



LES CAHIERS DE L'ECONOMIE RURALE

N°10 • Institut d'Economie Rurale • Revue Semestrielle Janvier - Juin 2010 • ISSN 1987 - 0000

La Recherche Agricole au Service du Développement Rural

n° 10

Polymorphisme génétique de $\alpha S1$ caséine chez la chèvre guéra et la chèvre du sahel

P. 5

Caractérisation génétique et fonctionnelle d'un mutant isogénique

P.12

La diversité génétique des races de petits ruminants au Mali

Etude de l'involution utérine chez les zébus, n'dama, métisses rouges des stepes et montbéliard

P.27

Paramètres génétiques des poids à différents âges types de jeunes zébus peul à la station de recherche agronomique de niono, Mali

P.35

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de niono, Mali

P.46





LES CAHIERS DE L'ECONOMIE RURALE

N° 10 - Janvier - Juin 2010

Revue Scientifique de l'Institut d'Economie Rurale (IER)
Fax : (223) 20 23 37 75 - TEL : (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05
BP 258 - Rue Mohamed V BAMAKO / MALI





LES CAHIERS DE L'ECONOMIE RURALE

Revue Scientifique de l'Institut d'Economie Rurale (IER)
Fax : (223) 20 23 37 75 - TEL : (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05
BP 258 - Rue Mohamed V BAMAKO / MALI

Directeur de publication : Dr Aly Kouriba
Editeur Scientifique : Dr Samba Soumaré
Secrétaire de rédaction : Dr Lassine Diarra

Comité de rédaction

Pr Daniel Dansonko, IPR/IFRA Katibougou
Dr Tiéma Niaré, Université de Marseille
Dr Pierre Hiernaux, CESBIO, Toulouse
Dr Kalifa Sanogo, PNUD Bamako
Dr Mamadou D. Coulibaly, DNPIA Bamako
Dr Mike Bertelsen, Virginia Tech
Dr Peter White, Washington State University
Dr Oumar Niangado, Fondation Syngenta
Pr Siaka Sidibé, Hôpital du Point G- Bamako
Pr N'Golo Diarra, ISFRA - Bamako
Pr Alhousseini Bretaudeau, CILSS, Ouagadougou
Pr Aly Yéro Maïga, CNRST - Bamako
Dr Aly Kouriba, Institut d'Economie Rurale - Bamako
Dr Niamoye Yaro, Institut d'Economie Rurale - Bamako
Dr Abdou Yéya Maïga, Institut d'Economie Rurale - Bamako
Dr Abdoul Karim Traoré, Institut d'Economie Rurale - Bamako
Dr Abdoulaye Hamadoun, Institut d'Economie Rurale - Bamako
Dr Amadou Kodio, Institut d'Economie Rurale - Bamako

Comité scientifique

Dr Bourema DEMBELE, Institut d'Economie Rurale
Dr Lassine DIARRA, Institut d'Economie Rurale
Dr Modibo SIDIBE, Institut d'Economie Rurale
Dr Bara OUOLOGUEM, Institut d'Economie Rurale - Bamako
Dr Ibrahima N'DIAYE, Institut d'Economie Rurale-Bamako
Dr Gaoussou TRAORE, Institut d'Economie Rurale
Dr Zana SANOGO, Ministère de l'Agriculture

POLYMORPHISME GÉNÉTIQUE DE α S1 CASÉINE CHEZ LA CHÈVRE GUÉRA ET LA CHÈVRE DU SAHEL

Genetic polymorphism of α S1 casein in Guéra and Sahel goat

Traoré D*, Koïta O*, Sanogo Y*, Nantoumé H, Kouriba A**, N'Diaye M**,
Fané R*, Cissé O*, C.H.T. Diarra**, D. Coulibaly****

* Laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée (LBMA), Faculté des Sciences et Techniques, Université de Bamako / Mali ;

** Institut d'Economie Rurale, Bamako / Mali

Résumé :

Le gène α S1 caséine fait partie du groupe de gènes des lactoprotéines intervenant dans la synthèse du lait. L'objectif du travail était d'identifier les génotypes au locus α S1 caséine chez deux races caprines, la chèvre Guéra et du Sahel au Mali. Les analyses ont porté sur le gène α S1 caséine d'un troupeau de chèvre Guéra du Centre Régional de Recherche Agronomique de Kayes au Mali et d'un autre troupeau, la chèvre du Sahel en milieu rural dans un village (Ségala) près de Kayes au Mali. Des amorces spécifiques ont été utilisées pour l'identification des allèles B et/ou E du gène α S1 caséine (exon 19). Au total, 101 échantillons de sang (53 de la chèvre Guéra et 48 de la chèvre du Sahel) ont été prélevés et le gène α S1 caséine a été amplifié par la méthode de l'allèle spécifique polymérase chain reaction (AS-PCR). La révélation des allèles a été faite après électrophorèse sur un gel d'agarose 2% en utilisant le bromure d'éthidium. Trois génotypes, (BB, BE et EE) avec des fréquences respectives de 0,77 ; 0,17 et 0,06 ont été observés chez la chèvre Guéra. En revanche, un seul génotype (BB) a été identifié chez la chèvre du Sahel. Les fréquences des allèles B et E au niveau du troupeau Guéra étaient respectivement 0,86 et 0,14. L'hétérozygotie observée et attendue était de 0,08 et 0,12.

Mots clés: allèles, α S1 caséine, chèvre Guéra, chèvre du Sahel

Summary:

The α S1 casein gene is one of the lacto protein gene which is involve in the milk synthesis. The objectives our work was to identify in the Guéra and Sahel goat in Mali, genotypes at the locus α S1 casein. The S1 casein gene of the Guera and Sahel goat herd was investigated. These herds were located at the Regional Center of Agronomic Research in Kayes and the village Segala in Kayes, Mali, respectively. 101 blood samples (53 Guera and 48 Sahel goats) were collected and analyzed. Alleles B and/or E, located on exon 19, of the α S1 casein gene were amplified using allele specific polymerase chain reaction (AS-PCR), and analyzed using 2% agarose gel electrophoresis. Results from this analysis identified three genotypes: BB, BE, and EE with frequencies 0.77, 0.17 and 0.06 respectively for the Guera goats. Only the BB genotype was identified in the Sahel sample. The frequencies of alleles B and E in the Guera sample were 0.86 and 0.14 respectively with an observed and expected heterozygote of 0.08 and 0.12.

Keywords: allele, α S1 casein, Guéra goat, Sahel goat

Introduction

Les petits ruminants, et singulièrement les caprins, jouent un rôle important dans l'économie des petites exploitations rurales au Mali. Le lait de chèvre constitue une source importante de protéine pour les populations rurales de la région de Kayes et particulièrement dans la lutte contre la malnutrition des enfants. Depuis quelques années, l'Institut d'Economie Rurale du Mali, à travers le Programme «Petits Ruminants», mène des activités de recherche visant à introduire la chèvre Guéra en milieu rural dans l'optique d'une amélioration de la production de lait des chèvres locales.

Répandue en Mauritanie, et introduite à la station du Centre Régional de Recherche Agronomique de Kayes au Mali en 1998, la chèvre Guéra est une race élevée pour ses bonnes performances de production de lait (Traoré et al 2005). Selon les éleveurs mauritaniens, elle est originaire des Iles Canaries (Espagne) et s'adapte bien aux conditions d'élevage difficiles des zones climatiques chaudes. Cette race, bien convoitée par beaucoup d'éleveurs maliens, a été relativement peu étudiée. La présente étude est une contribution à une meilleure connaissance des caractéristiques génétiques non seulement de la chèvre Guéra mais aussi de la chèvre du Sahel, à partir de l'étude d'un gène majeur intervenant dans la synthèse du lait: α S1 caséine (CSN1S1).

Ce gène constitue depuis quelques années, chez les ruminants, et singulièrement chez les caprins, un outil de caractérisation génétique des races à travers le monde (Ramunno et al 2001, Angiolillo et al 2002, Feligini et al 2005).

Il fait partie des gènes des lactoprotéines (α S1, α S2, β caséines, α lactalbumine et , lactoglobuline) ayant permis, dans plusieurs études (Boulanger et al 1984, Grosclaude et al 1987), de connaître le génotype des animaux et d'indiquer leurs liens avec les caractéristiques ou niveaux de production du lait. De nos jours, plusieurs allèles de ces gènes ont été identifiés et caractérisés chez différentes espèces et races animales. Ainsi, pour le gène α S1 caséine, au moins 7 allèles différents (A, B, C, D, E,

F, O) correspondant à 4 niveaux de synthèse de la caséine : 3,6 g/l pour les allèles forts (A, B et C) ; 1,6 g/l pour l'allèle moyen E ; 0,6 g/l pour les allèles faibles (D et F) et un lait dépourvu en α S1 caséine pour les chèvres présentant l'allèle nul (O) ont été identifiés (Grosclaude et al 1987).

Chez les chèvres alpines, il a été également découvert que les génotypes AA avaient significativement moins de lait que les types AE, AF, EE et FF ; les quantités les plus élevées observées chez les EE (Barbieri et al 1995). A la mise bas, les chèvres AA avaient des poids moyens significativement inférieurs à ceux de AE et EF.

Les allèles A, B et C ont été reconnus plus ou moins ancestraux et résulteraient de substitutions nucléotidiques tandis que l'allèle E proviendrait d'une insertion nucléotidique de 458 paires de bases (pb) au niveau du dernier exon du gène (Martin 1993). L'allèle F se caractérise par contre par des anomalies d'épissage sous forme de délétions de 37 résidus d'acides aminés (Barbieri et al 1995).

Les performances laitières élevées de la Guéra, avec des quantités quotidiennes de lait variant de 1 à 3 litres (Traoré et al 2005), pourraient être mieux élucidées à travers les analyses de génétique moléculaire.

Matériel et Méthodes

Caractéristiques descriptives et performances laitières des races étudiées

1. la chèvre Guéra

La chèvre Guéra est une race se caractérisant par une grande diversité de sa robe ; celle-ci peut être d'une seule couleur (blanche, marron, noire, etc.) ou polychrome. On la reconnaît à travers un pelage caractéristique (longs poils). Le mâle pèse en moyenne 44 kg contre 36 chez la femelle (Traoré et al 2007). Il est également plus grand, avec en moyenne 74 cm pour la hauteur au garrot, contre 68 cm chez la femelle. Le périmètre du thorax est également plus long chez le mâle (80 cm) que chez

la femelle (76 cm).

Les observations zootechniques effectuées sur la Guéra (Traoré et al 2005) ont permis d'évaluer des quantités moyennes journalières de lait (QJL) de 1,9 litres variant de 1 à 3,1 litres, des productions totales de lait (PTL) de 262 litres pendant une durée moyenne de 142 jours. Le taux de protéine dans le lait produit est estimé à 3,9% (Traoré et al 2005).

Pour la présente étude, 53 chèvres Guéra ont été choisies au hasard dans le troupeau d'expérimentation du Centre Régional de Recherche Agronomique de Kayes au Mali.

2. la chèvre du Sahel

C'est une race locale rencontrée dans les zones sahéniennes d'Afrique de l'Ouest. On la retrouve dans la zone sahénienne, du Mali jusqu'au Tchad. Elle est élevée pour son lait et sa viande. Ses caractéristiques physiques ont été décrites par Wilson et al (1986). Il s'agit d'un animal de grande taille, adapté à la chaleur et aux longues marches à la recherche de pâturage. La chèvre du Sahel apparaît également sous diverses robes: blanche, marron, noire ou polychrome. Le mâle pèse en moyenne 35 kg avec une taille de 80 à 85 cm (hauteur au garrot) contre 25 kg chez la femelle dont la taille est estimée à 75 cm (Nantoumé et al 2005). La production quotidienne de lait est évaluée entre 0,5 et 1 litre par femelle pour une production totale d'environ 60 litres (Nantoumé et al 2005). Le taux de protéine est d'environ 4,9% (Cissé et al 2005).

Pour conduire les présentes investigations, 48 chèvres du Sahel ont été choisies au hasard dans des troupeaux en milieu réel à Ségala dans la région de Kayes au Mali.

Prélèvement d'échantillons

Des échantillons de sang ont été prélevés au hasard sur des chèvres Guéra d'un troupeau du Centre Régional de Recherche Agronomique de Kayes au Mali ainsi que sur des chèvres du Sahel dans un élevage en milieu rural à Ségala (Kayes) au Mali.

Quelques gouttes de sang de chaque animal, ont été déposées sur des papiers confettis de type Whatman 903 pour être analysées au laboratoire.

Au total, 101 échantillons de confettis de sang dont 53 de la chèvre Guéra et 48 de la chèvre du Sahel, ont été traités.

Extraction d'ADN

L'ADN a été extrait à partir des confettis de sang suivant le protocole de Truett et al (2000). Pour la lyse alcaline, une solution de 25 mM NaOH, 0,2mM disodium EDTA, pH 12 a été utilisée. La précipitation des molécules d'ADN a été faite avec l'Ethanol absolu en présence de l'acétate de potassium (8M pH 7,4). Une solution de neutralisation (40 mM Tris-HCl, pH 5) a été également utilisée pour stabiliser l'ADN. Le lavage de l'ADN est obtenu en utilisant l'éthanol 70%.

Des concentrations d'ADN variant entre 18 et 58 ng/ μ l, mesurées à l'aide d'un spectromètre (Eppendorf Bio Photometer) à la longueur d'onde 260 et 280 nm, ont été utilisées pour la Polymérase Chain Réaction (PCR).

Amorces utilisées

Les amorces ont été choisies selon l'étude de Feligini et al (2005) pour l'identification des allèles B (90 pb) et/ou E (550 pb) au niveau du locus CSN1S1 (exon 19). Le numéro d'accès au gène au niveau de la banque de données (Genbank) est X72221.

Amplification des allèles spécifiques par la polymérase chain reaction (AS-PCR)

Pour la PCR, 50 ng d'ADN génomique a été amplifié dans un volume réactionnel de 30 μ l en utilisant 150 nM d'amorces, 50 mM KCL, 10 mM Tris-HCL (pH=8,3), 2,5 mM MgCl₂, 200 μ M dNTPs et 1,25 U de Taq polymérase (Invitrogen).

Un thermocycleur de type PTC-200 (M) Research a été utilisé pour l'amplification suivant le programme ci-dessous:

Polymorphisme génétique de α s1 caseine chez la chèvre Guéra et la chèvre du Sahel

Etapes de la PCR	Températures et temps
Dénaturation initiale de l'ADN	94°C pendant 3 minutes
Dénaturation (à 25 cycles)	94°C pendant 45 secondes
Appariement	59°C pendant 45 secondes
Elongation	72°C pendant 1 minute
Elongation finale	5 min à 72°C
Conservation	4°C

Les produits de PCR ont été migrés sur un gel d'agarose (BDH electran) à 2%, pendant 60 minutes à 100 volts. La révélation des bandes a été faite à l'aide du bromure d'éthidium (1 μ M).

