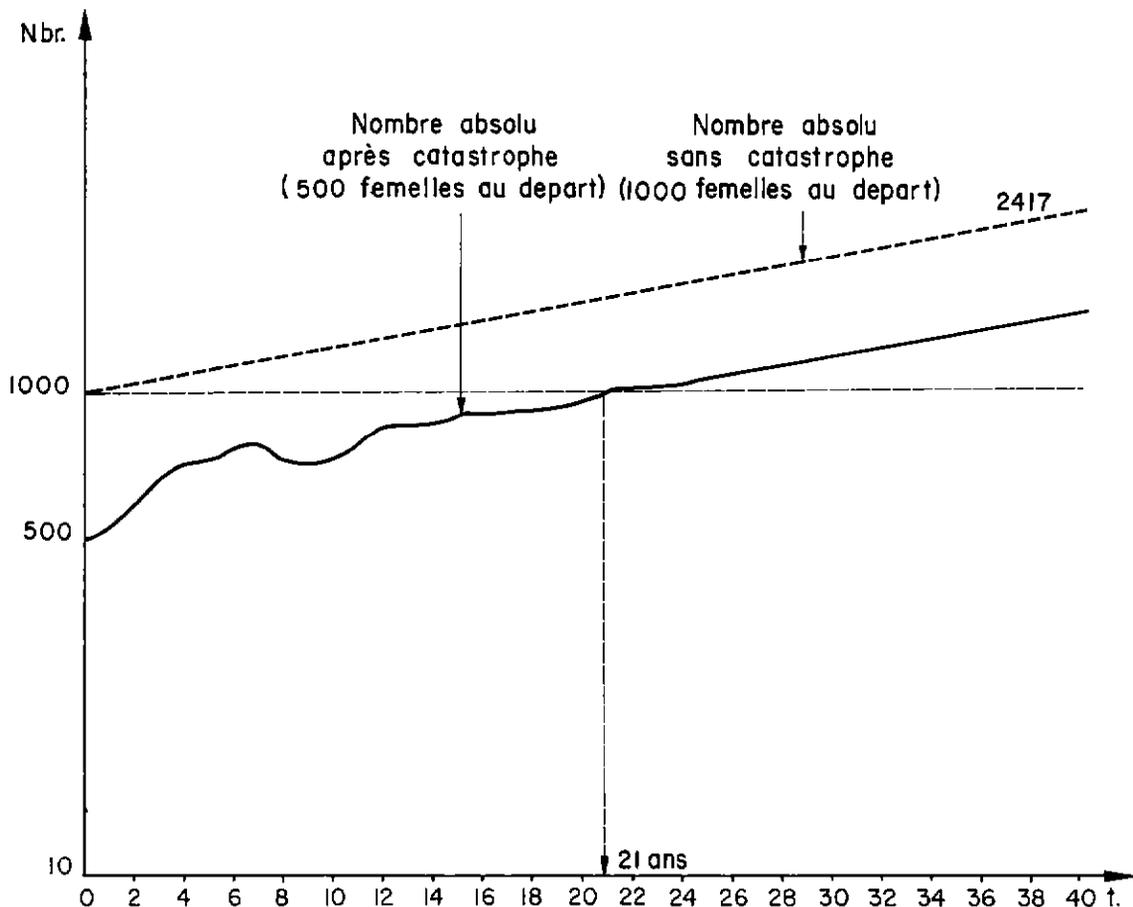
Le graphique 13 permet de comparer en nombre absolu, les effectifs d'un troupeau avec et sans catastrophe. La courbe représentant le troupeau après catastrophe a été établie pour une mortalité supposée de 50 p. 100 de l'effectif total initial et cette courbe retrouve une ordonnée de 1 000 c'est-à-dire l'effectif initial après 21 ans. En prenant successivement pour origine des ordonnées de la courbe les points correspondant à un pourcentage de mortalité global différent, la translation permet de trouver le temps au bout duquel l'effectif initial est à nouveau atteint :

- pour une mortalité de 10 p. 100 de l'effectif initial, le cheptel est reconstitué au bout de 2 ans;
- pour 20 p. 100, il faut 3 ans;
- pour 30 p. 100, il faut 4 ans, mais par suite de fluctuations, cet effectif global rechute et ne réatteint l'effectif initial qu'après 10 ans;
- pour 40 p. 100, il faut 12 ans;
- pour 50 p. 100, il faut 21 ans;
- pour 60 p. 100, il faut 30 ans;
- pour 70 p. 100, il faut 43 ans;



Graphique 12

Fluctuation de la composition du troupeau femelle, en fonction du temps, vers le vecteur propre associé à la valeur propre de module maximal.



Graphique 13
Evolution comparée du troupeau femelle sans et avec catastrophe
(mortalité supposée de 50 p. 100).

- pour 80 p. 100, il faut 61 ans;
- pour 90 p. 100, il faut 85 ans.

Cet exemple, avec tout ce qu'il comporte de théorique, car qui peut prétendre connaître l'avenir, montre que, si les paramètres démographiques restent constants dans le temps, la durée de reconstitution du cheptel devient très vite considérable dès que la mortalité prend quelque importance.

Cette constatation prouve, s'il en était besoin, l'impérieuse nécessité de l'aide aux régions sinistrées.

BIBLIOGRAPHIE

1. ACHER (J.) et GARDELLE (J.). Algèbre linéaire et programmation linéaire. Dunod. 304 p.
2. LE BRAS (H.). Retour d'une population à l'état stable après une catastrophe. *Population*, 1969, 24, 5 : 861-896.
3. LESLIE (P.M.). On the use of matrices in certain population mathematics. *Biometrika*, 1945, 33, 3 : 183-212.
4. SHAN S. KUO. Numerical methods and computers. Addison Wesley Publishing Company. 341 p.
5. TACHER (G.). Notes sur la démographie bovine au Sahel. I. Représentation et projection théoriques du troupeau par un modèle mathématique. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 1975, 28 (4) et rapport Laboratoire de Farcha. 24 p. ronéo.

ANNEXE

MATRICE [P]—1

Première ligne

$$x_{1,1} = 0,261; x_{1,2} = 0,333; x_{1,3} = 0,368; x_{1,4} = 0,390; x_{1,5} = 0,373; x_{1,6} = 0,322; \\ x_{1,7} = 0,269; x_{1,8} = 0,214; x_{1,9} = 0,156; x_{1,10} = 0,095; x_{1,11} = 0,032.$$

Deuxième ligne

$$x_{2,1} = 0,496 e^{-1.18,623}; x_{2,2} = 0,532 e^{1.23,337}; x_{2,3} = 0,493 e^{1.65,298}; \\ x_{2,4} = 0,438 e^{1.107,259}; x_{2,5} = 0,446 e^{1.150,934}; x_{2,6} = 0,503 e^{-1.174,738}; \\ x_{2,7} = 0,506 e^{-1.146,100}; x_{2,8} = 0,451 e^{-1.120,544}; x_{2,9} = 0,349 e^{-1.07,077}; \\ x_{2,10} = 0,216 e^{-1.75,696}; x_{2,11} = 0,074 e^{-1.60,587}.$$

Troisième ligne

$$x_{3,1} = 0,496 e^{1.18,623}; x_{3,2} = 0,532 e^{-1.23,337}; x_{3,3} = 0,493 e^{-1.65,298}; \\ x_{3,4} = 0,438 e^{-1.107,259}; x_{3,5} = 0,446 e^{-1.150,934}; x_{3,6} = 0,503 e^{1.174,738}; \\ x_{3,7} = 0,506 e^{1.146,100}; x_{3,8} = 0,451 e^{1.120,544}; x_{3,9} = 0,349 e^{1.07,077}; \\ x_{3,10} = 0,216 e^{1.75,696}; x_{3,11} = 0,074 e^{1.60,587}.$$

Quatrième ligne

$$x_{4,1} = 0,634 e^{1.0,962}; x_{4,2} = 0,662 e^{1.72,894}; x_{4,3} = 0,597 e^{1.144,826}; \\ x_{4,4} = 0,517 e^{1.216,758}; x_{4,5} = 0,423 e^{-1.81,812}; x_{4,6} = 0,202 e^{-1.18,636}; \\ x_{4,7} = 0,148 e^{1.114,145}; x_{4,8} = 0,289 e^{-1.176,809}; x_{4,9} = 0,331 e^{-1.133,254}; \\ x_{4,10} = 0,251 e^{-1.96,430}; x_{4,11} = 0,097 e^{-1.70,972}.$$

Cinquième ligne

$$x_{5,1} = 0,634 e^{-1.0,962}; x_{5,2} = 0,662 e^{-1.72,894}; x_{5,3} = 0,597 e^{-1.144,826}; \\ x_{5,4} = 0,517 e^{-1.216,758}; x_{5,5} = 0,423 e^{1.81,812}; x_{5,6} = 0,202 e^{1.18,636}; \\ x_{5,7} = 0,148 e^{-1.114,145}; x_{5,8} = 0,289 e^{1.176,809}; x_{5,9} = 0,331 e^{1.133,254}; \\ x_{5,10} = 0,251 e^{1.96,430}; x_{5,11} = 0,097 e^{1.70,972}.$$

Sixième ligne

$$x_{6,1} = 0,863 e^{1.17,776}; x_{6,2} = 0,823 e^{1.122,496}; x_{6,3} = 0,678 e^{1.227,216}; \\ x_{6,4} = 0,536 e^{1.331,936}; x_{6,5} = 0,373 e^{1.91,300}; x_{6,6} = 0,512 e^{1.196,782}; \\ x_{6,7} = 0,408 e^{-1.90,475}; x_{6,8} = 0,096 e^{1.6,084}; x_{6,9} = 0,238 e^{1.179,443}; \\ x_{6,10} = 0,298 e^{-1.123,871}; x_{6,11} = 0,144 e^{-1.86,945}.$$

Septième ligne

$$x_{7,1} = 0,863 e^{-1.17,776}; x_{7,2} = 0,823 e^{-1.122,496}; x_{7,3} = 0,678 e^{-1.227,216}; \\ x_{7,4} = 0,536 e^{-1.331,936}; x_{7,5} = 0,373 e^{-1.91,300}; x_{7,6} = 0,512 e^{-1.196,782}; \\ x_{7,7} = 0,408 e^{1.90,475}; x_{7,8} = 0,096 e^{-1.6,084}; x_{7,9} = 0,238 e^{-1.179,443}; \\ x_{7,10} = 0,298 e^{1.123,871}; x_{7,11} = 0,144 e^{1.86,945}.$$

Huitième ligne

$$x_{8,1} = 1,085 e^{1.37,924}; x_{8,2} = 1,000 e^{1.175,386}; x_{8,3} = 0,797 e^{1.312,849}; \\ x_{8,4} = 0,609 e^{1.450,311}; x_{8,5} = 0,595 e^{-1.134,506}; x_{8,6} = 0,271 e^{-1.33,209}; \\ x_{8,7} = 0,272 e^{1.174,551}; x_{8,8} = 0,334 e^{-1.104,510}; x_{8,9} = 0,036 e^{-1.105,161}; \\ x_{8,10} = 0,252 e^{-1.141,469}; x_{8,11} = 0,188 e^{-1.99,539}.$$

Neuvième ligne

$$x_{9,1} = 1,085 e^{-1.37,924}; x_{9,2} = 1,000 e^{-1.175,386}; x_{9,3} = 0,797 e^{-1.312,849}; \\ x_{9,4} = 0,609 e^{-1.450,311}; x_{9,5} = 0,595 e^{1.134,506}; x_{9,6} = 0,271 e^{1.33,209}; \\ x_{9,7} = 0,272 e^{-1.174,551}; x_{9,8} = 0,334 e^{1.104,510}; x_{9,9} = 0,036 e^{1.105,161}; \\ x_{9,10} = 0,252 e^{1.141,469}; x_{9,11} = 0,188 e^{1.99,539}.$$

Dixième ligne

$$x_{10,1} = 1,395 e^{1.70,825}; x_{10,2} = 1,204 e^{1.236,957}; x_{10,3} = 0,900 e^{1.403,090}; \\ x_{10,4} = 0,644 e^{1.509,222}; x_{10,5} = 0,382 e^{-1.7,182}; x_{10,6} = 0,442 e^{1.213,289}; \\ x_{10,7} = 0,294 e^{-1.53,288}; x_{10,8} = 0,248 e^{1.216,766}; x_{10,9} = 0,275 e^{-1.81,021}; \\ x_{10,10} = 0,178 e^{1.235,261}; x_{10,11} = 0,257 e^{-1.95,308}.$$

Onzième ligne

$$\begin{aligned}x_{11,1} &= 1,395 e^{-1.70,825}; x_{11,2} = 1,204 e^{-1.236,957}; x_{11,3} = 0,900 e^{-1.403,090}; \\x_{11,4} &= 0,644 e^{-1.569,222}; x_{11,5} = 0,382 e^{i.7,182}; x_{11,6} = 0,442 e^{-i.213,289}; \\x_{11,7} &= 0,294 e^{i.53,288}; x_{11,8} = 0,248 e^{-1.216,766}; x_{11,9} = 0,275 e^{i.61,021}; \\x_{11,10} &= 0,178 e^{-1.235,261}; x_{11,11} = 0,257 e^{i.95,308}.\end{aligned}$$

MATRICE [P]*Première colonne*

$$\begin{aligned}x_{1,1} &= 0,524; x_{2,1} = 0,410; x_{3,1} = 0,371; x_{4,1} = 0,350; x_{5,1} = 0,336; x_{6,1} = 0,322; \\x_{7,1} &= 0,309; x_{8,1} = 0,296; x_{9,1} = 0,283; x_{10,1} = 0,272; x_{11,1} = 0,261.\end{aligned}$$

Deuxième colonne

$$\begin{aligned}x_{1,2} &= 0,172 e^{i.400,983}; x_{2,2} = 0,161 e^{i.359,023}; x_{3,2} = 0,173 e^{i.317,062}; \\x_{4,2} &= 0,195 e^{i.275,101}; x_{5,2} = 0,223 e^{i.233,141}; x_{6,2} = 0,255 e^{i.191,180}; \\x_{7,2} &= 0,291 e^{i.149,219}; x_{8,2} = 0,333 e^{i.107,259}; x_{9,2} = 0,380 e^{i.65,298}; \\x_{10,2} &= 0,434 e^{i.23,337}; x_{11,2} = 0,496 e^{-i.18,623}.\end{aligned}$$

Troisième colonne

$$\begin{aligned}x_{1,3} &= 0,172 e^{-1.400,983}; x_{2,3} = 0,161 e^{-1.359,023}; x_{3,3} = 0,173 e^{-1.317,062}; \\x_{4,3} &= 0,195 e^{-1.275,101}; x_{5,3} = 0,223 e^{-1.233,141}; x_{6,3} = 0,255 e^{-1.191,180}; \\x_{7,3} &= 0,291 e^{-i.149,219}; x_{8,3} = 0,333 e^{-i.107,259}; x_{9,3} = 0,380 e^{-i.65,298}; \\x_{10,3} &= 0,434 e^{-1.23,337}; x_{11,3} = 0,496 e^{i.18,623}.\end{aligned}$$

Quatrième colonne

$$\begin{aligned}x_{1,4} &= 0,168 e^{i.720,282}; x_{2,4} = 0,161 e^{i.648,350}; x_{3,4} = 0,179 e^{i.576,418}; \\x_{4,4} &= 0,206 e^{i.504,486}; x_{5,4} = 0,242 e^{i.432,554}; x_{6,4} = 0,284 e^{i.360,622}; \\x_{7,4} &= 0,334 e^{i.288,690}; x_{8,4} = 0,392 e^{i.216,758}; x_{9,4} = 0,460 e^{i.144,826}; \\x_{10,4} &= 0,540 e^{i.72,894}; x_{11,4} = 0,634 e^{i.0,962}.\end{aligned}$$

Cinquième colonne

$$\begin{aligned}x_{1,5} &= 0,168 e^{-1.720,282}; x_{2,5} = 0,161 e^{-1.648,350}; x_{3,5} = 0,179 e^{-1.576,418}; \\x_{4,5} &= 0,206 e^{-i.504,486}; x_{5,5} = 0,242 e^{-1.432,554}; x_{6,5} = 0,284 e^{-i.360,622}; \\x_{7,5} &= 0,334 e^{-1.288,690}; x_{8,5} = 0,392 e^{-1.216,758}; x_{9,5} = 0,460 e^{-i.144,826}; \\x_{10,5} &= 0,540 e^{-1.72,894}; x_{11,5} = 0,634 e^{-i.0,962}.\end{aligned}$$

Sixième colonne

$$\begin{aligned}x_{1,6} &= 0,093 e^{i.1064,975}; x_{2,6} = 0,097 e^{i.960,255}; x_{3,6} = 0,118 e^{i.855,535}; \\x_{4,6} &= 0,149 e^{i.750,816}; x_{5,6} = 0,192 e^{i.646,096}; x_{6,6} = 0,246 e^{i.541,376}; \\x_{7,6} &= 0,317 e^{i.436,656}; x_{8,6} = 0,407 e^{i.331,936}; x_{9,6} = 0,523 e^{i.227,216}; \\x_{10,6} &= 0,672 e^{i.122,496}; x_{11,6} = 0,863 e^{i.17,776}.\end{aligned}$$

Septième colonne

$$\begin{aligned}x_{1,7} &= 0,093 e^{-1.1064,975}; x_{2,7} = 0,097 e^{-1.960,255}; x_{3,7} = 0,118 e^{-1.855,535}; \\x_{4,7} &= 0,149 e^{-i.750,816}; x_{5,7} = 0,192 e^{-1.646,096}; x_{6,7} = 0,246 e^{-i.541,376}; \\x_{7,7} &= 0,317 e^{-i.436,656}; x_{8,7} = 0,407 e^{-i.331,936}; x_{9,7} = 0,523 e^{-i.227,216}; \\x_{10,7} &= 0,672 e^{-i.122,496}; x_{11,7} = 0,863 e^{-i.17,776}.\end{aligned}$$

Huitième colonne

$$\begin{aligned}x_{1,8} &= 0,083 e^{i.1412,549}; x_{2,8} = 0,090 e^{i.1275,087}; x_{3,8} = 0,113 e^{i.1137,624}; \\x_{4,8} &= 0,148 e^{i.1000,162}; x_{5,8} = 0,197 e^{i.862,699}; x_{6,8} = 0,261 e^{i.725,237}; \\x_{7,8} &= 0,348 e^{i.587,774}; x_{8,8} = 0,462 e^{i.450,311}; x_{9,8} = 0,614 e^{i.312,849}; \\x_{10,8} &= 0,816 e^{i.175,386}; x_{11,8} = 1,085 e^{i.37,924}.\end{aligned}$$

Neuvième colonne

$$\begin{aligned}x_{1,9} &= 0,083 e^{-1.1412,549}; x_{2,9} = 0,090 e^{-1.1275,087}; x_{3,9} = 0,113 e^{-1.1137,624}; \\x_{4,9} &= 0,148 e^{-i.1000,162}; x_{5,9} = 0,197 e^{-i.862,699}; x_{6,9} = 0,261 e^{-i.725,237}; \\x_{7,9} &= 0,348 e^{-i.587,774}; x_{8,9} = 0,462 e^{-i.450,311}; x_{9,9} = 0,614 e^{-i.312,849}; \\x_{10,9} &= 0,816 e^{-i.175,386}; x_{11,9} = 1,085 e^{-i.37,924}.\end{aligned}$$

Dixième colonne

$$\begin{aligned}
 x_{1,10} &= 0,056 e^{i.1732,150}; x_{2,10} = 0,064 e^{i.1566,018}; x_{3,10} = 0,086 e^{i.1399,885}; \\
 x_{4,10} &= 0,121 e^{i.1233,753}; x_{5,10} = 0,171 e^{i.1067,620}; x_{6,10} = 0,243 e^{i.901,488}; \\
 x_{7,10} &= 0,344 e^{i.735,355}; x_{8,10} = 0,489 e^{i.569,222}; x_{9,10} = 0,693 e^{i.403,090}; \\
 x_{10,10} &= 0,983 e^{i.236,957}; x_{11,10} = 1,395 e^{i.70,825}.
 \end{aligned}$$

Onzième colonne

$$\begin{aligned}
 x_{1,11} &= 0,056 e^{-i.1732,150}; x_{2,11} = 0,064 e^{-i.1566,018}; x_{3,11} = 0,086 e^{-i.1399,885}; \\
 x_{4,11} &= 0,121 e^{-i.1233,753}; x_{5,11} = 0,171 e^{-i.1067,620}; x_{6,11} = 0,243 e^{-i.901,488}; \\
 x_{7,11} &= 0,344 e^{-i.735,355}; x_{8,11} = 0,489 e^{-i.569,222}; x_{9,11} = 0,693 e^{-i.403,090}; \\
 x_{10,11} &= 0,983 e^{-i.236,957}; x_{11,11} = 1,395 e^{-i.70,825}.
 \end{aligned}$$

Résumés

- 75-159 **BERNARD (G.)**. — **Adaptation de la microtechnique de fixation du complément au diagnostic de la peste équine.** *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1975, **28** (4) : 451-457.