Analyses statistiques

Les fréquences des allèles B et E sont calculées selon la formule : $q_B = [2(BB) + (BE)]/2N$ ou $p_E = [2(EE) + (BE)]/2N$,

q_B et p_E : fréquences de l'allele B et E,

BB et EE : génotypes,

N : nombre total

Les taux d'hétérozygoties (observés et attendus) ont été évalués en supposant que les troupeaux sont en équilibre génétique de Hardy -Weinberg.

Les formules utilisées étaient :

Hétérozygotie observée (H_o) = $1/N \sum h_i$

N: nombre total de loci étudiés, H_i : hétérozygotie au locus i

Hétérozygotie attendue

$$(H_e) = 1 - (f_1^2 + f_2^2 + \dots + f_k^2) = 1 - \sum f_i^2, f_i :$$

fréquences $f_1, f_2, \dots, f_k$

Hétérozygotie totale

$$(H_T) = 1 - (f_1^2 + f_2^2 + f_k^2) = 1 - \sum f_i^2$$

, f_T : fréquence totale

L'indice de diversité génétique a été calculé à partir de $FS_T = (H_T - H_e)/H_T$

FS_T : indice de diversité génétique

H_T : hétérozygotie totale

H_e : hétérozygotie attendue

Resultats

Les analyses effectuées ont permis d'observer différents génotypes. Trois génotypes (BB, BE, EE) ont été observés chez la chèvre Guéra (Figure 1 et 2) contre un génotype (BB) chez la chèvre du Sahel. (Figure 3).

Chez la Guéra, le génotype homozygote BB (41 animaux) a été le plus fréquent avec 0,77 suivi de l'hétérozygote BE (9 animaux) avec 0,17 et du génotype homozygote EE (3 animaux) avec 0,06. Quant à la chèvre du Sahel, tous les animaux (48 au total) étaient homozygotes BB. Les fréquences génotypiques et alléliques par race sont indiquées dans le tableau I.



Figure 1 : Amplification du gène α S1 caséine (E 19) chez la chèvre Guéra ; gel d'agarose de 2%, M : marqueur 14 ; ligne 1 : EE lignes 2 -7 : BB ligne C : contrôle négatif.



Figure 2 : Amplification du gène α S1 caséine (E 19) chez la chèvre Guéra; gel d'agarose de 2%, M : marqueur 14; lignes 6 et 7 : BE lignes 5 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 : BB ligne C : contrôle négatif



Figure 3 : Amplification du gène α S1 caséine (E 19) chez la chèvre du Sahel; gel d'agarose de 2%, M : marqueur 14 lignes 1 à 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 : BB ligne C: contrôle négatif

Polymorphisme génétique de α s1 caseine chez la chèvre Guéra et la chèvre du Sahel

Tableau I : fréquences génotypiques et alléliques au niveau du locus α S1 caséine (exon 19) chez la chèvre Guéra et la chèvre du Sahel

Genotypes	Chèvre Guéra		Chèvre du Sahel	
	Nombre	Fréquence	Nombre	Fréquence
BB	41	0,77	48	1
BE	9	0,17	0	0
EE	3	0,06	0	0
Total	53	1	48	1
Fréquences alléliques / race	B = 0,86	E = 0,14	B = 1	E = 0
Fréquences alléliques totales	B = 0,93 E = 0,07			

La fréquence allélique de B pour toutes les deux races était de 0,93 ; celle de E était de 0,07 (Tableau I). Différents taux d'hétérozygoties ont été évalués. L'hétérozygotie observée (H_o) pour les chèvres Guéra et du Sahel étaient respectivement 0,17 et 0. Elle était de 0,08 pour l'ensemble des deux races étudiées. L'hétérozygotie attendue chez la Guéra était 0,24 ; celle chez la chèvre du Sahel était nulle (0). L'hétérozygotie attendue (H_e) pour toutes les deux races était 0,12. L'hétérozygotie totale (HT) évaluée a été 0,13. Les valeurs sont portées dans le tableau II.

Tableau II: Taux d'hétérozygoties évalués par race et pour l'ensemble des races

Hétérozygoties	
Observée (H_o)	Attendue (H_e)
chèvre Guéra : 0,17	chèvre Guéra : 0,24
chèvre du Sahel : 0	chèvre du Sahel : 0
Toutes les deux races	
0,08	0,12
Totale (HT) = 0,13	

L'indice de diversité génétique (F_{ST}) obtenu pour l'ensemble des chèvres était faible (0,07).

Discussion

Des études précédentes (Missohou et al 2006) sur le gène CSNS1 chez les races caprines africaines, notamment sur celles d'Afrique de l'Ouest, ont montré que les fréquences alléliques observées étaient faibles et les allèles identifiés étaient principalement A et B (allèles forts). D'autres investigations (Caroli et al 2007) sur le groupe de gènes caséines de quatre races ou espèces de chèvres d'Afrique, à savoir la chèvre rousse de Sokoto (Nigeria), la chèvre de Borno (Nigeria), la chèvre naine du Nigeria et la chèvre naine du Cameroun, ont montré que les allèles A et B étaient les plus fréquents avec une prédominance de l'allèle B (0,37). L'allèle intermédiaire E par ailleurs a été observé avec une très faible fréquence de 0,01 chez

la chèvre rousse de Sokoto.

Les résultats obtenus chez la chèvre du sahel dans la présente étude étaient plus ou moins attendus. Ils indiquent la non introduction de races exotiques dans le troupeau d'étude de Ségala (Kayes). Par contre, la chèvre Guéra introduite en Afrique depuis plusieurs dizaines d'années, à partir d'Espagne suscitait des questions et réflexions quant à la grande variabilité des performances laitières observées sur des specimens étudiés à la station du Centre de Recherche Agronomique de Kayes au Mali (Traoré et al 2005). A l'issue des présentes investigations, il apparaît que cette race porte un allèle (E) fréquemment rencontré chez les races européennes (Feligini et al 2005). Les fréquences de cet allèle observées dans l'étude sont supérieures à celles indiquées chez la chèvre rousse de Sokoto mais inférieures à celles des races européennes.

Des travaux sur des chèvres laitières espagnoles, notamment sur celles des Iles Canaries ont révélé également une fréquence très élevée de l'allèle E (Jordana et al 1996). Une relation phylogénique entre la chèvre Guéra et les races espagnoles ne peut être établie dans cette étude. Cependant, les productions laitières relativement élevées de la Guéra pourront trouver une explication à la présence de l'allèle E dans cette race. La diversité génétique observée était faible, elle s'explique principalement par des taux d'hétérozygotie relativement faibles. L'absence totale de l'allèle E chez la chèvre du sahel est également en grande partie responsable de ces valeurs faibles. Il serait intéressant d'étendre l'étude sur d'autres populations de chèvre du Sahel au Mali pour confirmer cette absence.

Conclusion

Les analyses par la méthode de l'allèle spécifique PCR ont permis d'identifier les génotypes BB, BE et EE chez la chèvre Guéra. Quant à la chèvre du Sahel, un seul génotype (BB) a été observé. Les génotypes BB étaient significativement les plus fréquents pour l'ensemble des chèvres étudiées. La présence de l'allèle E chez la chèvre Guéra pourrait être en relation avec les productions importantes de lait chez cette race. Les informations obtenues sur la chèvre Guéra au niveau du gène α s1 caséine pourront être utilisées dans les schémas d'amélioration génétiques au Mali.

Références bibliographiques

1. Angiolillo A, Yahyaoui M H, Sanchez A, Pilla f, and Folch J M 2002: Characterization of a new genetic variant in the caprine κ -casein gene. *Journal of Dairy Science* 85: 2679–2680.
2. Barbieri M E, Manfredi E, Elsen J M, Ricordeau G, Bouillon J, Grosclaude F, Mahe M F, Bibe B, 1995 Effet du locus de la caséine alpha S1 sur les performances laitières et les paramètres génétiques des chèvres Alpines. *Genetic Selection Evolution* 27 : 437 - 450
3. Boulanger A, Grosclaude F, Mahe M F 1984 Polymorphisme des caséines α s1 et α s2 de la chèvre (*Capra hircus*). *Genet. Sel. Evol.* 16:157–176.
4. Caroli A, Chiatti F, Chessa S, Rignanese D, Ibeagha-awemu E M, and Erhardt G 2007 Characterization of the Casein Gene Complex in West African Goats and Description of a New α s1-Casein Polymorphism. *Journal of Dairy Science* 90:2989–2996
5. Cisse M, Fall Y, et ly I 2005. Performances laitières et état nutritionnel des chèvres du Sahel conduites sur parcours naturels: Relations avec la croissance des chevreaux. *Proceedings of the Third Biennial Conference of the African Small Ruminant Research Network - UICC, Kampala, Uganda - 5-9 December 1994*
6. Feligini M, Frati M, Cubrik V C, Brambilla A, Parma P, Curik I, Greppi G F, Enne G 2005 Caprine alpha S1 Casein Polymorphism, Characterization of A,B,E and F Variants by means of various biochemical and molecular techniques. *Food Technology Biotechnology* 43 (2) 123-132
7. Grosclaude F, Mahe M F, Brignon G, Di stasio I and Jeunet R 1987 A Mendelian polymorphism underlying quantitative variations of goat α s1 casein. *Genetic Selection Evolution* 19 (4) 399-412
8. Jordana J, Amills M, Diaz E, Angulo C, Serradilla J M, Sanchez A 1996. Gene frequencies of caprine α S1-casein polymorphism in Spanish goat breeds. *Small Ruminant Research* 20 (1996) 215-221
9. Martin P 1993. Polymorphisme génétique des lactoprotéines caprines. *lait* 73, 511-532
10. Missohou A, Talaki E, Maman Laminou I,

Polymorphisme génétique de α s1 caseine chez la chèvre Guéra et la chèvre du Sahel

2006. Diversity and genetic relationships among seven West African goat breeds. *Asian-australasian journal of animal sciences* 19 (9) 1245-1251
- 11.** Nantoumé H, Traoré D, Diarra C H T 2005. Mise au point de techniques d'amélioration des productions de lait, de viande et de laine des petits ruminants. Rapport final de Recherche, 11e Commission Scientifique du Comité National de Recherche Agricole, Novembre 2005, Bamako
- 12.** Ramunno L, Longobardi E, pappalardo M, Rando A, Di Gregorio P, Cosenza G, Mariani P, Pastore N, Masina P 2001 An allele associated with a non-detectable amount of alpha S2 casein in goat milk. *Animal Genetics*, 32: 19-26
- 13.** Traoré D, Nantoumé H, Diarra C H T 2005 Amélioration de la production laitière par l'introduction de la chèvre Guéra. Rapport final de Recherche, 11e Commission Scientifique du Comité National de Recherche Agricole, Novembre 2005, Bamako
- 14.** Traoré D, Nantoumé H, Diarra C H T 2007. La chèvre Guéra. Institut du Sahel ; les Monographies Sahéliennes ISBN : 2-912693-48-9
- 15.** Truett G E, Heeger P, Mynett R L, Truett AA, Walken TA, Warmen M L 2000 Preparation of PCR quality mouse genomic DNA with hot sodium and tris (Hotshot). *Biotechniques* July (29) (1) 52-54
- 16.** Wilson R T, & Light D, 1986 Livestock production in central Mali; Economic characters and productivity indices for traditionally managed Caractérisation génétique et fonctionnelle d'un mutant isogénique d'*Actinobacillus pleuropneumoniae*

CARACTÉRISATION GÉNÉTIQUE ET FONCTIONNELLE D'UN MUTANT ISOGENIQUE

d'*Actinobacillus pleuropneumoniae*

N'DIAYE, M*. ; TRAORE, D et OUOLOGUEM, B*.**

*Institut d'Economie Rurale, Bamako, Mali

**Laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée (LBMA), Bamako, Mali

Résumé

Actinobacillus pleuropneumoniae est une Bactérie gram négative de la famille des *Pasteurellaceae*. Elle cause une pleuropneumonie hémorragique et fibrineuse sévère chez les porcs. Les vaccinations conventionnelles utilisées permettent d'adoucir ou de prévenir les signes cliniques mais, elles n'empêchent pas l'infection et la colonisation des voies respiratoires. Les animaux guéris hébergent le germe dans les tissus nécrotiques et demeurent porteurs sains et constituent une source de contamination et de propagation de la maladie.

L'objectif de la recherche a consisté à construire et à caractériser un mutant isogénique d'*Actinobacillus pleuropneumoniae*.

Les matériels étaient constitués de souches d'*Actinobacillus pleuropneumoniae*, d'enzymes, d'amorces, de plasmides, de réactifs et de matériels de laboratoire.

La méthodologie a consisté à identifier le gène responsable de la survie de la bactérie dans les cellules hôtes et à construire un mutant (délétion de 883 paires de base) par recombinaison et contre sélection sur saccharose. Le mutant ainsi obtenu ($\Delta hlyX$) a été caractérisé au plan génétique et fonctionnel par des méthodes adaptées de biologie moléculaire (PCR, PFGE, Southern blot, Western blot, Electrophorèse...).

Actinobacillus pleuropneumoniae $\Delta hlyX$ a pu être construit et caractérisé. Le mutant n'a présenté

aucun changement au plan du génome. L'expression du DmsA et l'induction de l'activité de l'aspartase ont pu être inhibées en conditions anaérobiques.

Mots clés : *Actinobacillus pleuropneumoniae*, mutant, virulence, gène, PCR (Polymerase chain reaction), ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay).

Abstract

Characterization of an *Actinobacillus pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$ mutant. *Actinobacillus* (A.) *pleuropneumoniae* is the etiologic agent of an economically important pleuropneumonia of pigs which has gained importance due to the increase of intensive pig farming. The disease causes significant economic losses, resulting from high mortality as well as reduced weight gain in chronically infected animals. The ability of the organism to persist even in vaccinated animals has steadily gained significance. Presently available vaccines are unable to prevent colonization, and carrier animals play a crucial role in the spreading of porcine pleuropneumonia. This has led to intensive research on the pathogenesis, aiming at the elucidation of the mechanisms of colonization and persistence, which in turn will hopefully facilitate the development of more efficacious vaccines.

Based on the hypothesis that the ability of the organism to persist in sequestered lung tissue influences virulence and persistence, the $\Delta hlyX$ gene

was the subject of this study. An *A. pleuropneumoniae* hlyX mutant was constructed and characterized. The mutant showed reduced growth under anaerobic culture conditions.

Key words: *Actinobacillus pleuropneumoniae*, mutant virulence, gene, PCR (Polymerase chain reaction), ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay)

1. Introduction

Actinobacillus pleuropneumoniae est une bactérie gram négative de la famille des *Pasteurellaceae*. Elle cause chez les porcs une pleuropneumonie hémorragique et fibrineuse sévère, répandue dans le monde entier. Les animaux atteints présentent des symptômes comme la dyspnée, la toux, la fièvre, la léthargie, la diarrhée et le vomissement. Les vaccinations conventionnelles jusque là utilisées permettent d'adoucir ou de prévenir les signes cliniques mais, elles n'empêchent pas l'infection et la colonisation des voies respiratoires supérieures et inférieures.

Les animaux guéris de la maladie hébergent le germe dans les tissus nécrotiques (séquestres) pauvres en oxygène et ils demeurent porteurs sains et constituent une source de contamination et de propagation de la maladie. *Actinobacillus pleuropneumoniae* a la faculté de survivre dans des tissus nécrotiques.

Baltes et al. (2003) et Jacobsen et al. (2005) ont montré que la Dimethylsulfoxyde -réductase (DMSO) et l'Aspartase étaient impliquées dans la respiration anaérobie dans les tissus nécrotiques. Les deux enzymes sont certainement catalysées sous l'effet du gène hlyX qui est un régulateur anaérobie par excellence.

L'objectif de cette recherche a consisté à construire et à caractériser un mutant isogénique d'*Actinobacillus pleuropneumoniae* avec délétion du gène hlyX.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

Les souches bactériennes (*E. coli* TOP10 F', *A. Pleuropneumoniae* Δ hlyX, *E. coli* DH5-F', *E. coli* 2155, *A. pleuropneumoniae* AP 76), les plasmides β (pCR® 2.1-TOP0, PHLYX810, PHLYX110, PHLYX111, PHLYX 701, PHLYX 1300, PHLYX 1301, PEMOC2, pLS88, pBluescriptSK+) et les amorces (OHLYX5, OHLYX6, OHLYX7, OHLYX8, OHLYX9 et OHLYX10) ont été utilisés.

Des enzymes de restriction comme ApaI, AscI, BamHI, BglII, BsrI, DraI, EcoRI, EcoRV, HindIII, MfeI, NotI, PspomI, PstI, SacI, TaqI, XcmI, XhoI, Lysozyme, DNase, RNase libre, RNase, T4 DNase-ligase, Klenow Enzyme et la Taq-DNA-Polymerase ont été utilisées.

Les matériels de laboratoire étaient constitués de thermocycler, de matériels d'électrophorèse, d'incubateurs, de centrifugeuses et de petits équipements de laboratoire. En outre, des produits chimiques ont été utilisés

2.2 Méthodes

Les différentes souches d'*E.coli* ont été cultivées sur milieu Luria-Bertani (LB) supplémenté avec des antibiotiques appropriés (ampicilline, 100 μ g/ml ; chloramphénicol, 25 μ g/ml) ; 1mM d'acide diaminopimelique a été ajouté aux milieux pour la culture de *Escherichia coli* β 2155. *Actinobacillus pleuropneumoniae* a été cultivé sur milieux PPLO (*Pleuropneumoniae* Like Organism) supplémentés avec nicotinamide dinucléotide (10 μ g/ml), L-glutamine(100 μ g/ml), L-cystéine-hydrochloride, 25 μ g/ml L-cystéine-dihydrochloride (10 μ g/ml), dextrose (1 mg/ml) et Tween 80 (0,1%) sur la gélose au sang de mouton ou gélose sélective. *Actinobacillus pleuropneumoniae* transconjugants (crossovers simples) et transformants ont été cultivées sur milieux de PPLO contenant du chloramphénicol (5 μ g/ml) et, le milieu pour la contre sélection a été préparé selon la méthode de Tonpitak et al. 2002.

Des cultures anaérobiques ont été utilisées pour la détermination de l'activité de l'aspartase et l'expression du DmsA selon le protocole de Baltes et al 2003 et Jacobsen et al. en 2005.

Le pellet sec a été utilisé pour l'appréciation de la croissance d'*Actinobacillus pleuropneumoniae* Δ hlyX (mutant) et d'*Actinobacillus pleuropneumoniae* AP76 (souche sauvage) en conditions

Caractérisation Génétique et fonctionnelle d'un mutant isogénique

d'anaérobiose. Cette comparaison a été réalisée avec de pellets récoltés par centrifugation à partir de 100 ml de milieu de PPLO supplémenté et pré incubé pendant 48 h à 37°C dans une chambre anaérobie et ensuite ensemencé avec une colonie par souche de bactérie et incubé pendant 16 h dans les mêmes conditions. Le choix du pellet sec a été motivé par la formation d'agrégats au cours de la croissance de la bactérie en conditions anaérobiques. Les pellets ont été séchés à 80°C dans un four pendant 24 h. La comparaison a été faite avec le test de Student.

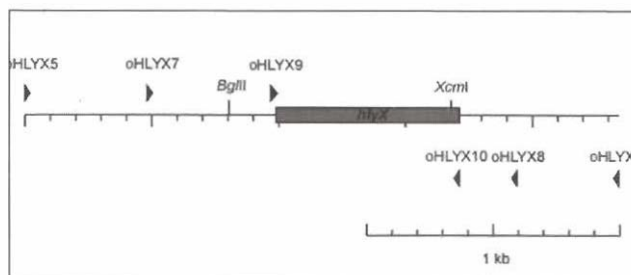
Lors de la manipulation de l'ADN les enzymes ont été obtenues avec Biolabs (Bad Schwallbach, Allemagne) et utilisées selon les instructions du fabricant. La collecte de l'ADN chromosomal et de l'ADN des plasmides ainsi que la PCR (Polymerase Chain Reaction), le Southern blotting, la transformation et l'électrophorèse ont été effectués selon des protocoles standards décrits par Sambrook et al. 1989. L'électrophorèse en champ pulsé (PFGE) a été réalisée comme décrit par Oswald et al. 1999.

L'électrotransformation a été effectuée en utilisant le GenePulser (Bio Rad) selon le protocole de Tung et al. 1995 adapté à *Actinobacillus pleuropneumoniae*. 250 ml de milieu de culture PPLO ont été inoculés avec 25 ml d'une culture de nuit, suivi d'une incubation sur plate forme mouvante jusqu'à l'obtention d'une densité optique (OD600) de 0,3. Les cultures ont été conservées sous glace pendant 15 minutes et les bactéries ont été récoltées après centrifugation à 4000 tours/minute pendant 10 minutes et à 4°C lavées trois fois de suite par centrifugation dans 150 ml de GYTT (Glycérol, Yeast, Tryptone et Tween) frais (10% de glycérol, 0,125% de bacto yeast, 0,25 de bacto tryptone et 0,02% de tween). Puis, les bactéries ont été diluées dans 2,5 ml de solution glacée de GYTT. 5 µg de solution d'ADN de plasmide sans sel et ajoutés à 0,4 ml de cellules compétentes et électrotransformés dans des cuvettes de 0,2 cm. Aux bactéries a été ajoutée immédiatement une solution préchauffée de PPLO supplémenté. La solution ainsi obtenue a été incubée pendant 4 h à 37°C dans un incubateur de 5% de CO₂. Les suspensions des cellules

transformées ont été étalées sur gélose de PPLO avec chloramphénicol et incubées pour 24 h

Le gène *hlyX* (n° d'accès à la banque de gène M80712) a été amplifié à partir de l'ADN génomique d'*Actinobacillus pleuropneumoniae* AP76 en utilisant les amorces oHLYX5 et oHLYX6 (fig. 1) contenant les sites de restriction des enzymes *ApaI* et *NotI*. Après restriction avec *ApaI* et *NotI*, le produit du PCR introduit par ligation dans Bluescript SK (+) pour obtenir le plasmide pHLYX110. 883 paires de base ont été ensuite éliminées du gène avec les enzymes *BglII* et *XcmI* et le plasmide a été refermé après remplissage des bouts pour obtenir le plasmide pHLYX101. Le gène *hlyX* mutilé a été ensuite extrait avec les enzymes *ApaI* et *NotI* pour être introduit dans le plasmide de transconjugaison pEMOC2 pour obtenir le plasmide pHLYX701. Ce dernier a été utilisé pour introduire le gène mutilé dans *Actinobacillus pleuropneumoniae* par la technique de « single strep transconjugation » décrite par Baltes et al. 2003 et Oswald et al. 1999 et a abouti à l'obtention du mutant *Actinobacillus pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$.

Figure n° 1 : Gène *hlyX* avec les amorces utilisées et les positions de restriction des enzymes



Par la Complémentation d'*Actinobacillus pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$, les plasmides pHLYX1300 et pHLYX1301 ont été construits par insertion dans le plasmide pLS88 du gène (746 paires de base) préalablement récolté avec l'enzyme de restriction *MfeI* et amplifié avec les amorces oHLYX9 et oHLYX10 (figure 1). Par électroporation ce plasmide a été introduit dans *Actinobacillus pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$

Par la méthode Western blot analyse, des lysates de cellules entières d'*Actinobacillus pleuropneumoniae* ont été analysés sur gel d'électrophorèse discontinue de sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide en utilisant le western blotting avec Protean II Minigel system (Bio Rad) comme décrit par Gerlach et al. 1992.

3. Résultats

3.1 Construction du mutant isogénique d'*Actinobacillus pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$

Le plasmide pHLYX701 construit a été introduit par transformation dans *E. coli* ,2155 et dans *A. Pleuropneumoniae* par conjugaison. Les colonies résistantes au chloramphénicol d' *A. pleuropneumoniae* ayant intégré le plasmide sur le chromosome, elles ont été confirmées à l'aide de PCR avec les amorces oHLYX7 et oHLYX8. Celles-ci ont été ensuite utilisées pour la contre sélection sur saccharose. Les colonies résistantes au saccharose et sensibles au chloramphénicol ont fait l'objet d'analyse de PCR pour confirmer la présence du gène *hlyX* mutilé.

3.2 Caractérisation du mutant isogénique *Actinobacillus pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$

3.2.1. Caractérisation génétique du mutant isogénique d'*Actinobacillus Pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$

Les souches d'*Actinobacillus pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$ résistantes au saccharose et sensibles au chloramphénicol ont été comparées à la souche sauvage d'*Actinobacillus pleuropneumoniae* AP76 à l'aide de PCR avec les amorces oHLYX5 et oHLYX6. La localisation correcte de la délétion a été examinée sur le produit de PCR par séquençage. Le gène *hlyX* mutilé a une grosseur de 578 Pb contre 1461 Pb pour la souche (figure 2A).

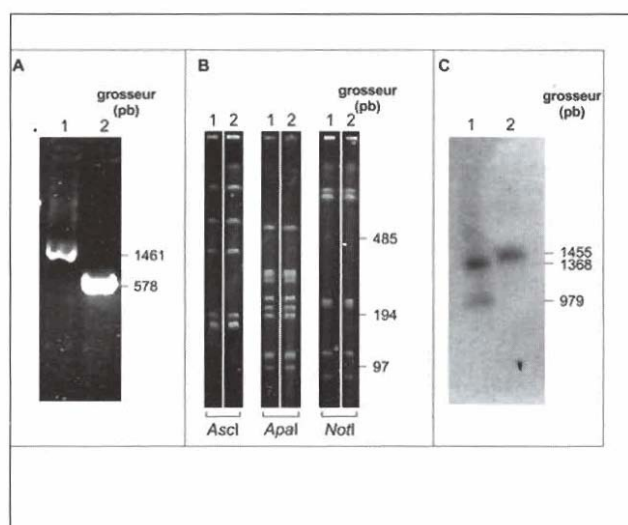


Figure 2 : A, PCR avec amorces oHLYX5 et oHLYX6 ; B, Analyse d'électrophorèse sur champ pulsé (PFGE) d'*Actinobacillus pleuropneumoniae* (1) et d'*Actinobacillus pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$ (2) ; C, Southern blot après digestion avec l'enzyme *DraI* : *Actinobacillus pleuropneumoniae* (1) et *Actinobacillus pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$ (2).

Une analyse réalisée par électrophorèse sur champ pulsé (PFGE) après une digestion de restriction avec les enzymes *ApaI*, *AscI* et *NotI* montre qu'il n'y a eu aucune modification structurale du génome de la bactérie au cours de la mutation (figure 2B). Les ADN génomiques du mutant et de la souche sauvage ont été digérés avec l'enzyme *DraI* et examinés par hybridation avec une sonde radioactive construite avec oHLYX5 et oHLYX6. La localisation du point de restriction de *DraI* étant située à l'intérieur de la délétion, l'analyse montre qu'*Actinobacillus pleuropneumoniae* (souche sauvage) a deux bandes de 1368 et 979 Pb et qu'*Actinobacillus pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$ (mutant) ne dispose que d'une seule grosse bande de 1455 Pb (Figure 2C), ce qui montre la réussite de la délétion opérée. Une analyse suivante de Southern blot a permis en outre la localisation du gène *hlyX* sur la carte physique du génome de la bactérie (figure 3).

Caractérisation Génétique et fonctionnelle d'un mutant isogénique

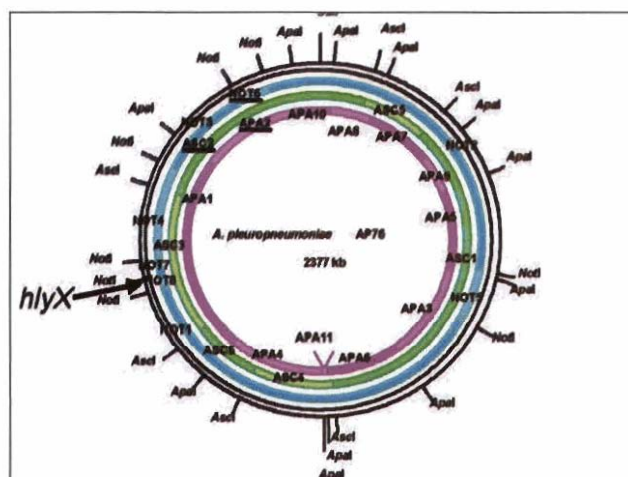


Figure 3 : Position du gène *hlyX* sur la carte physique d'*A. Pleuropneumoniae* AP76

3.2.2 Caractérisation fonctionnelle du mutant *Actinobacillus pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$

Le pellet sec a été utilisé pour l'appréciation de la croissance d'*A. Pleuro-pneumoniae* en conditions anaérobiques. Dans ces conditions, le mutant a montré une réduction significative de sa croissance après une incubation de 16 h en comparaison avec la souche sauvage *A. pleuropneumoniae* ($p < 0,01$). Le poids du pellet du mutant ($13,6 \text{ mg} \pm 0,5$) a été de 37,3% réduit par rapport à celui de la souche sauvage. ($21,7 \text{ mg} \pm 1,15$). En conditions aérobiques le mutant a montré une croissance plus rapide.

La construction des plasmides pHLX1300 et pHLX1301 intégrant le gène *hlyX* intact et l'incorporation de ceux-là dans le mutant par la transformation ont conduit à la complémentation. La réalisation de cette complémentation a permis de confirmer la spécificité de la mutation opérée et d'exclure d'éventuels effets polaires et la restauration de l'activité de la protéine HlyX. La présence de la DMSO-réductase a été confirmée par l'analyse de Western blot (figure 4).