Afin de déterminer rapidement l'immunité d'une population équine, il était nécessaire de posséder une méthode simple. L'auteur a fait une adaptation à la peste équine de la microtechnique de fixation du complément, en précisant les différents paramètres. Cette épreuve doit être utilisée pour une recherche statistique uniquement et pour des cas d'immunisation récente.

- 75-160 **CAISEY (P.), BALIS (J.)**. — **Dosage de l'humidité résiduelle des vaccins lyophilisés par le réactif de Karl Fischer. Technique et causes d'erreurs.** *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1975, **28** (4) : 459-462.

Les auteurs décrivent une technique rapide de dosage de l'humidité résiduelle des vaccins lyophilisés par le réactif de Karl Fischer.

- 75-161 **TOURE (S.M.), SEYDI (M.), SEYE (M.) et KEBE (B.)**. — **Valeur de la méthode d'immunofluorescence indirecte dans le diagnostic des trypanosomiases bovines et leur étude épizootologique.** *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1975, **28** (4) : 463-472.

Des épreuves d'immunofluorescence indirecte, pratiquées dans les trypanosomiases bovines, il ressort que cette méthode, quoique très sensible et utile dans les études d'épizootologie et les recherches sur les anticorps, a cependant un intérêt plus limité en matière de diagnostic du fait de l'impossibilité de déceler des infections précoces, des incertitudes quant aux espèces de trypanosomes en cause et aussi parce que la présence d'anticorps ne traduit pas nécessairement une infection présente.

- 75-162 **GRABER (M.)**. — ***Parabronema longispiculatum* n. sp., parasite stomacal de l'éléphant d'Afrique (*Loxodonta africana* Blumenbach, 1797).** *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1975, **28** (4) : 473-479.

Dans l'estomac de deux éléphants abattus près de N'Djamena (Fort-Lamy), République du Tchad, ont été recueillis de nombreux *Parabronema* qui, morphologiquement, se rapprochent de *Parabronema rhodesiense* Yorke et Maplestone, 1926.

Compte tenu des différences observées entre les deux types de parasites : plus grande longueur de l'œsophage, de la queue de la femelle et du spicule gauche du mâle; position de la vulve par rapport à la terminaison de l'œsophage, l'auteur considère que le *Parabronema* découvert au Tchad appartient à une nouvelle espèce, *Parabronema longispiculatum*, distincte de celle de Yorke et Maplestone.

Il donne également quelques renseignements sur les lésions observées.

- 75-163 **VASSILIADES (G.), TOURE (S.M.)**. — **Essais de traitement des strongyloses digestives du mouton en zone tropicale par le Tartrate de Morantel.** *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1975, **28** (4) : 481-489.

L'activité anthelminthique du Tartrate de Morantel a été expérimentée dans le traitement des strongyloses digestives sur 58 moutons du Sénégal naturellement infestés, à des doses comprises entre 5 mg/kg et 15 mg/kg, associé ou non à un

anticoccidien, en comparant les coprologies parasitaires faites avant et après traitements et les variations pondérales des animaux.

Les résultats obtenus indiquent qu'à 8 mg/kg, l'efficacité du Tartrate de Morantel est quasi totale, 14 jours après traitements, contre les Strongles digestifs avec une croissance pondérale correcte, mais qu'à cette dose et même à une dose supérieure, son efficacité n'est que partielle contre *Strongyloides*.

Par ailleurs, l'adjonction d'un anticoccidien au traitement anthelminthique paraît nécessaire pour obtenir un résultat optimal, du moins dans le cas particulier des moutons du Sénégal où l'incidence de la coccidiose est toujours très grave.

- 75-164 **DENIS (J. P.), THIONGANE (A. I.). — Note sur les facteurs conduisant au choix d'une saison de monte au C. R. Z. de Dara (Sénégal).** *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1975, 28 (4) : 491-497.

Afin de déterminer la période la plus favorable pour installer une saison de monte chez les zébus Gobra de la zone Nord du Sénégal, l'étude de la répartition naturelle des naissances, de la fréquence mensuelle des saillies, de l'âge au premier vêlage, de l'intervalle entre les vêlages en fonction du mois de naissance du produit, de l'évolution pondérale en fonction de l'époque de naissance chez les femelles et les produits, de la mortalité, de la commodité de gestion du troupeau, de la supplémentation alimentaire, a été abordée. Il en résulte que cette période de monte doit se situer de la mi-août à la fin novembre pour la région considérée.

- 74-165 **TIDORI (E.), SERRES (H.), RICHARD (D.), AJUZIUGU (J.). — Étude d'une population taurine de race Baoulé en Côte-d'Ivoire.** *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1975, 28 (4) : 499-511.

Les taurins Baoulé, les plus nombreux en Côte-d'Ivoire, sont trypanotolérants. Un troupeau a été élevé et contrôlé à Bouaké (région de savane soudano-guinéenne).

Le Baoulé est une petite race : 100 cm pour les mâles et 95 cm pour les femelles, au garrot. Mais la race montre son adaptation au milieu par une excellente fertilité, un âge au premier vêlage très précoce et une bonne résistance aux maladies. Les caractéristiques de la croissance sont étudiées.

La finition soit sur pâturage de *Stylosanthes guyanensis*, soit avec un aliment concentré permet d'obtenir une croissance plus rapide.

Les carcasses sont légères et peu grasses. Les mortalités les plus importantes sont dues à la diarrhée des veaux.

- 75-166 **LHOSTE (P.), PIERSON (J.). — Essais d'insémination artificielle au Cameroun, à l'aide de semence congelée importée. I. Insémination artificielle de femelles zébus en chaleurs naturellement.** *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1975, 28 (4) : 513-522.

Les auteurs présentent les résultats d'un programme de quatre ans d'insémination artificielle chez les femelles zébus de race locale venues naturellement en chaleur à l'aide de semence congelée de races diverses d'importation.

La fécondité moyenne rapportée au nombre de vaches inséminées s'établit à 51 p. 100 en gestations contrôlées et à 47 p. 100 en veaux nés viables. Certaines races se sont montrées plus fécondantes que d'autres. Le prix de revient du veau d'insémination, plus élevé que celui de race locale, varie parfois sensiblement suivant la provenance et la race donneuse.

Le recours à l'insémination artificielle à l'aide de semence congelée leur paraît justifié, surtout en matière de production laitière.

- 75-167 **VALLERAND (F.), BRANCKAERT (R.). — La race ovine Djallonké au Cameroun. Potentialités zootechniques, conditions d'élevage, avenir.** *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1975, 28 (4) : 523-545.

Les auteurs ont poursuivi pendant neuf ans l'étude et la sélection du mouton Djallonké à la station de Nkolbisson située à 10 km de Yaoundé (Cameroun) et à travers de multiples enquêtes dans de nombreuses régions de l'Ouest et du Centre Cameroun. Les informations et résultats obtenus, tant sur les plans zootechnique et vétérinaire que dans le domaine socio-économique, laissent entrevoir les grandes possibilités d'amélioration recélées par cette race. Cependant, compte tenu des conditions économiques actuelles, l'élevage intensif du mouton Djallonké ne s'avère guère rentable. Par ailleurs, il conviendrait d'améliorer le potentiel laitier des brebis et ceci pourrait, à l'avenir, être réalisé par l'infusion de sang exotique provenant d'une race prolifique et laitière, telle la race Romanov.

- 75-168 TACHER (G.). — Notes sur la démographie bovine au Sahel. I. Représentation et projection théoriques du troupeau par un modèle mathématique. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1975, 28 (4) : 547-569.

L'auteur propose de représenter le troupeau sahélien par un modèle mathématique matriciel permettant de réaliser facilement des projections. Après convergence vers l'état stable, l'équation caractéristique de la matrice est discutée; elle permet de retrouver, sous forme mathématique, ce qui est connu depuis fort longtemps par les techniciens de l'Élevage, à savoir les actions à mener par ordre de priorité pour accroître la productivité du cheptel.

- 75-169 TACHER (G.). — Notes sur la démographie bovine au Sahel. II. Représentation et projection théoriques du troupeau par un modèle mathématique après une catastrophe. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1975, 28 (4) : 571-595.

L'auteur, utilisant un modèle mathématique matriciel étudié dans un travail antérieur, propose à partir de toutes les racines de l'équation caractéristique de la matrice de représenter la composition du troupeau femelle bovin soumis à une catastrophe par une combinaison de vecteurs propres associés permettant de suivre dans le temps les évolutions de la population totale et des différentes classes d'âge.

Il illustre le modèle théorique par une application pratique dont les chiffres sont tirés de la récente sécheresse ayant dévasté les troupeaux sahéliens.

Table des auteurs

Année 1975

- Les chiffres en caractères gras indiquent la page des articles originaux.
- Les chiffres en caractères maigres indiquent la page et entre parenthèses le numéro des analyses.