L'activité de l'aspartase n'a pu être restaurée qu'avec le plasmide de complémentation pHLX1300 intégrant le gène dans le même sens que le promoteur (tableau I).

Tableau I : Comparaison de l'activité de l'aspartase en conditions anaérobiques chez *A. pleuropneumoniae*, *A. pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$, *A. pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$ + pHLX1300, *A. pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$ + pHLX1301

a = moyenne arithmétique de trois mesures indépendantes d'*A. Pleuropneumoniae* AP76 et d'*A. Pleuropneumoniae* $\Delta hlyX$

Souches	Activité de l'aspartase en conditions anaérobiques
<i>A. pleuropneumoniae</i> AP76	$191 \pm 34a$
<i>A. pleuropneumoniae</i> $\Delta hlyX$	$106 \pm 21a$
<i>A. pleuropneumoniae</i> $\Delta hlyX$ + pHLX1300	$202 \pm 25a$
<i>A. pleuropneumoniae</i> $\Delta hlyX$ + pHLX1301	$104 \pm 13a$

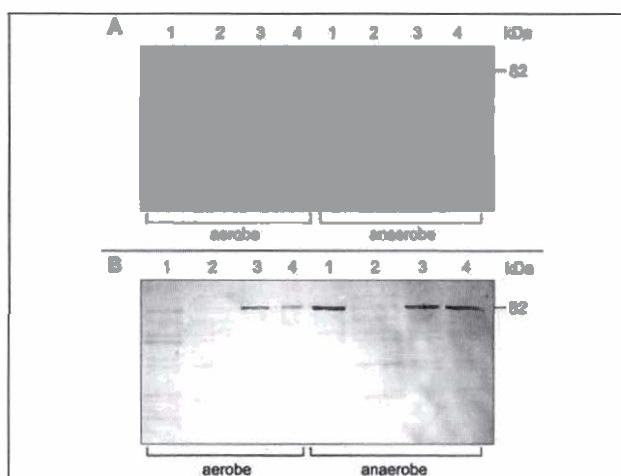


Figure 4 : Western blot : analyse de l'expression du DmsA en conditions anaérobiques : A, Gel coloré avec du bleu de Coomassie ; B : analyse de Western blot : *A. pleuropneumoniae* AP76 (1), *Actinobacillus pleuro-pneumoniae* $\Delta hlyX$ (2), *Actinobacillus pleuro-pneumoniae* $\Delta hlyX$ + pHLX1300 (3) et *Actinobacillus pleuro-pneumoniae* $\Delta hlyX$ (4)

3 Discussions

Baltes et al. (2003) et Jacobsen et al. (2005) ont montré que les enzymes, comme l'aspartase et le DMSO-réductase, étaient associées à la respiration anaérobie d'*Actinobacillus pleuropneumoniae*. Chez *E. coli* les deux enzymes sont régies par le régulateur global FNR (Cotter et Gunsalus, 1989). La protéine FNR induit l'expression de plusieurs gènes dont les produits sont impliqués dans la respiration anaérobie et elle inhibe simultanément l'expression de certains gènes, dont les produits sont impliqués aussi dans la respiration aérobie (Bauer et al. 1999).

HlyX a été identifié comme homologue à FNR chez *Actinobacillus pleuropneumoniae* et l'analyse de la séquence des acides aminés de HlyX a montré une grande similitude avec celle du FNR. (Macinnes et al. 1990).

La forte régulation de l'aspartase et de la DMSO-réductase dans un modèle ex vivo (Baltes et al. 2003 et Jacobsen et al. 2005) a conduit à l'hypothèse qu'une délétion du gène *hlyX* induirait une atténuation de la virulence et une réduction de la persistance.

L'étude était basée sur la construction du mutant par délétion de 883 Pb du gène *hlyX* et la confirmation de la délétion par PCR et séquençage du produit de la PCR. Les prévisions de grosseur étaient de 578 Pb pour le gène mutilé et 1461 Pb pour la souche sauvage. Les résultats de la caractérisation génétique et fonctionnelle du mutant réalisée ont montré qu'il n'y a eu aucun changement du génome et que le mutant construit est bien celui voulu.

Le mutant *A. pleuropneumoniae* Δ *hlyX* a montré une croissance réduite in vitro en conditions anaérobiques, ce qui conduit à la conclusion que le régulateur HlyX est important mais qu'il n'est pas le seul responsable de son adaptation en conditions anaérobiques. L'absence de l'expression de *dmsA*, telle que confirmée par l'analyse de western blot ainsi que l'absence de l'induction de l'activité de l'aspartase du mutant *A. pleuropneumoniae* Δ *hlyX*

confirment que les deux gènes sont régis par le régulateur global HlyX.

Pour conforter ces résultats et exclure d'autres mutations génomiques et effets polaires, le gène *hlyX* a été introduit dans le plasmide pLS88 dans les deux sens par rapport au promoteur *suAB* pour obtenir les plasmides pLYX1300 et pHLX13001. Ces plasmides introduits dans le mutant ont permis de restaurer l'expression de la DMSO-réductase. L'induction de l'activité de l'aspartase n'a pu être obtenue qu'avec le mutant complété avec le plasmide pHLX1300 (gène situé dans le même sens que le promoteur). L'observation, selon laquelle le plasmide pHLX1301 permet aussi d'induire l'expression du *dmsA*, pouvait être liée à la formation éventuelle au hasard d'un faible promoteur de fusion qui a conduit à une expression minimale de HlyX. La haute sensibilité de l'analyse de western blot à l'expression des gènes plus qu'à l'essai de l'aspartase peut en être une autre raison.

4 Conclusion

Le mutant *Actinobacillus pleuropneumoniae* Δ *hlyX* construit n'a présenté aucun changement structural du génome de la bactérie. L'expression du *DmsA* et l'induction de l'aspartase chez le mutant ont pu être inhibées en conditions anaérobiques. La croissance en conditions anaérobiques a été aussi réduite. Le mutant a montré une croissance plus rapide que la souche sauvage en conditions aérobiques. La complémentation du mutant avec le gène *hlyX* entier a pu restaurer l'expression du *DmsA* et l'induction de l'aspartase.

5 Références

- BALTES, N. u. G. F. GERLACH (2004): Identification of genes transcribed by *Actinobacillus pleuropneumoniae* in necrotic porcine lung tissue by using selective capture of transcribed sequences. Infect. Immun. 72, 6711-6716

Caractérisation Génétique et fonctionnelle d'un mutant isogénique

- BALTES, N., I. HENNIG-PAUKA, I. JACOBSEN, A. D. GRUBER u. G. F. GERLACH (2003): Identification of dimethyl sulfoxide reductase in *Actinobacillus pleuropneumoniae* and its role in infection. *Infection and Immunity* 71, 6784-6792
- BALTES, N. (2002): The role of iron in *Actinobacillus pleuropneumoniae* infection: Identification and in vivo characterization of virulence-associated genes. Tierärztliche Hochschule Hannover, PhD-These ,
- BAUER, C. E., S. ELSEN u. T. H. BIRD (1999): Mechanisms for redox control of gene expression. *Annu. Rev. Microbiol* 53, 495-523
- COTTER, P. A. u. R. P. GUNSALUS (1989): Oxygen, nitrate, and molybdenum regulation of dmsABC gene expression in *Escherichia coli*. *J. Bacteriol.* 171, 3817-3823
- DEHIO, C. u. M. MEYER (1997): Maintenance of broad-host-range incompatibility group P and group Q plasmids and transposition of Tn5 in *Bartonella henselae* following conjugal plasmid transfer from *Escherichia coli*. *J. Bacteriol.* 179, 538-540
- GERLACH, G. F., C. ANDERSON, A. A. POTTER, S. KLASHINSKY u. P. J. WILLSON (1992): Cloning and expression of a transferrin-binding protein from *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Infect. Immun.* 60, 892-898
- JACOBSEN, I., I. HENNIG-PAUKA, N. BALTES, M. TROST u. G.-F. GERLACH (2005): Enzymes involved in anaerobic respiration appear to play a role in *Actinobacillus pleuropneumoniae* virulence. *Infect Immun* 73, 226-234
- MACINNES, J. I., J. E. KIM, C. J. LIAN u. G. A. SOLTES (1990): *Actinobacillus pleuropneumoniae* hlyX gene homology with the fnr gene of *Escherichia coli*. *J. Bacteriol.* 172, 4587-4592
- OSWALD, W., W. TONPITAK, G. OHRT u. G. GERLACH (1999): A single-step transconjugation system for the introduction of unmarked deletions into *Actinobacillus pleuropneumoniae* serotype 7 using a sucrose sensitivity marker. *FEMS Microbiol. Lett.* 179, 153-160
- RALEIGH, F. A., K. LECH u. R. BRENT (1989): Selected topics from classical bacterial genetics. In: Ausubel, F. M. et al. (eds.): *Current protocols in molecular biology*, Publishing Associates and Wiley Interscience, N. Y., USA. 1.4.1-1.4.14
- SAMBROOK, J., E. F. FRITSCH, and T. MANIATIS (1989): *Molecular cloning: a laboratory manual*, 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, N. Y
- TONPITAK, W., N. BALTES, I. HENNIG-PAUKA u. G. F. GERLACH (2002): Constructions of an *Actinobacillus pleuropneumoniae* serotype 2 prototype live negative-marker vaccine. *Infect Immun* 70, 7120-7125
- TUNG, W. L. and K. C. CHOW. (1995): A modified medium for efficient electrotransformation of *Escherichia coli*. *Trends Genet.* 11:128-129
- WILLSON, P. J., W. L. ALBRITTON, L. SLANEY u. J. K. SETLOW (1989): Characterization of a multiple antibiotic resistance plasmid from *Haemophilus ducreyi*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 33, 1627-1630

LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DES RACES DE PETITS RUMINANTS AU MALI

Traoré D*, Koïta O*, Sanogo Y*, Nantoumé H**, Kouriba A**, N'Diaye M**,
Fané R*, C.H.T. Diarra**, D. Coulibaly**

* Laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée (LBMA), Faculté des Sciences et Techniques, Université de Bamako / Mali ; BP E 3206 Email : traorediakaridia1998@yahoo.fr

** Institut d'Economie Rurale, Bamako / Mali

Résumé:

Les présentes investigations ont été effectuées dans le but d'étudier la diversité génétique des races de petits ruminants à savoir la chèvre Guéra, la chèvre de Boureïssa, la chèvre du Sahel et le mouton toronké. Au total, 161 échantillons de sang dont 53 de la chèvre Guéra, 48 de la chèvre du Sahel, 29 de la chèvre de Boureïssa et 31 du mouton toronké, ont été prélevés pour les analyses. La technique de RAPD a été utilisée pour étudier la diversité génétique au sein des populations de chèvres et de moutons. Les analyses chez les chèvres ont montré une grande diversité génétique au niveau du génome. La plus grande diversité a été trouvée chez la chèvre du Sahel avec 9 génotypes contre respectivement 6 et 5 chez les chèvres Guéra et de Boureïssa. Au sein de chaque race, une prédominance d'un génotype spécifique dépassant parfois 50% a été observée malgré la grande variabilité génétique. Ainsi, pour la chèvre du Sahel, le génotype le plus fréquent et spécifique à la race a été le type 5 avec 53%. Pour les chèvres Guéra et de Boureïssa les types les plus fréquents ont été respectivement le type 10 et le type 15 avec 38% et 52%. Chez le mouton toronké, la population présente également une grande diversité avec 10 types génétiques identifiés. Le type 1 (différent de celui chez les chèvres) était le plus fréquent avec 26%.

Mots clés: chèvres, moutons, diversité génétique, RAPD

Summary:

These investigations were conducted to study the genetic diversity of breeds of small ruminants namely Guera goat, Boureïssa and Sahel goat and the toronké sheep. In total, 161 bloods samples including 53 of the Guera goats, 48 of the Sahel goats, 29 of the Boureïssa goats and 31 of the toronké sheep were collected for analysis. The RAPD technique has been used to study genetic diversity in the populations. The analysis by goats showed high genetic diversity at the genome level. The greatest diversity was found in the Sahel goats with 9 genotypes contrary to the Guera and Boureïssa breeds where respectively 6 and 5 genotypes were identified. Within each breed, a predominance of a specific genotype with exceeding 50% was observed despite the great genetic diversity. In the Sahel goats, the common and specific genotype to the breed was the type 5 with 53%. In the Guera and Boureïssa goats the most common types were respectively 10 and type 15 with frequencies of 38% and 52%. In the toronké sheep, the population presented a great diversity with 10 genetic types. The type 1 (different from that in goats) was more frequent with 26%.

Keys words: goats, sheep, genetic diversity, RAPD

1. Introduction

Les analyses génétiques, dans l'optique de caractériser les races animales, sont récentes au Mali (Traoré et al, 2009), contrairement aux pays développés où elles sont pratiquées depuis plusieurs décennies (Boulanger et al, 1984 ; Grosclaude et al., 1987).

Plusieurs techniques ont été développées pour accéder à l'information génétique au niveau du génome des êtres vivants. Les analyses à partir de la technique RAPD (random amplified polymorphism DNA) sont parmi celles utilisées dans l'étude du génome.

Les RAPD sont utilisées pour étudier la diversité génétique au sein d'une population ou d'une race bien déterminée. Ils ne ciblent pas des gènes de production mais des régions quelconques du génome (Esmaeelkhanian et al. 2007; Rahman et al, 2006). Le principe de cette technique porte sur l'appariement de l'amorce RAPD (non spécifique) à plusieurs sites de l'ADN. Ces sites de fixation peuvent varier d'un individu à l'autre en fonction de leur génome (polymorphisme génétique). On obtient des profils à plusieurs bandes. Chaque profil spécifique constitue un type génétique. Certaines bandes sont constamment présentes chez tous les individus ; par contre, d'autres peuvent être présentes ou absentes en fonction du génome de l'individu, constituant ainsi la diversité génétique au sein de la population d'étude.

Les études de diversité génétique permettent d'examiner la variabilité génétique au sein d'une population ou d'une race, offrant ainsi les opportunités d'amélioration génétique notamment par voie de sélection.

Les présentes investigations ont été effectuées dans le but d'étudier la diversité génétique des races de petits ruminants, à savoir : la chèvre Guéra, la chèvre de Boureïssa, la chèvre du Sahel et le mouton toronké.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel animal

Au total, 161 échantillons de sang dont 53 de la

chèvre Guéra, 48 de la chèvre du sahel, 29 de la chèvre de Boureïssa et 31 du mouton toronké, ont été prélevés pour les analyses. Les chèvres Guéra provenaient du Centre Régional de Recherche Agronomique de Kayes (Samé), par contre, les chèvres du Sahel et les moutons toronké ont été choisis dans les troupeaux villageois de Ségala (Kayes). Quant à la chèvre de Boureïssa, les échantillons de sang ont été prélevés sur un troupeau du Centre Régional de Recherche Agronomique de GAO.

2.2. Méthodes

2.2.1 Prélèvement sanguin

Les prélèvements de sang ont été effectués au niveau de la veine jugulaire des animaux. Quatre (4) ml de sang total par animal ont été collectés dans des tubes numérotés contenant de l'anticoagulant de type EDTA. Les tubes contenant le sang total ont été placés dans une glacière contenant de la glace et acheminés au laboratoire.

2.2.2 Analyses de laboratoire

Elles ont porté sur:

- la purification de l'ADN à partir des cellules mononuclées en utilisant le KIT- DNA-isolation (QIAGEN);
- l'amplification par la PCR des marqueurs RAPD, et la migration des produits amplifiés sur un gel de 1,5% d'agarose Invitrogen (Electrophorèse).

2.2.3 Amorces utilisées pour l'amplification des marqueurs génétiques RAPD

Les marqueurs RAPD ont été choisis selon la méthode de Esmaeelkhanian et al. (2007) pour les chèvres, et selon celle de Eman et al. (2008) pour le mouton.

Séquences d'amorces simples

RAP2	aatcgggctg	(pour les chèvres)
UBC 751	cccaccacac	(pour le mouton)

La diversité génétique des races de petits ruminants au Mali

2.2.4 Amplification des marqueurs génétiques RAPD

Pour la PCR, 25 ng d'ADN génomique ont été amplifiés dans un volume réactionnel de 20 µl en utilisant 0.5 µM d'amorces, 3,5 mM MgCl₂, 200 µM dNTPs, 1X du Tampon PCR et 1 U de Taq polymérase (Invitrogen).

Un thermocycleur de type PTC-200 (M) Research a été utilisé pour l'amplification suivant le programme ci-dessous:

Tableau 1: Programme d'amplification des marqueurs génétiques RAPD

Etapes de la PCR	Température et temps
Dénaturation initiale de l'ADN	94°C pendant 5 minutes
Dénaturation (à 45 cycles)	94°C pendant 1 minute
Appariement	42°C pendant 1 minute
Elongation	72°C pendant 1 minute
Elongation finale	5 min à 72°C
Conservation	4°C

Les produits de PCR ont été migrés sur un gel d'agarose (BDH electran) à 1,5 %, pendant 60 minutes à 100 volts. La révélation des bandes a été faite à partir du bromure d'éthidium (1µM).

2.2.5 Analyse des données

La diversité génétique à partir des marqueurs RAPD est analysée par comptage des bandes.

Le polymorphisme est observé par l'absence ou la présence de bandes spécifiques. En fonction du profil de migration, différents types génétiques sont identifiés et leur fréquences déterminées.

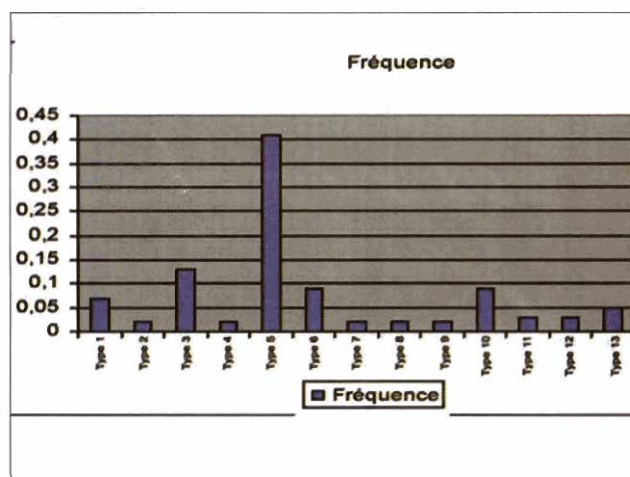


Figure 1: fréquences des génotypes observés chez les deux races (chèvre Guéra et du Sahel)

3. Résultats

3.1. Analyse du marqueur RAPD (RAP2) chez les chèvres Guéra et du Sahel

Pour les deux races étudiées, 13 génotypes ont été observés (Figure 1). Le génotype le plus fréquent a été le type 5 avec plus de 40%. Le tableau I (annexe) montre les profils des différents types génétiques.

La répartition des génotypes à l'aide du diagramme de VEN est donnée à la figure 2. Au total, 9 génotypes ont été identifiés chez la chèvre du Sahel, contrairement à la chèvre Guéra où 6 génotypes ont été observés. Deux génotypes communs à savoir les types 1 et 12 ont été observés dans les deux races.

La diversité génétique des races de petits ruminants au Mali

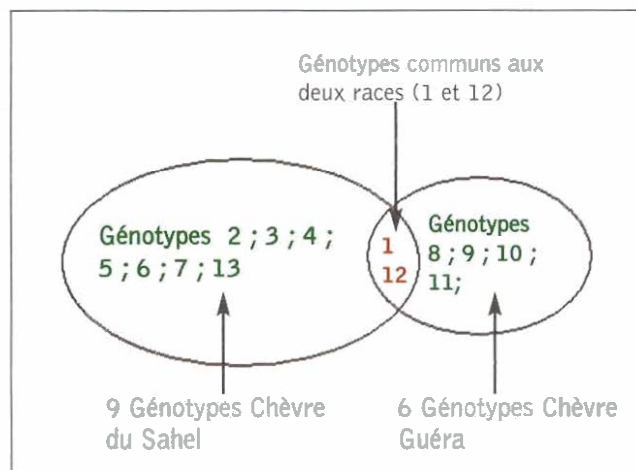


Figure 2 : Répartition des génotypes en fonction des races

Il a été observé une variation de fréquences de types aux sein de la race et d'une race à une autre (Figures 1 ; 4 et 5).

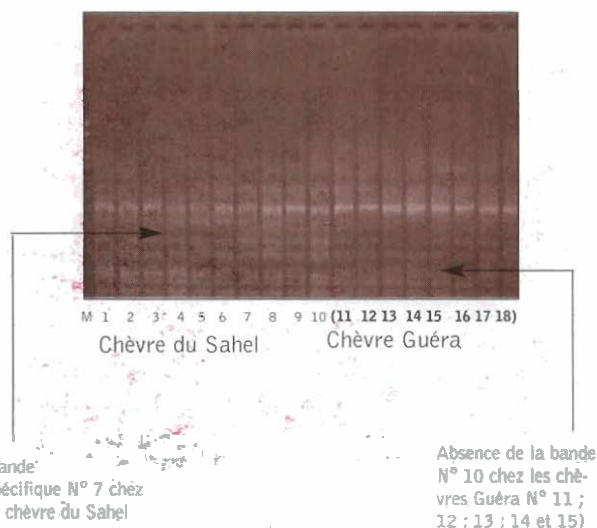


Figure 3 : Gel d'agarose 1,5% donnant le profil génétique à partir du marqueur RAP2 chez la chèvre du Sahel et la chèvre Guéra

Chez la chèvre Guéra, 6 génotypes (figure 4) ont été trouvés avec des fréquences comprises entre 0,08 et 0,38. Le génotype le plus fréquent a été le type 10 avec 38%.

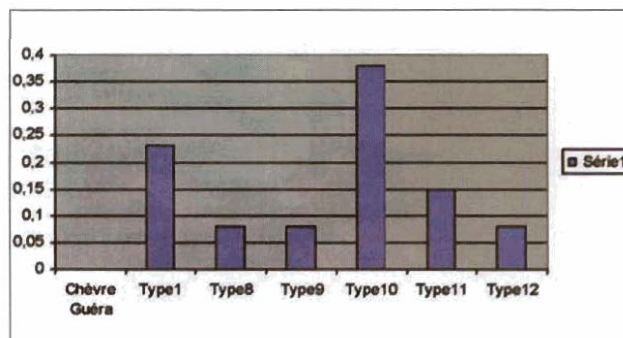


Figure 4 : fréquences des génotypes identifiés chez la chèvre Guéra

Les analyses effectuées sur la chèvre du Sahel ont montré 9 génotypes (figure 5). Le type 5 a été le plus fréquent avec 53%.

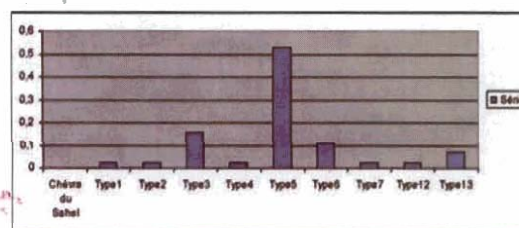


Figure 5 : fréquences des génotypes identifiés chez la chèvre du Sahel

3.2. Analyse du marqueur RAPD (RAP2) chez la chèvre de Boureïssa

Les résultats d'analyse ont permis d'identifier 5 génotypes (Type 1 ; Type 14 ; Type 15 ; Type 16 et Type 17) chez la chèvre de Boureïssa (figure 6). Le type le plus fréquent a été le type 15 avec 52%. Il est suivi du type 1 avec 19%.

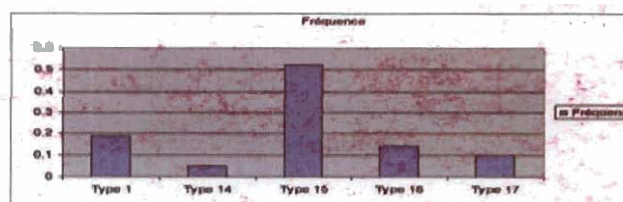


Figure 6 : fréquences des génotypes identifiés chez la chèvre de Boureïssa

L'analyse du marqueur RAPD (RAP2) chez la chèvre de Boureïssa et la chèvre Guéra a révélé 11 génotypes dont le type 1 est commun aux deux races (figure 7).

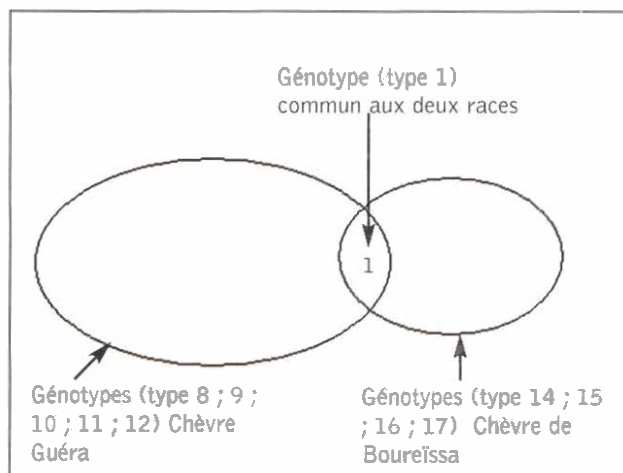


Figure 7: Diagramme de VEN donnant la répartition des génotypes chez les chèvres Guéra et de Boureïssa

3.3. Analyse du marqueur RAPD (UBC 751) chez le mouton toronké

Chez le mouton toronké, les analyses ont également porté sur un marqueur de type RAPD nommé UBC 751. Les nomenclatures (type 1 à 10) sont les mêmes que chez les chèvres ; cependant, les types de mutations sont totalement différents car les marqueurs diffèrent. Dix (10) génotypes ont été identifiés avec une prédominance du type 1 (26%). Les profils des différents types sont donnés dans les tableaux II et III en annexe.

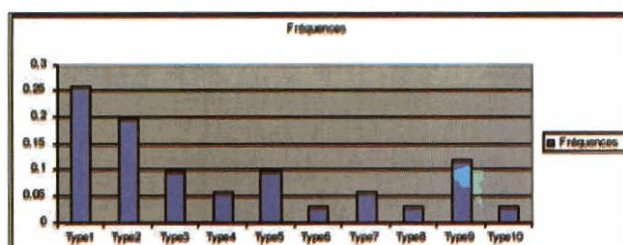


Figure 8: fréquences des génotypes identifiés chez le mouton toronké

4. Discussion

Les analyses génétiques, dans le but de caractériser les races et espèces animales, ont été entreprises

depuis plus de deux décennies à travers le monde (Boulanger et al, 1984, Grosclaude et al. 1987).

Les analyses relatives au marqueur RAPD chez les chèvres dans la présente étude ont montré une grande diversité génétique au niveau du génome. La plus grande diversité a été trouvée chez la chèvre du Sahel avec 9 génotypes contre respectivement 6 et 5 chez les chèvres Guéra et de Boureïssa. Au sein de chaque race, une prédominance d'un génotype spécifique dépassant parfois 50% a été observée malgré la grande diversité génétique. Ainsi, pour la chèvre du Sahel, le génotype le plus fréquent et spécifique à la race a été le type 5 avec 53%. Pour les chèvres Guéra et de Boureïssa les types les plus fréquents ont été respectivement le type 10 et 15 avec 38% et 52%.

Un génotype commun (un type de mutation) aux trois races a été identifié. Il s'agit du type 1. Il est plus fréquent chez les races Guéra et de Boureïssa avec respectivement 23 et 19% que chez la chèvre du Sahel avec 2%. Un autre type de mutation, commun aux chèvres Guéra et de Boureïssa, a été identifié. Il s'agit de l'absence de la bande N° 10 au niveau du profil de migration des bandes chez certains animaux.

Il ressort des analyses, que toutes les trois races de chèvres présentent un génotype spécifique à la race et bien représenté dans l'échantillon étudié. Cependant, du point de vue phylogénétique, la chèvre Guéra est plus proche de la chèvre de Boureïssa que de la chèvre du Sahel.

Chez le mouton toronké, l'échantillon analysé présente également une grande diversité avec 10 types génétiques. Le type 1, différent de celui des chèvres, était le plus fréquent avec 26%.

Des analyses ont été faites par Esmaeelkhanian et al. (2007) pour la comparaison génétique de différentes races de chèvres iraniennes. Les auteurs ont utilisé différentes amorces RAPD et obtenu plusieurs profils polymorphiques pour chaque amorce, le pourcentage de diversité variant d'une amorce à une autre.

Les marqueurs génétiques RAPD présentent l'intérêt de pouvoir étudier la diversité génétique au niveau des parties quelconques du génomes. Les résultats permettent d'informer sur la variabilité

La diversité génétique des races de petits ruminants au Mali

génétique au sein de la population d'étude. Cependant, leur inconvénient est qu'il n'est pas possible d'attribuer les mutations observées à des caractéristiques phénotypiques, performances de production par exemple, bien données de la race.

5. Conclusions

Les analyses génétiques à partir des marqueurs RAPD (RAP2 et UBC 751) chez les quatre races ont montré une grande diversité génétique avec la présence de génotypes spécifiques à chaque race de petits ruminants étudiée.

Du point de vue phylogénétique les résultats ont montré que, la chèvre Guéra est plus proche de la chèvre de Boureïssa que de la chèvre du Sahel.

Références bibliographiques

Boulanger A, Grosclaude F, Mahe M F 1984 Polymorphisme des caséines α s1 et α s2 de la chèvre (*Capra hircus*). Genet. Sel. Evol. 16:157-176

Eman R. M., Othman E. O., Soheir M. El N. and Mohamed A.A. El B.: 2008 Genetic Variation

Between Some Egyptian Sheep Breeds Using RAPD-PCR

Research Journal of Cell and Molecular Biology, 2(2): 46-52.