A

ABBISS (T. P.), 446 (152).
 ADAM (K. M. G.), 88 (21).
 ADAUDI (A. O.), 446 (150).
 ADRIANSENS (J. P.), **17**
 AFCHAIN (D.), 441 (133).
 AGBA (K. M.), **331**.
 AJUZIUGU (J.), **499**.
 AKBARZADEH (J.), 437 (119).
 AL DOORI (T. M.), 85 (9).
 ALI (K. E.), 274 (91).
 ALLAN (W. H.), 280 (107).
 AMAKIRI (S. F.), 278 (101)
 ANDERSON (R. H.), 97 (54).
 ANOSA (V. O.), 88 (22).
 ASLANJAN (R. G.), 438 (122).
 AYNAUD (J. M.), 266 (60).

B

BABATUNDE (G. M.), 95 (45); 275 (94);
 276 (95).
 BAHRAMI (S.), 84 (4).
 BALIS (J.), **459**.
 BARRE (N.), **105**.
 BERCOVIER (H.), 273 (83).
 BERNARD ((G.), **451**.
 BERTELE (F.), **17**.
 BLANCOU (J.), **1**; **133**; 268 (68); **297**.
 BLAND (P.), 270 (71).
 BOUCHET (A.), **133**.
 BOUDET (G.), 448 (158).
 BOUFFET (P.), **315**.
 BOUSQUET (P.), 95 (47).

BRADY (J.), 443 (138).
 BRAHAM (J. E.), 277 (98).
 BRANCKAERT (R.), **523**.
 BRESSANI (R.), 93 (42); 276 (96); 277 (97);
 277 (98).
 BRICOUT (F.), 448 (157).
 BROADBENT (M. P.), 445 (147).
 BROCKLESBY (D. W.), 270 (71).
 BROWN (C. G. D.), 87 (18); 269 (70); 270
 (71); 440 (130).
 BULHOES (M. S.), 89 (26).
 BURRIDGE (M. J.), 87 (18); 87 (19); 269
 (70); 440 (130).
 BÜTTIKER (W.), **115**; **125**; **319**.
 BUYS (B.), 97 (54).

C

CABANIS (Y.), **79**.
 CABARET (J.), **409**.
 CABEZAS (M. T.), 93 (42); 94 (43).
 CAISEY (P.), **459**.
 CALVET (H.), **419**.
 CANOPE (I.), 93 (40).
 CAPRON (A.), 441 (133).
 CARBREY (E. A.), 436 (114); 436 (115).
 CARMICHAEL (I. H.), 437 (120).
 CARR (W. R.), 90 (27).
 CASALS (J.), 85 (8).
 CASTLETON (C.), 89 (26).
 CAUSEY (O. R.), 85 (8); 267 (63).
 CERNYSEVA (M. I.), 438 (122).
 CHALLIER (A.), 273 (86).
 CHATELAIN (R.), 268 (68).
 CHENEAU (Y.), **1**.

CHENOST (M.), 95 (47).
 CLARKSON (M. J.), 442 (135).
 CONDAT (M.), 87 (16).
 COPLAND (J. W.), 83 (3).
 CORDELLIER (R.), 84 (5).
 CORNET (R.), **301**.
 CORTHIER (G.), 266 (60); 436 (116).
 CRAWFORD (J. G.), 87 (18).
 CUQ (P.), **331**.

D

DADANT (R.), 279 (104).
 DAR (F. K.), 441 (132).
 DAVIES (F. G.), 267 (62).
 DAYNES (P.), **133**.
 DEBOER (C. J.), 85 (7); 267 (64).
 DEMBELLE (M.), **9**.
 DENIS (J. P.), **491**.
 DIALLO (S.), **419**.
 DIGOUTTE (J. P.), 84 (5).
 DIPEOLU (O. O.), 91 (34).
 DODIN (A.), 86 (15).
 DOUTRE (M. P.), **21**.
 DREVEMO (S.), 265 (58).
 DUBOIS (P.), **235**.
 DUBRAY (G.), 438 (123).
 DUREUX (J. B.), 280 (109).

E

EDELSTEN (R. M.), 83 (1).
 ENYENIHI (U. K.), 92 (38).
 ERICKSON (G. A.), 435 (113).
 EUZEBY (J.), 90 (28).

F

FENSTERBANK (R.), 439 (124).
 FERRANDO (R.), 93 (41).
 FERRY (R.), 86 (15).
 FETUGA (B. L.), 95 (45); 275 (94); 276 (95).
 FRANTI (C. E.), 268 (65).
 FREZIL (J. L.), 271 (74).
 FRIOT (D.), **315**; **419**.
 FROMENTIN (H.), 272 (78); 272 (79).
 FRUIT (J.), 441 (133).
 FUENTE (G. de la), 277 (97).

G

GALICHER (C.), 266 (60); 436 (116).
 GASSOUMA (M. S.), 444 (142).

GATE (M.), 268 (68).
 GAUTIER (A.), 280 (108).
 GAUTIER (F.), 93 (41).
 GELFI (J.), 266 (60); 436 (116).
 GENDRON (Y.), 87 (16).
 GILBERT (B.), 89 (26).
 GINISTY (L.), **217**.
 GODA (F. F. M.), 274 (89).
 GONZALEZ (J. M.), 93 (42); 276 (96); 277 (98).
 GRABER (M.), 90 (28); **137**; **311**; **473**.
 GRANADO (A.), 92 (36).
 GRANIER (P.), **79**.
 GRAVES (I. L.), 436 (117).
 GREIG (A.), 266 (61).
 GROOTENHUIS (J. G.), 265 (58).
 GRUVEL (J.), **27**; **41**; **49**; **153**; **173**; **195**.
 GUDIÉL (H.), 277 (97).

H

HAAS (P.), **9**.
 HALPIN (B.), 447 (156).
 HAMMOND (J. A.), 97 (53); 444 (141).
 HANSEN (K. K.), 446 (153).
 HAUMESSER (J. B.), **225**.
 HAYMAN (R. H.), 278 (102).
 HAZRATI (A.), 84 (4).
 HEBRARD (G.), 84 (6).
 HENRY (N.), 93 (41).
 HESS (W. R.), 85 (7); 267 (64).
 HOLMES (P. H.), 442 (134).
 HOOSMAND-RAD (P.), 440 (128).
 HUNTER (A. G.), 437 (120).
 HURAU (J. M.), 448 (157).
 HUSSEIN (M. F.), 274 (91); 444 (142).
 HUTTON (E. M.), 279 (106).

I

IMBABI (S. E.), 274 (91).
 ISOUN (T. T.), 88 (22).

J

JANSSENS (A. G.), 442 (136).
 JARQUIN (R.), 94 (43); 276 (96); 277 (98).
 JASSIM (F. A.), 85 (9).
 JENNEY (E. W.), 436 (115).
 JENNI (L.), 91 (33).
 JESSETT (D. M.), 265 (58).

JOHANNSMEIERS (M. F.), 97 (54).
 JONES (L. M.), 438 (123).
 JONES (R. C.), 437 (118).
 JOUBERT (L.), 448 (157).

K

KARSTAD (L.), 265 (58).
 KEBE (B.), 463.
 KEMP (G. B.), 267 (63).
 KEMP (G. E.), 85 (8).
 KENDRICK (J. W.), 268 (65).
 KLEIN (J. M.), 84 (6).
 KNJAZENA (E. N.), 438 (122).
 KRESSE (J. I.), 436 (114); 436 (115).
 KUTUZA (S. B.), 271 (76).

L

LANCASTER (J. E.), 280 (107).
 LAPWORTH (J. W.), 96 (48).
 LATIF (B. M. A.), 88 (21).
 LAVEISSIERE (C.), 273 (85); 273 (86).
 LE DIVIDICH (J.), 93 (40).
 LEDGER (M. A.), 269 (69).
 LEE (V. H.), 85 (8).
 LEFEVRE (P. C.), 103; 283.
 LE RAY (D.), 441 (133).
 LETENNEUR (L.), 239.
 LEUNEN (J.), 83 (2).
 LHOSTE (P.), 217; 513.
 LOSOS (G. J.), 271 (76).
 LUND (L. J.), 267 (62).

M

MACADAM (R. F.), 89 (24); 89 (25).
 McFARLANE (J. S.), 446 (152).
 MCGILL (L. D.), 438 (121).
 McKENNA (R. B.), 442 (135).
 MACLEOD (J.), 90 (27).
 Mac LEOD (W. G.), 97 (53).
 MADBOULY (M. H.), 85 (8).
 MAGNUS (E.), 442 (136).
 MAIKANO (A.), 13.
 MAILLARD (J. C.), 61.
 MAILLOT (L.), 143.
 MAMO (E.), 442 (134).
 MARE (C. J.), 435 (113).
 MARLY (J.), 438 (123).
 MARTEL (J. L.), 283; 287.

MATEVA PENKOVA (V.), 85 (9).
 MEBUS (C. A.), 438 (121).
 MESSENGER (J. C.), 239.
 MIRCHAMSY (H.), 84 (4); 437 (119).
 MITAT (J.), 92 (35).
 MOLINA (M. R.), 277 (97).
 MOLLARET (H. H.), 273 (83).
 MOLOO (S. K.), 270 (73); 271 (76).
 MOLYNEUX (D. H.), 273 (84).
 MOORE (D. L.), 85 (8); 267 (63).
 MORDI (R.), 278 (101).
 MOSTAGEER (A.), 96 (49).
 MSHELBWALA (A. S.), 271 (75).
 MURILLO (B.), 94 (43); 276 (96).
 MUSHI (E. Z.), 265 (58).

N

NAZARI (P.), 84 (4); 437 (119).
 N'DIAYE (L.), 93 (41).
 NELSON (G. S.), 444 (142).
 NICOLET (J.), 115; 125; 319.
 NUR (O. A.), 444 (142).

O

OBATON (M.), 279 (105).
 OBEIDAH (A.), 96 (49).
 OKUNA (N.), 266 (59).
 OMWOYO (P. L.), 269 (69).
 ORDAS (A.), 85 (7).
 OSTERHOFF (D. R.), 92 (37).
 OTEMA (J. C.), 265 (58).
 OVEJERO (J.), 85 (7).
 OWEN (J. E.), 97 (52).
 OYENUGA (V. A.), 95 (45); 275 (94); 276 (95).

P

PAN (I. C.), 85 (7); 267 (64).
 PARDON (P.), 439 (124).
 PARIS (J.), 441 (132).
 PAYNE (R. G.), 270 (71); 440 (130).
 PEGRAM (R. G.), 89 (23).
 PENHALE (W. J.), 442 (135).
 PERNES (J.), 239.
 PERON (N.), 94 (44).
 PERREAU (P.), 21.
 PERRY (C. T.), 266 (61).
 PIDGEN (W. J.), 275 (93).
 PIECHAUD (M.), 268 (68).

PIERSON (J.), 217; 513.
 PIOT (J.), 67; 427.
 PLOMMET (M.), 439 (124).
 PLOWRIGHT (W.), 266 (61).
 POTGIETER (F. T.), 440 (129).
 PROVOST (A.), 9; 13; 297.
 PURNELL (R. E.), 269 (69); 269 (70); 270 (71); 440 (130).
 PYAKURAL (S.), 436 (117).

Q

QUATERMAIN (A. R.), 445 (147).

R

RAMISSE (J.), 268 (68).
 REID (H. W.), 266 (59).
 RENE (J.), 239.
 RENE-CHAUME (R.), 239.
 RHODES (M. B.), 438 (121).
 RICHARD (D.), 499.
 RIPPSTEIN (G.), 427.
 ROBERGE (G.), 239.
 ROBERTS (D. H.), 439 (125).
 ROBIN (Y.), 84 (5).
 ROBL (M. G.), 305.
 RODRIGUEZ (A.), 92 (35).
 RODRIGUEZ (B.), 94 (44).
 RODRIGUEZ (V.), 94 (44).
 RONDA (R.), 92 (35).
 ROSALES (F. A.), 277 (98).
 ROWE (L.), 265 (58).
 ROY (R. M.), 447 (155).
 RUDDER (T. H.), 96 (48).
 RWEYEMANU (M. M.), 265 (58); 266 (59).

S

SALAUN (J. J.), 84 (6).
 SANCHEZ (M. C.), 85 (7).
 SANCHEZ BOTIJA (C.), 85 (7).
 SANE (M.), 21.
 SCHILLHORN VAN VEEN (T.), 305.
 SCOTT (J. M.), 89 (23).
 SCUDAMORE (J. M.), 439 (126).
 SEIFFERT (G. W.), 96 (48).
 SERRES (H.), 235; 297; 499.
 SETZER (H. W.), 267 (63).
 SEWELL (M. M. H.), 444 (141).

SEYDI (M.), 463.
 SEYE (M.), 463.
 SHAFIE (M. M.), 96 (49).
 SHAFYI (A.), 84 (4); 437 (119).
 SHALO (P. L.), 446 (153).
 SHUKLA (S. S.), 447 (155).
 SIROL (J.), 87 (16).
 SMITH (A. J.), 97 (51).
 SMITH (K.), 270 (71).
 SNYDER (M. L.), 436 (114); 436 (115).
 SOLTYS (M. A.), 272 (77).
 SOUSA (V. O.), 436 (117).
 SPOONER (R. L.), 90 (27).
 STAGG (D. A.), 87 (19).
 STAIR (E. L.), 438 (121).
 STEIGER (R.), 91 (33).
 STEWART (W. C.), 436 (114); 436 (115).
 STURROCK (R. F.), 90 (29).

T

TACHER (G.), 547; 571.
 TAGER-KAGAN (P.), 137.
 TARTOUR (G.), 274 (91); 446 (151).
 TESSLER (J.), 85 (7); 267 (64).
 THIONGANE (A. I.), 491.
 THOMPSON (J. R.), 85 (9).
 THOMPSON (S. M. R.), 272 (77).
 TIDORI (E.), 499.
 TODOROVIC (R. A.), 88 (20).
 TOTH (B.), 280 (107).
 TOURE (S. M.), 315; 463; 481.
 TRAN THE THONG, 96 (50).
 TRAUTMAN (R.), 85 (7); 267 (64).
 TWIEHAUS (M. J.), 438 (121).

U

UILENBERG (G.), 405.
 UNDERDAHL (N. R.), 438 (121).

V

VALLERAND (F.), 523.
 VAN MEIRVENNE (N.), 441 (133); 442 (136).
 VAN VUUREN (A. S.), 440 (129).
 VASSILIADES (G.), 274 (90); 315; 481.
 VERGER (J. M.), 268 (68).
 VERHULST (A.), 301.
 VERSILOVA (P. A.), 438 (122).

W

WANE (M.), 419.
WELLEMANS (G.), 83 (2).
WESSMAN (S. J.), 436 (115).
WIESENHUTTER (E.), 441 (131).
WILLIAMSON (J.), 89 (24); 89 (25).
WILSON (A. J.), 441 (132).
WINDSOR (R. S.), 439 (125).

WOO (P. T. K.), 272 (77).
WOOLF (B.), 90 (27).

Y

YESUFU (H. M.), 271 (75).
YOUDEOWEI (A.), 443 (137).
YOUNG (A. S.), 87 (19); 440 (130).

Table des matières

Année 1975

ALIMENTATION

75- 39.	PIOT (J.). — Complémentations alimentaires en élevage semi-extensif sur savanes soudano-guinéennes d'altitude au Cameroun	1	67
75- 40.	LE DIVIDICH (J.), CANOPE (I.). — Valeur alimentaire de la farine de banane et de manioc dans le régime du porcelet sevré à cinq semaines : influence du taux de protéines de la ration	1	93
75- 41.	FERRANDO (R.), N'DIAYE (L.), GAUTIER (F.) et HENRY (N.). — Effets, chez le caneton, de régimes renfermant du tourteau d'arachide contenant des aflatoxines en association ou non avec du DDT ou du phénobarbital. Comparaison avec un régime à base de soja	1	93
75- 42.	CABEZAS (M. T.), GONZALEZ (J. M.), BRESSANI (R.). — Pulpe et parche de café. V. Absorption et rétention d'azote chez des veaux alimentés avec des rations à base de pulpe de café	1	93
75- 43.	CABEZAS (M. T.), MURILLO (B.), JARQUIN (R.) et Collab. — Pulpe et parche de café. VI. Accoutumance des bovins à la pulpe de café.	1	94
74- 44.	RODRIGUEZ (V.), RODRIGUEZ (B.), PERON (N.). — Influence de l'addition de fourrage vert dans une ration intégrale à base de pulpe d'orange déshydratée sur le comportement des jeunes veaux	1	94
75- 45.	BABATUNDE (G. M.), FETUGA (B. L.), OYENUGA (V. A.). — Etudes comparées sur l'influence, dans la ration, de différents types de graisses sur les performances et les caractéristiques des carcasses de porcs en croissance sous les tropiques	1	95
75- 92.	LHOSTE (Ph.), PIERSON (J.), GINISTY (L.). — Essai d'engraissement de bœufs zébus à partir des farines basses de riz du Nord-Cameroun	2	217
75- 93.	PIDGEN (W. J.). — La canne à sucre décortiquée dans l'alimentation animale. Une innovation de premier plan	2	275
75- 94.	FETUGA (B. L.), BABATUNDE (G. M.), OYENUGA (V. A.). — Taux de protéines des rations pour porcs européens sous les tropiques. I. Effet d'une complémentation en méthionine sur les besoins en protéines des porcs en croissance	2	275
75- 95.	FETUGA (B. L.), BABATUNDE (G. M.), OYENUGA (V. A.). — Les taux protéiques des rations pour porcs européens sous les tropiques. II. Effet d'une complémentation en lysine et méthionine sur les besoins protéiques des porcs en croissance	2	276
75- 96.	JARQUIN (R.), MURILLO (B.), GONZALEZ (J. M.), BRESSANI (R.). — Pulpe et parche de café. VII. Utilisation de parche de café dans l'alimentation des ruminants	2	276

75- 97.	MOLINA (M. R.), FUENTE (G. de la), GUDIÉL (H.), BRESSANI (R.). — Pulpe et parche de café. VIII. Etudes de base sur la déshydratation de la pulpe de café	2	277
75- 98.	JARQUIN (R.), ROSALES (F. A.), GONZALEZ (J. M.), BRAHAM (J. E.), BRESSANI (R.). — Pulpe et parche de café. IX. Utilisation de pulpe dans l'alimentation des porcs en croissance finition	2	277
75-148.	CABARET (J.). — Premiers essais d'embouche de zébus en Haute-Volta	3	409
75-149.	FRIOT (D.), CALVET (H.), DIALLO (S.), WANE (M.). — Tourteau d'arachide détoxifié dans l'alimentation des volailles	3	419
75-150.	ADAUDI (A. O.). — Empoisonnement de chèvres par <i>Dichapeltatum barteri</i>	3	446
75-151.	TARTOUR (G.). — Etat du cuivre chez le bétail, dans le pâturage et le sol dans l'Ouest du Soudan	3	446

ANATOMIE

75-146.	CUQ (P.), AGBA (K. M.). — Les organes génitaux de la femelle zébu	3	331
---------	---	---	-----

BIBLIOGRAPHIE

75- 54.	ANDERSON (R. H.), BUYS (B.), JOHANNSMIEIER (M. F.). — Apiculture en Afrique du Sud	1	97
75- 55.	La steppe algérienne	1	98
75-107.	ALLAN (W. H.), LANCASTER (J. E.), TOTH. (B.). — The production and use of Newcastle disease vaccines	2	280
75-108.	GAUTIER (A.). — Les examens de laboratoire en pratique vétérinaire	2	280
75-109.	DUREUX (J. B.) et Collab. — La rage	2	280
75-156.	HALPIN (B.). — Patterns of animal disease	3	447
75-157.	BRICOUT (F.), JOUBERT (L.), HURAU (J. M.). — Diagnostic séro-immunologique des viroses humaines et animales	3	448
75-158.	BOUDET (G.). — Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères	3	448

BIOCHIMIE

75- 35.	RONDA (R.), MITAT (J.), RODRIGUEZ (A.). — Etude du système B des groupes sanguins chez des bovins Holstein à Cuba	1	92
75- 36.	GRANADO (A.). — Polymorphisme biochimique chez des hybrides F 1 <i>Bos indicus</i> - <i>Bison bonasus</i>	1	92
75- 37.	OSTERHOFF (D. R.). — Groupes sanguins chez les chevaux	1	92
75- 38.	ENYENIHI (U. K.). — Fréquences géniques et phénotypie des hémoglobines polymorphes des races caprines au Nigéria	1	92