Esmaelkhanian S., Javanrouh Aliabad A., et Seyedabadi H. (2007): relationships among six Iranian goat populations based on Random Amplified Polymorphic DNA Markers. Pakistant journal of biological science. 10 (17); 2955-2959

Grosclaude F, Mahe M F, Brignon G, Di stasio I and Jeunet R 1987 A Mendelian polymorphism underlying quantitative variations of goat $\cdot$ s1 casein. Genetic Selection Evolution 19 (4) 399-412

Rahman M.A, Rahman S.M.M, Jalil M.A, Sarder Nasir Uddin et Rahman M.M. (2006) : Molecular characterization of black bengal and jumuna pari goat breeds by RAPD markers. American journal of animal and veterinary sciences. 1 (2). 17-22.

Traoré D., Nantoumé H., Koïta O., Sanogo Y., Diarra C.H. (2009) : Caractérisation génétique de la chèvre Guéra, du Sahel, de Boureïssa et du mouton toronké à l'aide de technique de biologie moléculaire. Rapport de recherche 15. Session de la Commission Scientifique du CNRA, Bamako, Mali

Annexes

Tableau Ia: Génotypes identifiés à partir du marqueur RAPD (RAP2) chez la chèvre du Sahel et la chèvre Guéra

N° Bandes	N° Chèvre du Sahel											N° Chèvre Guéra						
	1	6	7	9	10	13	15	16	19	20	03	102	153	178	186	243	347	469
1	1	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-	-	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	-	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Génotypes	Tp5		Tp7	Tp6	Tp3		Tp5	Tp2	Tp1	Tp4	Tp9	Tp10			Typ8	Typ1		

La diversité génétique des races de petits ruminants au Mali

N° Bandes	N° Chèvre du Sahel										N° Chèvre Guéra						
	2	3	4	5	8	11	12	14	18	48	2	21	39	46	60	162	183
1	-	-	1	-		1	1		-	1			1	1	1	1	1
2	-	-	-	-		-	-		-	1			1	1	1	1	-
3	1	1	1	1		1	1		1	1			1	1	1	1	1
4	1	1	1	1		1	1		1	-			1	1	1	1	1
5	-	-	-	-		-	-		-	-			-	-	-	-	-
6	1	1	1	1		1	1		1	1			1	1	1	1	1
7	-	-	-	-		-	-		-	-			-	-	-	-	-
8	1	1	1	1		1	1		1	1			1	1	1	1	1
9	1	1	1	1		1	1		1	-			-	-	-	-	-
10	1	1	1	1		1	1		1	-			-	-	1	1	1
11	1	1	1	1		1	1		1	-			1	1	1	1	1
12	1	1	1	1		1	1		1	1			1	1	1	1	1
13	1	1	1	1		1	1		1	1			1	1	1	1	1
Génotypes	Type 6		Type 5	Type 6	Type 5				Type 6	Type 13		Type 10		Type 11		Type 11	

Tableau IIa: Génotypes identifiés à partir du marqueur RAPD (RAP2) chez la chèvre de Boureïssa

N° bande	N° chèvre de Boureïssa															
	02	03	04	05	06	07	08	09	11	12	15	18	19	20		
1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1			
2	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1			
3	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1			
4	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1			
5	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1			
6	-		-		-	-	1	1	1	1	1	1	1			
7	-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	-			
8	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1			
9	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1			
10	1		-		-	1	-	1	-	-	-	-	-			
11	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1			
12	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1			
13	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Génotypes	Typ16	Typ17			Tp17	Tp16	Tp15	Tp1	Typ15							

La diversité génétique des races de petits ruminants au Mali

Tableau IIb: Génotypes identifiés à partir du marqueur RAPD (RAP2) chez la chèvre de Boureïssa

	N° chèvre de Boureïssa																
	03	10	13	14	16	17	20	2	1	22	23	24	25	26	27		
1	1			-	1		1			1				1			
2	1			-	1		1			1				1			
3	1			1	1		1			1				1			
4	1			1	1		1			1				1			
5	1			1	1		1			1				1			
6	1			1	1		1			1				1			
7	-			-	-		-			1				-			
8	1			1	1		1			1				1			
9	1			1	1		1			1				1			
10	-			-	-		-			1				1			
11	1			1	1		1			1				1			
12	1			1	1		1			1				1			
13	1			1	1		1			1				1			
Génotypes	Typ15			Type 16	Tp15		Tp15			Tp14				Tp1			

Tableau IIIa: Génotypes identifiés à partir du marqueur UBC 75 chez le mouton toronké

N° Bandes	N° Animal																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1			
2	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1			
3	1	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1		1	-	-			
4	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-		-	-	-			
5	1	1	1	1	1	-	-	-	-	1	1		1	1	1			
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1			
7	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-		-	-	-			
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1			
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1			
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1			
Génotypes	Tp1	Tp10	Tp3	Tp6	Tp3	Tp9			Tp5				Tp7					

Tableau IIIb: Génotypes identifiés à partir du marqueur UBC 75 chez le mouton toronké

N° Bandes	N° d'ordre																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	-	-	1	1	1	-	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Génotypes	Tp3	Tp8	Tp2	Tp2	Tp1	Typ4	Typ2	Typ1	Typ4	Tp2		Typ1	Type2		Type1			

ETUDE DE L'INVOLUTION UTÉRINE CHEZ LES ZÉBUS, N'DAMA, MÉTISSES ROUGES DES STEPPES ET MONTBÉLIARD

N'DIAYE M., TOURE A. et TRAORE D.

Dr Mohamed N'DIAYE, Institut d'Economie Rurale, Bamako, rue Mohamed V, BP 258, Bamako, Mali, tél (00223) 7 9046484 et (00223) 20 231905, mohamedndiaye1@yahoo.fr
Dr Diakaridia TRAORE, Laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée, Bamako, Mali, (00223) 66788267, traorediakaridia1998@yahoo.fr;
Amadou TOURE, Mopti

Résumé

L'étude a concerné 43 femelles métisses, zébu et n'dama des troupeaux du Centre de Recherches Zootechniques de Sotuba et de Tienfala. Elle a duré 12 mois et a porté sur l'appréciation de l'involution utérine après des mises bas sans retentions placentaires et sans dystocies ou autres complications. La durée moyenne de la fermeture du cervix pour toutes les femelles a été de $17,76 \pm 8,52$ jours pp. Les lochies ont tari entre le 6^{ième} et le 9^{ième} jour pp. Les durées moyennes de l'involution utérine ont été de $27,36 \pm 7,96$ jours chez les métisses de Sotuba, de $28,66 \pm 7,09$ jours chez les métisses de Tienfala ; de $26,71 \pm 7,76$ jours chez les zébus au CRZ, de $28,00 \pm 5,18$ chez les zébus à Tienfala et de $26,48 \pm 6,48$ jours chez les N'dama des différentes exploitations. Chez les métisses les premières chaleurs sont apparues $42,00 \pm 14,54$ jours post partum. Chez les races locales elles sont apparues $39,87 \pm 3,57$ et $39,04 \pm 4,23$ jours pp respectivement chez les zébus et les n'damas au CRZ et $58,46 \pm 3,76$ jours pp chez les zébus et n'dama à Tienfala.

Mots clés : génotype, cervix, utérus, involution et chaleur, Mali

Abstract

The study included 43 hybrid females, Zebu and N'Dama cattle of Center of Zootechnic Research of Sotuba and Tienfala. It lasted 12 months and focused on the assessment of female uterine involutions after calving without placental retentions and without dystocies or other complications. The average duration of the closure of the cervix for all females and all genotypes combined was 17.76 ± 8.52 days pp. The flow of lochies has dried up between the 6th and 9th day pp. The averages duration of uterine involution were 27.36 ± 7.96 days among hybrids from Sotuba, 28.66 ± 7.09 days among hybrids from Tienfala; 26.71 ± 7.76 days in Zebu at CRZ, 28.00 ± 5.18 days in zebu from Tienfala and $26, 48 \pm 6.48$ days in N'Dama from N'dama of different farms. For hybrids, the first heat appeared 42.00 ± 14.54 days post partum. For local races they appeared 39.87 ± 3.57 days pp and 39.04 ± 4.23 days pp, respectively in zebu and N'dama at the CRZ and 58.46 ± 3.76 days pp in zebu and N'dama in Tienfala.

Keywords: genotype, cervix, uterus, involution and heat, Mali

Etude de l'involution utérine chez les zébus le N'dama, les Métisses rouges des Steppes et le Montbéliard

1. Introduction

La politique nationale d'amélioration génétique du Mali a conduit au développement d'élevages semi intensifs dans les zones péri urbaines et plus particulièrement dans celle du District de Bamako. L'intensification des productions animales dans ces zones a nécessité de gros investissements. Des races exotiques ont été introduites et des efforts considérables ont été déployés pour leur assurer une alimentation riche et équilibrée. Ces deux facteurs ont contribué à améliorer le taux de reproduction des troupeaux et à augmenter significativement la production laitière péri urbaine. La gestion de la reproduction, jadis négligée et laissée aux aléas climatiques, gagne aujourd'hui en importance et devient un secteur clé de la gestion du troupeau. L'objectif un veau par an et par femelle, leitmotiv des éleveurs péri urbains, conditionne une parfaite maîtrise des facteurs influençant la reproduction. Ces facteurs, tels qu'une alimentation équilibrée, une maîtrise des pathologies et une gestion rationnelle du troupeau constituent, entre autres, les bases indispensables au raccourcissement de l'intervalle entre vêlage et saillie fécondante. L'involution utérine revêt alors une importance capitale. C'est pour mieux appréhender et maîtriser la durée de l'involution utérine et l'apparition des premières chaleurs fécondantes que ce thème a été initié.

2. Matériel et méthodes

Le matériel animal a été constitué de 43 vaches de trois troupeaux (1 troupeau du CRZ de Sotuba et 2 troupeaux à Tienfala) ayant vêlé et n'ayant pas présenté de retentions placentaires et de dystocies ou autres complications. Ces femelles ont été de génotypes zébu maure (20), n'dama (6) et métisses (17) réparties comme suit : Rouge des steppes (3 1/2 RST 1/2 ZM ; 3 1/2 RST 1/2 ND ; 5 1/2 RST 1/4 ZM 1/4 ND et 1 1/2 RST 3/4 ZM) et

Montbéliard (5 1/2 MBT 1/2 ZM). Des gants ont servi aux fouilles rectale et vaginale. Un spéculum a été utilisé pour l'examen de la cavité vaginale.

L'étude a duré 12 mois et la méthodologie a consisté à suivre l'involution utérine par fouille rectale et les observations ont été relevées tous les 3 jours, du 3^{ème} au 40^{ème} jour post partum (pp). Le volume, le tonus et la position de l'utérus ont été les paramètres étudiés. Pour le volume de l'utérus, la palpation transrectale a été utilisée. L'ampleur des plis longitudinaux le long de l'utérus a servi à apprécier la tonicité. L'ouverture du cervix a été suivie par la fouille vaginale à l'aide de gants stériles tous les 3 jours, du 3^{ème} au 30^{ème} jour pp. Le degré d'ouverture du cervix a été apprécié en fonction du passage des doigts : 1 à 4 doigts. L'écoulement, la consistance, la couleur et le tarissement des lochies ont fait l'objet aussi d'observation. Les dates des premières chaleurs pp et les saillies fécondantes ont été enregistrées. L'involution utérine a été considérée comme terminée avec le tarissement des lochies, la fermeture du cervix et le retour de l'utérus au volume initial (intra pelvien, palpable dans son entité et volume égal ou inférieur au poignet).

Toutes les femelles suivies ont bénéficié du même programme de prophylaxie. La supplémentation a été composée de paille de brousse, de tourteau de coton, de son de blé et de pierre à lécher.

Le calcul de la variance a été utilisé pour l'analyse des données.

3. Résultats et discussions

Le cervix a commencé à se refermer au 6^{ème} jour pp et à partir du 30^{ème} jour pp ; toutes les femelles suivies dans les différentes exploitations ont eu le col fermé (cf. tableaux 1, 2, 3 et 4).

Etude de l'involution utérine chez les zébus le N'dama, les Métisses rouges des Steppes et le Montbéliard

Tableau I : Ouverture du cervix chez les femelles métisses des trois exploitations (n : 13)

Jours pp Niveau d'ouverture	3 e (%)	6 e (%)	9 e (%)	15 e (%)	21e (%)	30e (%)
4 doigts	38,46					
3 doigts	7,70	23,07				
2 doigts	38,46	30,77	15,38			
1 doigt	15,38	38,46	53,85	46,15	23,07	
Cervix fermé	7,70	30,77	53,85	76,93	100	

Tableau II : Ouverture du cervix chez les femelles zébu maure des exploitations de Tienfala (n : 8) Jours pp

Jours pp Niveau d'ouverture	3 e (%)	6 e (%)	9 e (%)	15 e (%)
4 doigts	37,50			
3 doigts	37,50	12,50		
2 doigts	25	75	13	
1 doigt	12,50	75		
Cervix fermé			12	100

Ce résultat confirme celui obtenu par AGBA (1975) avec une fermeture du cervix à 28 jours pp. La durée moyenne de la fermeture du col pour toutes les femelles, tous les génotypes confondus, a été de $17,76 \pm 8,52$ jours pp.

Pour les femelles zébu maure suivies, le cervix a commencé à se refermer au 9ème jour pp pour 33,33 % à la ferme de Sotuba et pour 12,00 % à Tienfala. Toutes les femelles ont eu le cervix fermé au 15^{ème} jour pp (cf. tableaux II et III).

Tableau III : Ouverture du cervix chez les femelles zébu maure du CRZ (n : 6) Jours pp

Jours pp Niveau d'ouverture	3 e (%)	6 e (%)	9 e (%)	15 e (%)
4 doigts	16,67			
3 doigts	16,67	16,67		
2 doigts	16,66	16,67	16,67	
1 doigt	50	66,66	50	
Cervix fermé			33,33	100

Etude de l'involution utérine chez les zébus le N'dama, les Métisses rouges des Steppes et le Montbéliard

Tableau IV : Ouverture du cervix chez les N'dama (n : 6)

Jours pp Niveau d'ouverture	3 e (%)	6 e (%)	9 e (%)	15 e (%)
4 doigts	16,67			
3 doigts	16,67			
2 doigts	33,33			
1 doigt	33,33	100	50	
Cervix fermé			50	100

Ce résultat diffère de celui obtenu par DIARRA (1982) à la ferme de Sotuba qui a été de l'ordre de 28 jours pp et il confirme celui d'AGBA (1975) qui a été de 14 jours pp. La fermeture du cervix a commencé chez les femelles n'dama à partir du 3^{ème} jour pp et s'est achevée au 15^{ème} jour pp.