DIVERS

75- 53.	HAMMOND (J. A.) et MAC LEOD (W. G.). — Conception et construction de laboratoires de recherches vétérinaires en régions tropicales et subtropicales	1	97
---------	---	---	----

ENTOMOLOGIE

75- 30.	GRUVEL (J.). — données générales sur l'écologie de <i>Glossina tachinoides</i> Westwood 1850, dans la réserve de Kalamaloué, vallée du bas-Chari. I.	1	27
75- 31.	GRUVEL (J.). — Vie pré-imaginale de <i>Glossina tachinoides</i> West. : larve libre, pupaison, lieux de ponte. II	1	41
75- 32.	GRUVEL (J.). — Nutrition de <i>Glossina tachinoides</i> West. III	1	49
75- 33.	JENNI (L.) et STEIGER (R.). — Particules de <i>Glossina fuscipes fuscipes</i> ressemblant aux virus	1	91
75- 34.	DIPEOLU (O. O.). — Incidence des tiques (<i>Boophilus</i> spp) sur les bovins, les moutons et les chèvres au Nigéria	1	91
75- 80.	GRUVEL (J.). — Lieux de repos de <i>Glossina tachinoides</i> W	2	153
75- 81.	GRUVEL (J.). — Activités de <i>Glossina tachinoides</i> W	2	173
75- 82.	GRUVEL (J.). — Structure des populations de <i>Glossina tachinoides</i> W. à la réserve de Kalamaloué	2	195
75- 83.	BERCOVIER (H.), MOLLARET (H. H.). — Une technique simple d'élevage de tiques sur les micromammifères	2	273
75- 84.	MOLYNEUX (D. H.). — Infections expérimentales de Glossines par des trypanosomes aviaires	2	273
75- 85.	LAVEISSIERE (C.). — Essais d'amélioration de la technique d'élevage de <i>Glossina palpalis gambiensis</i> Vanderplank en Afrique occidentale	2	273
75- 86.	CHALLIER (A.), LAVEISSIERE (C.). — Un nouveau piège pour la capture des glossines. (<i>Glossina</i> : <i>Diptera</i> , <i>Muscidae</i>): description et essais sur le terrain	2	273
75-137.	YOUDEOWEI (A.). — Une technique simple pour observer et recueillir la salive de mouche tsé-tsé	3	443
75-138.	BRADY (J.). — Représentation de l'activité spontanée chez <i>Glossina morsitans</i> Westw. (A basses températures)	3	443
75-139.	BUTTIKER (W.), NICOLET (J.). — Observations complémentaires sur les lépidoptères ophtalmotropes en Afrique occidentale	3	319
75-140.	UILENBERG (G.). — La tique <i>Amblyomma variegatum</i> (<i>Ixodidae</i>) apparemment résistante à l'arsenic à Madagascar	3	405

MALADIES BACTÉRIENNES

75- 10.	CHENEAU (Y.), BLANCOU (J.). — Valeurs comparées du B.C.G. vivant ou tué et du bacille de Koch trypsiné dans l'immunisation des zébus contre la tuberculose	1	1
75- 11.	BERTELE (F.), ADRIANSENS (J. P.). — Isolement de <i>Salmonella nairobi</i> d'un zébu Indu-Brasil en République du Zaïre	1	17
75- 12.	DOUTRE (M. P.), PERREAU (P.), SANE (M.). — Note sur le portage buccal de <i>Pasteurella multocida</i> chez les chats vivant dans l'agglomération dakaroise	1	21
75- 13.	PROVOST (A.), HAAS (P.), DEMBELLE (M.). — Premiers cas au Tchad de botulisme animal (type C) : intoxication de dromadaires par l'eau d'un puits	1	9
75- 14.	MAILLARD (J. C.). — Recherche du pouvoir pathogène de <i>Bacillus thuringiensis</i> sur les glossines (<i>Diptera Muscidae</i>) Etude sur <i>Glossina tachinoides</i> en République du Tchad	1	61
75- 15.	DODIN (A.), FERRY (R.). — Recherches épidémiologiques du bacille de Whitmore en Afrique	1	86

75- 16.	SIROL (J.), GENDRON (Y.) et CONDAT (M.). — Le charbon humain en Afrique. Réflexions à partir de vingt-deux nouveaux cas observés en Haute-Volta	1	87
75- 66.	NICOLET (J.), BÜTTIKER (W.). — Observations sur la kératoconjunctivite infectieuse du bovin en Côte d'Ivoire. 1. Aspects microbiologiques	2	115
75- 67.	NICOLET (J.), BÜTTIKER (W.). — Observations sur la kératoconjunctivite infectieuse du bovin en Côte d'Ivoire. II. Etude sur le rôle vecteur des lépidoptères ophthalmotropes	2	125
75- 68.	VERGER (J. M.), GATE (M.), PIECHAUD (M.), CHATELAIN (R.), RAMISSE (J.) et BLANCOU (J.). — Isolement de <i>Brucella suis</i> biotype 5 à Madagascar, chez une chienne. Validité du nom d'espèce <i>Brucella canis</i>	2	268
75-122.	VERSILOVA (P. A.), CERNYSEVA (M. I.), ASLANJAN (R. G.) et KNJAZEVA (E. N.). — Diagnostic de la brucellose humaine et animale par l'épreuve d'hémagglutination indirecte	3	438
75-123.	JONES (L. M.), DUBRAY (G.), MARLY (J.). — Comparaison des méthodes de diagnostic de l'infection à <i>Brucella ovis</i> du bétail	3	438
75-124.	FENSTERBANK (R.), PLOMMET (M.), PARDON (P.). — Traitement de la brucellose bovine par l'oxytétracycline	3	439

MALADIES A PROTOZOAIRES

75- 17.	PROVOST (A.), MAIKANO (A.). — Note clinique : un cas de globidiose cutanée bovine	1	13
75- 18.	BURRIDGE (M. J.), BROWN (C. G. D.), CRAWFORD (J. G.) et Collab. — Etude préliminaire sur une souche atypique de <i>Theileria</i> des bovins isolée au Kenya	1	87
75- 19.	BURRIDGE (M. J.), YOUNG (A. S.), STAGG (D. A.) et Collab. — Theilériose à <i>Th. lawrencei</i> du bovin et du buffle africain : Evaluation d'un antigène schizonte de culture de cellule de buffle par le test indirect des anticorps fluorescents	1	87
75- 20.	TODOROVIC (R. A.). — Diagnostic sérologique de la babésiose : Revue	1	88
75- 69.	PURNELL (R. E.), LEDGER (M. A.), OMWOYO (P. L.) et Collab. — <i>Theileria parva</i> : variation du taux d'infection de la tique vectrice, <i>Rhipicephalus appendiculatus</i>	2	269
75- 70.	PURNELL (R. E.), BROWN (C. G. D.), BURRIDGE (M. J.) et Collab. — Theilériose : Irradiation au ⁶⁰ CO de <i>Theileria parva</i> chez son vecteur, <i>Rhipicephalus appendiculatus</i>	2	269
75- 71.	SMITH (K.), BROCKLESBY (D. W.), BLAND (P.), PURNELL (R. E.), BROWN (C. G. D.) et PAYNE (R. C.). — Ultrastructure des stades intra-érythrocytaires de <i>Theileria gorgonis</i> et d'une souche d' <i>Anaplasma marginale</i> isolés d'un gnou (<i>Connochaetes taurinus</i>)	2	270
75-127.	VERHULST (A.), CORNET (R.). — La balantidiose du porc en République du Zaïre et son traitement par le niridazole (Ambilhar)	3	301
75-128.	HOOSHMAND-RAD (P.). — Quelques facteurs affectant les caractéristiques de développement de <i>Theileria annulata</i> infectant les cellules lymphoïdes en culture en suspensions	3	440
75-129.	POTGIETER (F. T.), VAN VUUREN (A. S.). — Transmission de <i>Babesia bovis</i> par utilisation de matériel congelé obtenu à partir de larves de <i>Boophilus microplus</i>	3	440
75-130.	PURNELL (R. E.), YOUNG (A. S.), BROWN (C. G. D.), BURRIDGE (M. J.), PAYNE (R. C.). — Infectivité comparée pour le bétail de stablats de <i>Theileria lawrencei</i> (Serengeti) provenant de nymphes et d'adultes de tiques	3	440

- 75-131. WIESENHUTTER (E.). — Recherches sur la relative importance de Tabanidés dans la transmission mécanique de la maladie : III. Epidémiologie de l'anaplasmose dans une ferme laitière de Dar-es-Salaam 3 441