L'évolution de l'écoulement, de la couleur et de la consistance des lochies a été fonction de l'ouverture du cervix. Au cours du suivi, les lochies n'ont pas présenté d'odeurs particulières. La consistance a été, au départ, liquide rougeâtre, puis aqueux pour devenir, vers la fin, brunâtre ou rougeâtre. Les lochies devenaient grises blanches ou claires et disparaissaient au 6^{ème} et 9^{ème} jour pp. Cette durée est conforme à celle obtenue par CRAPLET (1952) qui avait trouvé l'arrêt de l'écoulement des lochies entre le 6^{ème} et 12^{ème} jour pp.

L'involution utérine complète a commencé au 21^{ème} jour pp chez les métisses du CRZ de Sotuba (54%) et chez les métisses de Tienfala (33%). A partir du 35^{ème} jour pp toutes les femelles métisses de Tienfala ont eu l'involution utérine achevée (cf. tableau 6).

Tableau V: Involution utérine chez les métisses à Tienfala (n : 6)

Jours pp Volume de l'utérus	3 e (%)	6 e (%)	9 e (%)	15 e (%)	21 e (%)	30 e (%)	35 e (%)
Utérus non palpable dans son entité	66,66	33,34					
Utérus non assemblable sous la main	33,34	66,66	33,34	33,34			
Utérus palpable dans son entité et assemblable sous la main	66,66	66,66	33,34				
Utérus presque normal (volume= poignée de main)	33,33	33,34					
Volume initial	33,33	66,66	100				

Ce n'est qu'au 40^{ème} jour pp que l'involution est terminée chez les métisses du CRZ de Sotuba (cf. tableau V).

Etude de l'involution utérine chez les zébus le N'dama, les Métisses rouges des Steppes et le Montbéliard

Tableau VI : Involution utérine chez les métisses du CRZ de Sotuba (n : 11)

Jours pp Volume de l'utérus	3 e (%)	6 e (%)	9 e (%)	15 e (%)	21 e (%)	30 e (%)	35 e (%)	40e (%)
Utérus non palpable dans son entité	72,73	18,18						
Utérus non assemblable sous la main	27,27	63,64	18,18	9,10				
Utérus palpable dans son entité et assemblable sous la main	18,18	63,64	36,36	9,10	9,10			
Utérus presque normal (volume= poignée de main)	18,18	54,54	36,36	18,18	18,19			
Volume initial					54,54	72,72	81,81	100

Ceci corrobore les résultats de DERIVAUX qui a obtenu une durée d'involution de 28 jours pp. L'involution utérine est achevée en moyenne à $27,36 \pm 7,96$ jours pp chez les métisses de Sotuba et à $28,66 \pm 7,09$ jours chez les métisses de Tienfala.

L'involution utérine des femelles zébu maure, commencée au 21^{ème} jour pp, s'est achevée au 35^{ème} jour PP dans toutes les exploitations (cf. tableaux VII et VIII).

Tableau VII : Involution utérine chez les femelles zébu maure à Sotuba (n : 7)

Jours pp Volume de l'utérus	3 e (%)	6 e (%)	9 e (%)	15 e (%)	21 e (%)	30 e (%)	35 e (%)
Utérus non palpable dans son entité	71,43						
Utérus non assemblable sous la main	28,57	85,72					
Utérus palpable dans son entité et assemblable sous la main		14,28	100	42,86	28,57		
Utérus presque normal (volume= poignée de main)				42,86	28,57	28,57	
Volume initial				14,28	42,86	71,43	100

Etude de l'involution utérine chez les zébus le N'dama, les Métisses rouges des Steppes et le Montbéliard

Tableau VIII : Involution utérine chez les femelles zébu maure à Tienfala (n : 13)

Jours pp Volume de l'utérus	3 e (%)	6 e (%)	9 e (%)	15 e (%)	21 e (%)	30 e (%)	35 e (%)
Utérus non palpable dans son entité	76,63						
Utérus non assemblable sous la main	23,37	92,30	30,77				
Utérus palpable dans son entité et assemblable sous la main		7,70	69,23	53,85	15,38		
Utérus presque normal (volume= poignée de main)				46,15	53,85	15,38	
Volume initial					30,77	84,62	100

La durée moyenne de l'involution a été de $26,71 \pm 7,76$ jours pp au CRZ et de $28,00 \pm 5,18$ à Tienfala. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par DIARRA (1982) qui a observé une durée d'involution de 28 jours chez les zébus et de DENIS (1975) qui a enregistré chez le zébu gobra une durée de 29 jours ou moins 1 jour. L'involution utérine des N'damas a commencé au 15^{ème} jour pp et s'est achevée au 30^{ème} jour pp (cf. tableau IX).

Tableau IX: Involution utérine chez les femelles N'dama des trois exploitations (n : 6)

Jours pp Volume de l'utérus	3 e (%)	6 e (%)	9 e (%)	15 e (%)	21 e (%)	30 e (%)
Utérus non palpable dans son entité	66,66					
Utérus non assemblable sous la main	33,34	83,33				
Utérus palpable dans son entité et assemblable sous la main		16,67	100	16,67	16,66	
Utérus presque normal (volume= poignée de main)				66,66	50	
Volume initial				16,67	33,34	100

Etude de l'involution utérine chez les zébus le N'dama, les Métisses rouges des Steppes et le Montbéliard

La durée moyenne de l'involution chez les n'damas a été de $26,48 \pm 6,48$, ce qui est inférieur aux résultats d'AKPOKODJE et ZWANDOR (1988), de DJABAKOU et GRUNDLER (1991) qui ont observé des durées respectives d'involution utérine chez la n'dama de l'ordre de 30 ± 50 et 31 ± 40 jours. Cependant, les résultats de l'étude corroborent ceux de moins de 30 jours obtenus par MEYER et YESSO (1989).

Les premières chaleurs pp sont apparues entre le 26^{ième} et le 69^{ième} jour pp chez les métisses au CRZ et à Tienfala avec une moyenne de $42,00 \pm 14,54$ jours. Au CRZ de Sotuba, chez les Zébus et les N'dama, les premières chaleurs sont apparues respectivement entre le 26^{ième} et 63^{ième} jour et entre le 27 et 60^{ième} jour pp avec des moyennes respectives d'apparition des chaleurs de $39,87 \pm 3,57$ jours pp et $39,04 \pm 4,23$ jours pp. A Tienfala cette apparition des chaleurs a été comprise entre le 45^{ième} et 74^{ième} jour pp chez les zébus et les N'damas avec une moyenne de $58,46 \pm 3,76$ jours pp. Ces résultats diffèrent de ceux obtenus chez la n'dama par YESSO et al. (1991) de 88 ± 51 jours pour 90 % des femelles et 77 jours pour 48 % des femelles suivies selon GYAWU (1988).

Ces premières chaleurs ont été fécondantes pour toutes les femelles de races locales (N'dama et zébu). Cependant, seules 28% des femelles métisses du CRZ de Sotuba et 78% des métisses de Tienfala ont été fécondées lors des premières chaleurs pp observées.

4. Conclusions

L'étude menée au CRZ de Sotuba et à Tienfala a permis de suivre le processus d'involution utérine chez les femelles métisses de races locales (zébu maure et n'dama). La fermeture du cervix a été observée au bout de 28 jours pp. L'arrêt de l'écoulement des lochies a été constaté entre 6^{ième} et 9^{ième} jour pp. L'involution utérine s'est terminée au bout de 40^{ième} jour pp chez les métisses du CRZ de Sotuba, 35^{ième} jour pp chez les métisses à Tienfala et les zébus maures des différentes exploitations et 30^{ième} jour chez les n'damas. Les premières chaleurs pp sont apparues entre le 26^{ième} et le 69^{ième} jour pp

chez les métisses au CRZ et à Tienfala, entre le 26^{ième} et le 63^{ième} chez les zébus, entre le 27 et le 60^{ième} jour pp chez les n'damas au CRZ de Sotuba. A Tienfala cette apparition des chaleurs a été comprise entre le 45^{ième} et 74^{ième} jour pp chez les zébus maures et les N'damas. Ces premières chaleurs ont été fécondantes pour toutes les femelles de races locales (N'dama et zébu maure). Cependant, seules 28% des femelles métisses du CRZ de Sotuba et 78% des métisses de Tienfala ont été fécondées lors des premières chaleurs pp observées.

Références

- Agba, K. C. 1975 : Particularités anatomiques et fonctionnelles des organes génitaux de la femelle zébu - Thèse d'Etat en Sciences et hygiène vétérinaires - (Dakar. Ecole Inter Etats des Sciences et médecine vétérinaire) - 114 p
- Akpokodje J.U., ZWANDOR N.J. 1988: Post partum uterine involution in N'dama cattle. IN Fondation Internationale pour la Science. Joint seminar on animal reproduction for african countries, Addis-Ababa, 1-15.
- Craplet C. 1952 : Reproduction normale et pathologique des bovins, Première édition, Vigot, Page : 207
- Denis J. P., Gachon G. 1975: Note sur l'involution utérine chez le zébu gobra
- Derivaux J. et Ectors F. 1980 : Physiologie de la gestation et obstétrique vétérinaire, Edition du Point. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop. 24 (4): 475-477
- Diarra M. 1982 : Etude de l'involution utérine chez les vaches et génisses maures au CRZ de Sotuba, mémoire de fin de cycle
- Djabakou K., Grundler G., Lare K. 1991: Involution utérine et reprise de cyclicité post-partum chez les femelles bovines trypanotolérantes: N'dama et Baoulé. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop., 44 (3): 319-324.
- Gyawu P. 1988: study of some factors affecting the

Etude de l'involution utérine chez les zébus le N'dama, les Métisses rouges des Steppes et le Montbéliard

reproductive efficiency (postpartum anoestrus) in N'dama cattle in the Tropics, Rome, FAO, 34 p.

Meyer C., Yesso P. 1989: Etude des variations de la cyclicité chez la vache N'dama et Baoulé (West African Shorthorn) en station. In: Premier atelier de travail sur la reproduction du bétail trypanotolérant en Afrique de l'ouest et centrale. Banjul (Gambie), FAO RAF/88/100.

Yesso P., Meyer C., Doffangui K. 1991: Reprise post-partum et cyclicité des vaches trypanotolérantes en fonction de la variation saisonnière en région centre de Côte d'Ivoire, In: Troisième atelier de travail sur la reproduction du bétail trypanotolérant en Afrique de l'ouest et centrale. FAO RAF/88/100, Banjul (Gambie), 36–54.

PARAMÈTRES GÉNÉTIQUES DES POIDS À DIFFÉRENTS ÂGES TYPES DE JEUNES ZÉBUS PEUL À LA STATION DE RECHERCHE AGRONOMIQUE DE NIONO, MALI

Ousmane NIALIBOULY¹; Mamadou D. COULIBALY²; Aly KOURIBA³; Domo DOLO¹

1. Centre Régional de Recherche Agronomique de Niono, IER; BP 12, Tel 21 35 20 49 / 21 35 20 55
E-mail : ousmane.nialibouly@ier.ml

2. Direction des Productions et Industries Animales (DNPIA); BP 265 Tek. 20 23 67 41.

E-mail : mcoulibaly@dnpia.org

3. Direction Scientifique de l'IER ; BP 258, Tel. 20 22 26 06 / 20 23 19 05. E-mail : aly.kouriba@ier.ml

Résumé

L'étude des performances et paramètres génétiques des poids du zébu Peul a été conduite à la Station de Recherche Agronomique de Niono dont le climat est de type soudano sahélien. Les paramètres génétiques du poids des zébus aux différents âges sont évalués et leurs tendances phénotypiques et génétiques analysées en vue d'élaborer des outils de sélection des jeunes bovins de 24 mois dans le programme de sélection à noyau ouvert. Les performances pondérales ont été évaluées par la méthode de l'analyse de variance, des valeurs génétiques approchées des poids à âges types par le meilleur ajustement linéaire non biaisé (BLUP) et les tendances par l'analyse de régression linéaire. L'analyse de (co)variance a été utilisée pour l'estimation des paramètres génétiques. Les poids sont de 19,3 kg à la naissance; 50,4 kg à 3 mois; 79,7 kg à 6 mois ; 102,2 kg à 9 mois ; 123,2 kg à 12 mois; 160,5 kg à 18 mois et 194,5 kg à 24 mois. Le sexe, l'année de vêlage et le rang de vêlage ont des effets significatifs sur les poids mesurés. L'héritabilité de ces poids varie de 0,13 à 0,36 en fonction de l'âge et leur répétabilité varie de 0,11 à 0,62. La tendance phénotypique oscille entre 0,36 kg et 1,66 kg par an suivant les âges alors que la tendance génétique, également positive, varie entre

0,14 kg et 4,37 kg. Les corrélations génétiques entre les poids aux différents âges varient entre - 0,02 et 0,96.

Mots clés : Poids à âges types, Paramètres génétiques, Performances pondérales, Zébu Peul, Mali.

Abstract

Genetic parameters of the weight at typical age of young Fulani zebu at the Agronomic Research Station of Niono in Mali.

Weight performance and genetic parameters of Fulani zebu were studied at the Agronomic Research Station in Niono, where climate is sudano sahelian type. The genetic parameters of the animal weight at different ages were studied, assessing the phenotypical and genetic trends in view of applying the results to the selection 24 month old animals within an open nucleus selection program. The weight performances have been evaluated by the means of variance analysis. The Best Linear Unbiased Predictor (BLUP) has been used to study the genetic trends. Genetic parameters were established by covariance analysis. Means weights at birth and at 3, 6, 9, 12, 18 and 24 months were 19,3, 50,4, 79,7, 104,2, 123,2, 160,5 and 194,5 kg respectively. The sex, year and parity had significant

Paramètres Génétiques des poids à différents âges types de jeunes zébus peul à la station de recherche agronomique de Niono, Mali

effect on weights. The weight heritability varied between 0, 13 and 0, 36 depending on ages, and their repeatability between 0, 11 and 0, 62. The weight phenotypical trend oscillated between 0, 36 and 1, 66 kg per year depending on ages. Although positive, the genetic trend also fluctuated with age between 0, 14 and 4, 37 kg. The genetic correlations between weights at different ages varied between -0, 02 and 0, 96.

Key Words: Liveweight, age, genetic heritability, Fulani zebu, Mali.

1. Introduction

Les données collectées à la Station d'Élevage et de Recherche Zootechnique du Sahel, à Niono (Mali), ont déjà fait l'objet de nombreuses publications (CIPEA/IER, 1978 ; Kouriba, 1982 et Nialibouly, 1999). Ces résultats ne font cependant pas état d'un accroissement soutenu et consistant des performances pondérales d'une analyse à l'autre après trente ans de sélection (1966-1995). Cette apparente stagnation phénotypique s'expliquerait-elle par i. l'absence de variabilité au sein du troupeau, ii. la dégradation des conditions environnementales et iii. l'inefficacité du programme de sélection utilisé à Niono?