MALADIES A VIRUS

- 75- 2. WELLEMANS (G.), LEUNEN (J.). — La rhinotrachéite infectieuse des bovins (I. B. R.) et sa sérologie 1 83
- 75- 3. COPLAND (J. W.). — Variole porcine en Papouasie (Nouvelle Guinée) 1 83
- 75- 4. MIRCHAMSY (H.), HAZRATI (A.), BAHRAMI (S.), SHAFYI (A.) NAZARI (P.). — Préparation de nouveaux vaccins de culture cellulaire contre la peste équine africaine 1 84
- 75- 5. DIGOUTTE (J. P.), CORDELLIER (R.), ROBIN (Y.) et Collab. — Le virus Zinga (Ar B 1976, nouveau prototype d'arbovirus isolé en République Centrafricaine 1 84
- 75- 6. SALAUN (J. J.), KLEIN (J. M.), HEBRARD (G.). — Un nouveau virus, Phnom-Penh bat virus, isolé au Cambodge chez une chauve-souris frugivore, *Cynopterus brachyotis angulatus*, Miller 1898 1 84
- 75- 7. PAN (I. C.), TRAUTMAN (R.), HESS (W. R.), DEBOER (C. J.), TESSLER (J.), ORDAS (A.), SANCHEZ BOTIJA (C.), OVEJERO (J.), SANCHEZ (M. C.). — La peste porcine africaine : comparaison de quatre tests sérologiques sur des sérums de porc en Espagne 1 85
- 75- 8. LEE (V. H.), KEMP (G. E.), MADBOULY (M. H.), MOORE (D. L.), CAUSEY (O. R.), CASALS (J.). — Le virus Jos, nouvel agent transmis par les tiques au Nigéria 1 85
- 75- 9. MATEVA PENKOVA (V.), JASSIM (F. A.), THOMPSON (J. R.), ALDOORI (T. M.). — La culture d'un virus claveleux atténué et son emploi comme vaccin 1 85
- 75- 56. LEFEVRE (P. C.). — Note sur la rhinotrachéite infectieuse des bovins en Ethiopie : enquête sérologique préliminaire 2 103
- 75- 57. BARRE (N.). — Une infection variolique de *Quelea Quelea* (L) (*Passeriformes, Ploceinae*) 2 105
- 75- 58. RWEYEMANU (M. M.), KARSTAD (L.), MUSHI (E. Z.), OTEMA (J. C.), JESSETT (D. M.), ROWE (L.), DREVEMO (S.) et GROOTENHUIS (J. G.). — Le virus du coryza gangréneux dans les sécrétions nasales des gnous : un mécanisme probable de la transmission de la maladie 2 265
- 75- 59. RWEYEMANU (M. M.), REID (H. W.) et OKUNA (N.). — Observations sur le comportement du virus bovipestique chez des animaux immuns testés par voie nasale 2 266
- 75- 60. CORTHIER (G.), AYNAUD (J. M.), GALICHER (Ch.) et GELFI (J.). — Activité antigénique comparée de deux togavirus : le virus de la peste porcine et le virus de la maladie des muqueuses 2 266
- 75- 61. PLOWRIGHT (W.), PERRY (C. T.), GREIG (A.). — Transmission sexuelle du virus de la peste porcine africaine chez la tique *Ornithodoros moubata porcinus*, Walton 2 266
- 75- 62. DAVIES (F. G.) et LUND (L. J.). — L'application des méthodes d'immunofluorescence au virus de la peste équine africaine 2 267
- 75- 63. KEMP (G. B.), CAUSEY (O. R.), SETZER (H. W.), MOORE (D. L.). — Isolements de virus chez les mammifères sauvages en Afrique occidentale, 1966-1970 2 267
- 75- 64. PAN (I. C.), TRAUTMAN (R.), HESS (W. R.), DEBOER (C. J.) et TESSLER (J.). — Peste porcine africaine : détection des anticorps par la méthode d'immunodiffusion radiale simple inversée 2 267

75- 65.	KENDRICK (J. W.) et FRANTI (C. E.). — Diarrhée virale bovine : déclin du taux d'anticorps d'origine colostrale chez les veaux	2	268
75-110.	LEFEVRE (P. C.), MARTEL (J. L.). — La maladie de Newcastle en Ethiopie : étude d'une souche	3	283
75-111.	MARTEL (J. L.). — Etude sérologique comparative des principales souches de virus aphteux isolés en Ethiopie de 1969 à 1974	3	287
75-112.	BLANCOU (J.), PROVOST (A.), SERRES (H.). — Enquête épidémiologique sur la maladie des muqueuses : absence de la maladie à Madagascar	3	297
75-113.	ERICKSON (G. A.), MARE (C. J.). — Diagnostic rapide de l'encéphalomyélite équine du Vénézuéla par la microscopie en fluorescence	3	435
75-114.	KRESSE (J. I.), STEWART (W. C.), CARBREY (E. A.), SNYDER (M. L.). — La culture des leucocytes de porc : une aide au diagnostic de laboratoire de la peste porcine	3	436
75-115.	STEWART (W. C.), CARBREY (E. A.), JENNEY (E. W.), KRESSE (J. I.), SNYDER (M. L.), WESSMAN (S. J.). — Transmission du virus de la peste porcine par des moustiques	3	436
75-116.	CORTHER (G.), GALICHER (C.), GELFI (J.). — Peste porcine : étude comparée du pouvoir immunogène des vaccins à virus vivant et à virus inactivé par la cinétique des anticorps neutralisants dans le sérum	3	436
75-117.	GRAVES (I. L.), PYAKURAL (S.), SOUSA (V. O.). — Réceptivité d'un yack à des virus grippaux A et présence d'anticorps H3N2 chez des animaux au Népal et en Inde	3	436
75-118.	JONES (R. C.). — Emploi de la méthode d'immunofluorescence indirecte pour déceler les anticorps spécifiques du virus de la bronchite infectieuse dans le sérum de poulet	3	437
75-119.	MIRCHAMSY (H.), SHAFYI (A.), NAZARI (P.), AKBARZADEH (J.). — Immunisation active du bétail avec des vaccins inactivés préparés avec du virus bovipestique cultivé sur cellules	3	437
75-120.	HUNTER (A. G.), CARMICHAEL (I. H.). — Maladie des muqueuses au Botswana	3	437
75-121.	UNDERDAHL (N. R.), MEBUS (C. A.), STAIR (E. L.), RHODES (M. B.), MCGILL (L. D.), TWIEHAUS (M. J.). — Isolement du virus de la gastroentérite transmissible à partir de poumons de porcs du commerce	3	438
	BERNARD (G.). — Adaptation de la microtechnique de fixation du complément au diagnostic de la peste équine	4	451

MYCOPLASMOSES

75-125.	ROBERTS (D. H.), WINDSOR (R. S.). — Essais de détection des bovins immuns et non-immuns à <i>Mycoplasma mycoides var. mycoides</i>	3	439
75-126.	SCUDAMORE (J. M.). — Etude sur la valeur de la méthode de fixation du complément sur le terrain pour le diagnostic et la lutte contre la péri-pneumonie contagieuse bovine	3	439

PARASITOLOGIE

75- 26.	GILBERT (B.), CASTLETON (C.), BULHOES (M. S.). — Activité molluscicide du Triphenmorphe lors d'essais sur le terrain	1	89
---------	--	---	----

75- 27.	CARR (W. R.), MACLEOD (J.), WOOLF (B.), SPOONER (R. L.). — Etude des relations entre les marqueurs génétiques, le taux d'infestation par les tiques et les maladies parasitaires chez le bétail zébu en Zambie	1	90
75- 28.	EUZEBY (J.), GRABER (M.). — <i>Mecistocirrus digitatus</i> von Linstow, 1906 parasite du bétail de la Guadeloupe	1	90
75- 29.	STURROCK (R. F.). — Persistance du concentré émulsifiable Bayluscide (clonitralide) sur des surfaces boueuses sous les tropiques	1	90
75- 87.	BLANCOU (J. M.), BOUCHET (A.), DAYNES (P.). — Essais d'induction d'une résistance acquise à l'infestation par <i>Fasciola gigantica</i>	2	133
75- 88.	GRABER (M.), TAGER-KAGAN (P.). — Inhibition du développement des larves de <i>Cooperia punctata</i> et de <i>Cooperia pectinata</i> chez le zébu nigérien	2	137
75- 89.	GODA (F. F. M.). — Incidence de l'infestation vermineuse du poumon des ovins et bovins à Benghazi (République Arabe Lybienne)	2	274
75- 90.	VASSILIADES (G.). — Les affections parasitaires à helminthes chez les bovins domestiques de la région du Fleuve Sénégal	2	274
75- 91.	HUSSEIN (M. F.), TARTOUR (G.), IMBABI (S. E.), ALI (K. E.). — Pathologie de la schistosomose bovine naturelle au Soudan	2	274
75-141.	HAMMOND (J. A.), SEWELL (M. M. H.). — Infections expérimentales du bétail par <i>Fasciola gigantica</i> : nombre de parasites retrouvés après différentes périodes au cours de l'infection	3	444
75-142.	HUSSEIN (M. F.), NUR (O. A.), GASSOUMA (M. S.), NELSON (G. S.). — Infection à <i>Onchocerca gutturosa</i> (Neumann, 1910) chez des bovins soudanais	3	444
75-143.	SCHILLHORN VAN VEEN (T.), ROBL (M. G.). — L'onchocercose aortique des zébus de la région de Zaria (Nigeria)	3	305
75-144.	GRABER (M.). — Les trématodoses hépatiques et gastriques des zébus d'Afrique centrale	3	311
75-145.	VASSILIADES (G.), BOUFFET (P.), FRIOT (D.) et TOURE (S. M.). — Essais de traitements contre la Thélaziose oculaire bovine au Sénégal	3	315
75-155.	SHUKLA (S. S.), ROY (R. M.). — Etudes sur l'action molluscicide comparée du N-Tritylmorpholine et du sulfate de cuivre sur les mollusques aquatiques communs à Andhra Pradesh, Inde	3	447
	GRABER (M.). — <i>Parabronema longispiculatum</i> n. sp. parasite stomacal de l'éléphant d'Afrique (<i>Loxodonta africana</i> Blumenbach, 1797)	4	473
	VASSILIADES (G.), TOURE (S. M.). — Essais de traitement des strongyloses digestives du mouton en zone tropicale par le Tartrate de Morantel	4	481

PATHOLOGIE

75- 1.	EDELSTEN (R. M.). — Distribution et importance de la maladie de Nairobi du mouton et d'autres infections transmises par les tiques chez les moutons et chèvres de Somalie du Nord	1	83
--------	---	---	----

PATURAGES

75- 46.	GRANIER (P.), CABANIS (Y.). — Note sur la phénologie des graminées de savane	1	79
75- 47.	CHENOST (M.), BOUSQUET (P.). — Exploitation en vert du pangola pour la production de lait par des chèvres	1	95

75-103.	PERNES (J.), RENE (J.), RENE-CHAUME (R.), LETENNEUR (L.), ROBERGE (G.), MESSEGER (J. L.). — <i>Panicum maximum</i> (Jacq.) et l'intensification fourragère en Côte d'Ivoire	2	239
75-104.	DADANT (R.). — Les possibilités de développement des fourrages à La Réunion	2	279
75-105.	OBATON (M.). — Légumineuses tropicales : problèmes particuliers posés par la symbiose fixatrice d'azote et l'inoculation des semences	2	279
75-106.	HUTTON (E. M.). — Pâturages tropicaux et production de viande de bœuf	2	279
75-154.	PIOT (J.), RIPPSTEIN (G.). — Principales espèces herbacées de quelques formations pastorales de l'Adamaoua camerounais. Ecologie et dynamique à différents rythmes d'exploitation	3	427

PHYSIOLOGIE

75-147.	QUATERMAIN (A. R.), BROADBENT (M. P.). — Quelques exemples de réponses au climat par des chèvres zambiennes	3	445
---------	---	---	-----

TECHNIQUE DE LABORATOIRE

CAISEY (P.), BALIS (J.). — Dosage de l'humidité résiduelle des vaccins lyophilisés par le réactif de Karl Fischer. Technique et causes d'erreurs	4	459
--	---	-----

TRYPANOSOMOSES

75- 21.	LATIF (B. M. A.), ADAM (K. M. G.). — Différenciation de <i>Trypanosoma brucei</i> , <i>T. rhodesiense</i> et <i>T. gambiense</i> par l'épreuve indirecte des anticorps fluorescents	1	88
75- 22.	ISOUN (T. T.), ANOSA (V. O.). — Lésions des organes reproducteurs de moutons et de chèvres infectés expérimentalement avec <i>Trypanosoma vivax</i>	1	88
75- 23.	SCOTT (J. M.) et PEGRAM (R. G.). — Souches de <i>Trypanosoma congolense</i> hautement résistantes au bromure d'homidium en Ethiopie	1	89
75- 24.	MACADAM (R. F.), WILLIAMSON (J.). — Influence de l'Acriflavine, de l'Ethidium et de l'Antrycide sur l'ultrastructure de <i>T. rhodesiense</i>	1	89
75- 25.	MACADAM (R. F.), WILLIAMSON (J.). — Influence de la Suramine, du Tryparsamide et du Mapharside sur l'ultrastructure de <i>T. rhodesiense</i>	1	89
75- 72.	MAILLOT (L.). — Transmission cyclique expérimentale de certains trypanosomes pathogènes africains	2	143
75- 73.	MOLOO (S. K.). — Relations entre hôtes et niveaux de l'infestation trypanosomienne de <i>G. swynnertoni</i> dans le parc national de Serengeti, en Tanzanie	2	270
75- 74.	FREZIL (J. L.). — Isolement de souches de <i>Trypanosoma brucei gambiense</i> en République Populaire du Congo. Conséquences pratiques et considérations épidémiologiques	2	271
75- 75.	YESUFU (H. M.), MSHELBWALA (A. S.). — Enquête sur les trypanosomes du bétail et les mouches tsé-tsé le long d'une route pour bétail dans le Sud-Ouest du Nigeria	2	271
75- 76.	MOLOO (S. K.), LOSOS (G. J.), KUTUZA (S. B.). — Transmission de <i>Trypanosoma brucei</i> à des chiens et des chats nourris avec de la chèvre infestée	2	271

75- 77.	SOLTYS (M. A.), THOMPSON (S. M. R.), WOO (P. T. K.). — Transmission expérimentale de <i>Trypanosoma brucei</i> et de <i>Trypanosoma congolense</i> chez le rat et le cobaye à travers la peau et des muqueuses intactes	2	272
75- 78.	FROMENTIN (H.). — <i>Trypanosoma brucei gambiense</i> . Étude antigénique. I. Protection expérimentale de la souris. Résultats partiels	2	272
75- 79.	FROMENTIN (H.). — <i>Trypanosoma brucei gambiense</i> . Étude antigénique. II. Fractions immunogènes. Résultats partiels	2	272
75-132.	WILSON (A. J.), PARIS (J.), DAR (F. K.). — Maintien d'un troupeau de bovins reproducteurs dans une zone très infestée en trypanosomes.	3	441
75-133.	AFCHAIN (D.), LE RAY (D.), VAN MEIRVENNE (N.), FRUIT (J.) et CAPRON (A.). — Analyse immunoélectrophorétique comparative des formes de culture et des formes sanguicoles de <i>Trypanosoma (Trypanozoon) brucei gambiense</i> . Caractérisation d'antigènes spécifiques de stade et de type antigénique	3	441
75-134.	MAMO (E.), HOLMES (P. H.). — Cynétique des érythrocytes du zébu chroniquement infecté par <i>Trypanosoma congolense</i>	3	442
75-135.	CLARKSON (M. J.), PENHALE (W. J.), McKENNA (R. B.). — Evolution progressive des protéines sériques dans l'infection expérimentale des veaux avec <i>Trypanosoma vivax</i>	3	442
75-136.	VAN MEIRVENNE (N.), JANSSENS (P. G.), MAGNUS (E.). — Variation antigénique dans des populations de <i>Trypanosoma (Trypanozoon) brucei</i> . I. Rationalisation de l'approche expérimentale	3	442
	TOURE (S. M.), SEYDI (M.), SEYE (M.), KEBE (B.). — Valeur de la méthode d'immunofluorescence indirecte dans le diagnostic des trypanosomiasés bovines et leur étude épizootiologique	4	463

ZOOTECHE

75- 48.	SEIFERT (G. W.), RUDDER (T. H.), LAPWORTH (J. W.). — Facteurs influençant le poids au sevrage de bovins en milieu tropical	1	96
75- 49.	OBEIDAH (A.), MOSTAGEER (A.) SHAFIE (M. M.). — Paramètres génétiques et phénotypiques de la température corporelle et du rythme respiratoire chez des poulets Fayoumi	1	96
75- 50.	TRAN THE THONG. — La rage porcine vietnamienne I' et son croisement avec la race Berkshire	1	96
75- 51.	SMITH (A. J.). — Variations du poids moyen et de l'épaisseur de la coquille d'œufs issus de poules exposées à de chaudes températures (Revue)	1	97
75- 52.	OWEN (J. E.). — Note sur l'évaluation de la carcasse de chèvres indigènes au Malawi	1	97
75- 99.	HAUMESSER (J. B.). — Quelques aspects de la reproduction chez la chèvre rousse de Maradi. Comparaison avec d'autres races tropicales ou subtropicales	2	225
75-100.	SERRES (H.), DUBOIS (P.). — Note sur l'insémination artificielle des zébus à Madagascar après synchronisation de l'oestrus par la norethandrolone	2	235
75-101.	AMAKIRI (S. F.), MORDI (R.). — Le taux d'évaporation cutanée de certaines races de bovins des zones tropicales et tempérées au Nigéria	2	278
75-102.	HAYMAN (R. H.). — Le zébu laitier australien	2	278
75-152.	Mac FARLANE (J. S.), ABBISS (T. P.). — Le niveau du fructose séminal en tant que paramètre de la libido chez le taureau entier ou vasectomisé	3	446

75-153. SHALO (P. L.), HANSEN (K. K.). — Un lait fermenté - le maziwa lala	3	446
DENIS (J. P.), THIONGANE (A. I.). — Note sur les facteurs conduisant		
au choix d'une saison de monte au C.R.Z. de Dara (Sénégal)	4	491
TIDORI (E.), SERRES (H.), RICHARD (D.), AJUZIUGU (J.). —		
Etude d'une population taurine de race Baoulé en Côte d'Ivoire	4	499
LHOSTE (P.), PIERSON (J.). — Essais d'insémination artificielle au		
Cameroun, à l'aide de semence congelée importée. I. Insémination arti-		
ficielle de femelles zébus en chaleurs naturellement	4	513
VALLERAND (F.), BRANCKAERT (R.). — La race ovine Djallonké		
au Cameroun. Potentialités zootechniques, conditions d'élevage, avenir	4	523
TACHER (G.). — Notes sur la démographie bovine au Sahel. 1. Représen-		
tation et projection théoriques du troupeau par un modèle mathéma-		
tique	4	547
TACHER (G.). — Notes sur la démographie bovine au Sahel. II. Représen-		
tation et projection théoriques du troupeau par un modèle mathéma-		
tique après une catastrophe	4	571

Index géographique

- Afrique
 87 (19) - 273 (85) - 448 (158).
 Afrique centrale
 311.
 Afrique du Sud
 92 (37) - 97 (54).
 Algérie
 98 (55).
 Antilles
 95 (47).
 Australie
 96 (48) - 278 (102).
 Belgique
 83 (2).
 Bénin (ex Dahomey)
 267 (63).
 Botswana
 437 (120).
 Cambodge
 84 (6).
 Cameroun
 13 - 67 - 217 - 427 - 513 - 523.
 Centrafricaine (République)
 84 (5).
 Congo
 271 (74).
 Costa Rica
 93 (42) - 94 (43) - 276 (96) - 277 (97) -
 277 (98).
 Côte d'Ivoire
 115 - 125 - 239 - 319 - 499.
 Cuba
 92 (35) - 92 (36) - 94 (44).
 Espagne
 85 (7).
 Éthiopie
 89 (23) - **103 - 283 - 287** - 442 (134).
 Guadeloupe
 90 (28).
 Haute-Volta
 86 (15) - 87 (16) - **319 - 409.**
 Inde
 436 (117) - 447 (155).
 Irak
 85 (9).
 Kenya
 87 (18) - 446 (153).
 La Réunion
 279 (104).
 Lybie
 274 (79).
 Madagascar
 79 - 268 (68) - 235 - 297 - 405 - 448
 (158).
 Malawi
 97 (52).
 Népal
 436 (117).
 Niger
 86 (15) - **137 - 225.**
 Nigeria
 85 (8) - 91 (34) - 92 (38) - 267 (63) -
 271 (75) - 278 (101) - **305 - 446 (150).**
 Papouasie nouvelle Guinée
 83 (3).
 Pays tropicaux
 95 (45) - 97 (53) - 275 (94) - 276 (95) -
 279 (106).
 Sainte-Lucie
 90 (29).
 Sénégal
 21 - 274 (90) - 315 - 481 - 491.
 Somalie
 83 (1).
 Soudan
 274 (91) - 444 (142) - 446 (151).
 Tanzanie
 270 (73) - 441 (131).
 Tchad
 9 - 27 - 41 - 49 - 61 - 105 - 153 - 173 -
 195 - 473.
 Togo
 267 (63).
 Viêt-Nam
 96 (50).
 Zaïre
 17 - 301.
 Zambie
 90 (27) - 445 (147).

 Directeur de la publication : R. SAUVEL

Imprimerie SOLEDI, 37, rue de la Province, LIEGE (Belgique)

N° d'ordre 100

 Dépôt légal 2^e trimestre 1976

Inscrit à la Commission paritaire des publications, et agence de presse sous le n° 50047