Aussi, une analyse des données de la Station sur la période allant de 1966, date de sa création à 1995, a été effectuée pour évaluer les performances pondérales des animaux et leurs paramètres génétiques (héritabilité, répétabilité). Les tendances phénotypiques et génétiques ont été établies pour les différents poids à âges types jusqu'à l'âge de 2 ans. Les résultats de cette étude devraient alimenter le Programme de Sélection à Noyau Ouvert (PSNO). L'analyse est bornée à l'âge de 2 ans car la sélection devrait s'opérer à cet âge.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Origine des données

2.1.1. Description de la zone d'étude

La Station de Recherche Agronomique de Niono (SRA/N) est située en zone au sud du sahel, avec une pluviosité moyenne annuelle comprise entre 400-500 mm et une température annuelle moyenne de 29°C et une forte évapotranspiration de 1700 mm/an. Les précipitations sont concentrées en une saison, de Juillet à Septembre (hivernage) suivie d'une saison post pluviale (octobre-novembre), puis d'une saison sèche froide (décembre-février) et enfin d'une saison sèche chaude (mars-juin). La base alimentaire des bovins est constituée des pâturages naturels pour la période (juillet – novembre) tandis que les rizières offrent l'essentiel des pâturages pour les saisons sèches froide (décembre – juin).

2.1.2. Origine et Collecte de données

Animaux : En 1966 le troupeau peul de la SRA/N a été fondé par l'acquisition de 50 femelles et d'un géniteur, tous achetés sur les marchés locaux. De 1970 à 1995 son effectif moyen annuel a oscillé autour de 175 têtes avec un minimum de 77 têtes en 1970 et un maximum de 230. Sa structure contenait 7% de veaux femelles; 11,3% de veaux mâles; 3,1% de sevrans femelles; 3,1% de sevrans mâles; de 11,4% de génisses d'élevage; 9,7% de taurillons d'élevage, 35,6% de vaches, 6,9% de génisses reproductrices, 1,9% de taureaux, 8,3% de mâles de 2 ans et plus, et de 1,7% de bœufs de labour.

Schéma d'élevage : Les animaux sont identifiés à l'âge de trois mois par un numéro porté sur une boucle fixée à l'oreille gauche. Les veaux ont reçu entre 0,5 et 1 kg de son ou de farine basse de riz et 0,5 kg d'aliment bétail de l'Huilerie Cotonnière du Mali (ABH) par jour et par animal. Les vaches allaitantes et les vaches en gestation avancée ont reçu au retour de la pâture, 1-2 kg de son de riz et 1-2 kg d'aliment ABH par jour et par animal. Les autres catégories d'animaux ont reçu 1 kg de son de riz et 1 kg d'ABH. Toutes les catégories ont reçu de la paille de riz en vrac en période de soudure (avril-juin). Les géniteurs qui n'étaient pas de service étaient maintenus en permanence dans des boxes individuels et recevaient de la paille de riz ad libi-

Paramètres Génétiques des poids à différents âges types de jeunes zébus peul à la station de recherche agronomique de Niono, Mali

tum, 2 kg de son de riz et 2 kg d'ABH. A partir de 12 mois, les animaux sont séparés, en deux troupeaux distincts. A partir de 200kg ou au plus tard à 2 ans, les génisses sont admises dans le troupeau de reproduction, alors que les mâles sont soumis à une épreuve de sélection. Les mâles non retenus sont soit castrés (bœufs de labour) soit vendus comme reproducteurs sélectionnés aux éleveurs périurbains du pays. Les mâles retenus comme reproducteurs sont isolés. Dans chaque troupeau de reproduction, un géniteur de même race y est maintenu pour 3 mois au terme desquels, 21 jours étaient observés avant l'introduction d'un autre géniteur pour éviter toute ambiguïté sur la paternité des veaux.

Les visites sanitaires sont quotidiennes et les animaux malades sont traités. Les vaccinations contre la pasteurellose et le charbon symptomatique sont pratiquées 2 fois par an tandis que celle contre la péripneumonie est faite 1 fois par an. Le déparasitage interne est opéré 2 fois par an. Les déparasitages externes sont opérés à deux reprises au cours de la saison de pluies.

La traite est manuelle et elle commence environ une semaine après la mise bas. Le sevrage intervient au plus tard à 9 mois. Les pesées sont hebdomadaires pour les veaux et mensuelles pour les autres catégories. Les mesures et observations régulièrement collectées sont portées sur différents livres, cahiers, registres et fiches

2.2. Préparation des données et leur analyse

Un fichier des données de poids est créé à partir des différents registres. Les variables retenues dans cette étude sont les poids à la naissance et à 3, 6, 9, 12, 18, et 24 mois.

L'analyse de ces données de poids porte sur l'influence des :

- facteurs environnementaux (année, saison, parité) et du sexe
- facteurs génétiques (effet père, effet mère).

Tous les fichiers sont constitués d'animaux dont les observations sont complètes et régulières.

Evaluation des performances pondérales : Les performances pondérales des animaux ont été évaluées par une analyse de variance utilisant un

$$Y_{ijkl} = \mu + ai + sej + vk + (ase)_{ji} + (av)_{ki} + (vse)_{jk} + E_{ijkl}$$

modèle linéaire à effet fixe avec la construction suivante :

où

μ = moyenne générale au sens des moindres carrés.

ai = effet de la ième année (i = 1966...1995)

sej = effets du j sexe (j = 1,2)

vk = effet du k^{ème} vêlage (k = 1,2,3,...10)

(ase)_{ji} = effet de l'interaction du jème sexe avec la ième année

(av)_{ki} = effet de l'interaction de la ième année avec le kème vêlage

(vse)_{jk} = effet de l'interaction du kème vêlage avec le jème sexe

E_{ijkl} = résidu aléatoire.

Estimation de la valeur génétique approchée des poids à âges types : elle a été faite en utilisant le modèle taureau de la méthode 'BLUP' (Best Linear Unbiased Prediction : Ajustement Linéaire non Biaisé), Malmfors, 2001., que la sélection effectuée à Niono exploitait essentiellement par la voie mâle. En conséquence, le gain génétique réalisé d'une génération à l'autre est déterminé par les pères. Pour faciliter les estimations, il a été fait l'hypothèse que les pères avaient en moyenne l'âge de 4 ans à la naissance de leurs premiers veaux, ce qui permet de construire des groupes de pères sur l'ensemble de la période de l'étude. Ainsi, la valeur génétique approchée (VGA) par groupe de pères a été calculée.

Tendances génétiques et phénotypiques :

Les tendances phénotypiques ont été analysées en faisant une régression des performances moyennes obtenues à chaque âge sur les années. Les tendances génétiques ont été établies en régressant les VGA obtenues sur les années.

Estimation des paramètres génétiques : Une analyse de covariance a été utilisée pour estimer les paramètres génétiques d'héritabilité, de répétabilité, de variance, covariance et corrélation. Elle a été basée sur la méthode d'un modèle ou l'animal

Paramètres Génétiques des poids à différents âges types de jeunes zébus peul à la station de recherche agronomique de Niono, Mali

constitue la partie aléatoire et la partie fixe est constituée par les facteurs environnementaux incluant, selon la variable concernée, le sexe, l'année et la parité. Le programme Variance Component Estimation version 5 (VCE-5) (Kovac et Greneveld, 2003), a été utilisé pour ces analyses de (co)variance.

III. Résultats

3.1. Poids aux différents âges et facteurs de variation

Les poids moyens, les écarts types et les coefficients de variation observés (tableau I) portent sur un effectif total de 636 têtes dont 341 mâles et 295 femelles (tableau II). Les animaux pèsent en moyenne 19,3 kg à la naissance et 194,5 kg à 24 mois. De la naissance à 24 mois les coefficients de variation se situent entre 16,6 à la naissance et 24,9 % à 9 mois (tableau I).

Tableau I. Moyenne, écart-types et coefficient de variation des poids à âges types

Variables	Poids						
	Naissance	3 mois	6 mois	9 mois	12 mois	18 mois	24 mois
Moyenne (kg)	19,3	50,4	79,7	104,2	123,2	160,5	194,5
Ecart – type	3,2	11,1	18,4	26,0	28,6	32,5	40,1
Coefficient de variation (%)	16,6	22,0	23,1	24,9	23,2	20,2	20,6

Les poids sont significativement influencés le sexe et de l'année de naissance ($P < 0,01$). Toutefois, dans l'ensemble, la parité a un impact limité sur les poids aux différents âges. Les interactions entre ces différents facteurs n'ont pas eu d'effet significatif sur les poids.

La différence entre les mâles et les femelles est notoire et l'effet 'sexe' sur les poids à la naissance, à 12 et 18 mois est hautement significatif ($P < 0,001$), il est significatif aux autres âges ($P < 0,01$). L'écart de poids entre les deux sexes s'accroît de 1,5 kg à la naissance à 17 kg à 24 mois. L'année de naissance influence de manière hautement significative ($P < 0,001$) les poids à tous les âges étudiés. A 24 mois, les animaux les plus légers (138,9 kg) sont ceux qui sont nés en 1982 qui étaient pourtant les plus lourds à la naissance avec

21,5 kg alors que les plus lourds étaient ceux qui sont nés en 1995. A 9 mois, les plus lourds sont ceux qui sont nés en 1991 et les plus légers ceux qui sont nés en 1982

Concernant la parité, elle exerce un effet significatif sur les poids à certains âges. Ainsi, de meilleurs poids à la naissance sont observés pour le 9^{ème} vêlage. D'une façon générale aux autres âges les poids diminuent avec l'augmentation de la parité.

3.2. Paramètres génétiques (héritabilité et répétabilité)

L'héritabilité varie de 0,13 (à 24 mois) à 0,36 (à 12 mois). La répétabilité est la plus élevée aux poids à 9 et 12 mois et la plus faible aux poids à la naissance et à 3 mois (tableau III).

Paramètres Génétiques des poids à différents âges types de jeunes zébus peul à la station de recherche agronomique de Niono, Mali

3.3. Tendances phénotypiques et génétiques des poids à âge type.

Les courbes de tendance phénotypique des poids aux âges étudiés ont la même forme (figure 1). Elles évoluent, toutes, en dents de scie, exceptée la courbe des poids à la naissance qui oscille très faiblement autour de 20 kg. Après la naissance, les poids croissent avec l'âge sous un rythme moyen de 0,360 à 1,661 kg par an entre 3 et 24 mois. L'allure des courbes de tendance génétique est similaire pour les poids à âges types sur l'ensemble de la période

d'étude (figure 2). Le gain génétique en kg par génération estimé par la valeur génétique approchée s'est accumulé aux rythme de 0,144 à la naissance ; 1,689 à 3 mois; 2,241 à 6 mois; 3,335 à 9 mois; 3,693 à 12 mois; 5,231 à 18 mois et 4,378 kg à 24 mois (c'est dire tous les 4 ans). Les coefficients de corrélation établis entre les poids à différents âges sont très disparates variant entre -0,02 et 0,96. Les corrélations sont très faibles entre les poids à 3 et 24 mois d'une part et les poids à la naissance et 9 mois d'autre part (tableau IV).

Tableau II. Poids moyens estimés par la méthode des moindres carrés.

Variables	Effectif		Poids					
		Naissance	3 mois	6 mois	9 mois	12 mois	18 mois	24 mois
Ensemble	636	19,3	50,4	79,7	104,2	123,2	160,5	194,5
Sexe								
Mâle	341	20	53,7	82,2	108,9	129,1	165,7	202,3
Femelle	295	18,5	49,5	77,9	116,3	154,5	185,5	Parité
1	155	18,7	51,5	80,5	105	123,8	163,7	195,6
2	124	19,4	52,7	82,9	108,3	126,9	164,7	197,5
3	96	19,7	51,7	81,1	105,2	124,3	159,4	193,1
4	85	19,9	52,9	80,2	107	126,9	161,6	199,7
5	65	19,7	51,8	77,9	99,7	118,8	156,8	191
6	44	19,6	50,6	77,2	101,8	120,4	156,7	188,4
7	23	20,1	52,1	77,4	100,2	116,8	152,7	185
8	14	19,5	50,2	78,6	99,9	120	148,4	188,1
9	16	20,2	48,4	73	91,6	116,1	159,7	198,8
10	14	17,1	47,1	70,6	87,3	102,8	144,9	186,3
Années de vêlage								
1974	11	20,3	46,5	68,4	93,8	119,1	153,7	189,1
1975	16	19,7	46,3	78,1	106,1	137	176,4	209,1
1976	13	17	47,5	70,2	98,9	123	154,4	172,9
1977	16	17,2	46,8	73,4	88,6	103,7	143,1	168,4
1978	21	16,9	50,2	70,5	83	96	146,6	177,1
1979	20	19,3	51,6	74,2	96,5	117,3	143,9	159,5
1980	16	19,4	47	74	94,4	118,3	159,9	188,5
1981	9	19,9	47,2	67	84,9	105,6	154,4	167,6
1982	20	21,5	44,5	64,7	79	89,1	117,1	138,9
1983	26	20,3	42,7	61,7	79,2	95,4	126,4	149,5
1984	12	18,3	50,8	73,7	93,2	104,3	133,2	158,8
1985	22	19,7	47,4	66,7	81,8	107,1	141,8	172,1
1986	17	20,9	47,9	70,2	96,3	114,1	140,6	188,2
1987	43	19,9	47,4	76,2	107,1	127,6	169	217,2
1988	31	18,5	56,6	92,3	124,1	142,1	172,6	207,3
1989	56	20,4	58,6	93,1	118,6	134,9	168,2	216,7
1990	61	19,4	56,5	91,4	123,7	139,4	177,2	209,7
1991	52	20	60,1	96,9	125,2	146,6	182,2	214
1992	61	19,8	55,4	80,9	110,8	127,8	166,9	205,8
1993	44	18	48,8	76,9	95,1	115,7	151,1	183,7
1994	33	17,9	49,3	76,6	91,4	105,2	153,1	178,9
1995	36	18,9	48,9	73	97,8	129	178,6	221,8

Paramètres Génétiques des poids à différents âges types de jeunes zébus peul à la station de recherche agronomique de Niono, Mali

Tableau III. Paramètres génétiques des poids à la naissance et à 3, 6, 9, 12, 18 et à 24 mois.

Paramètres	Poids						
	Naissance	3 mois	6 mois	9 mois	12 mois	18 mois	24 mois
Variance génétique	3.2	21.4	38.5	127.2	140.4	183.5	95.6
Variance environnement	6.1	76.1	201.8	293.9	243.9	384.0	631.0
Variance phénotypique	9.2	97.4	240.3	421.1	384.4	567.5	726.6
Héritabilité	0.34	0.22	0.16	0.30	0.36	0.32	0.13
Variance inter-individus	210.7	1498.5	40145.8	1332.2	2011.8	1074.2	639.1
Variance intra-individus	523.2	3711.2	19791.5	799.5	1247.4	1258.6	875.3

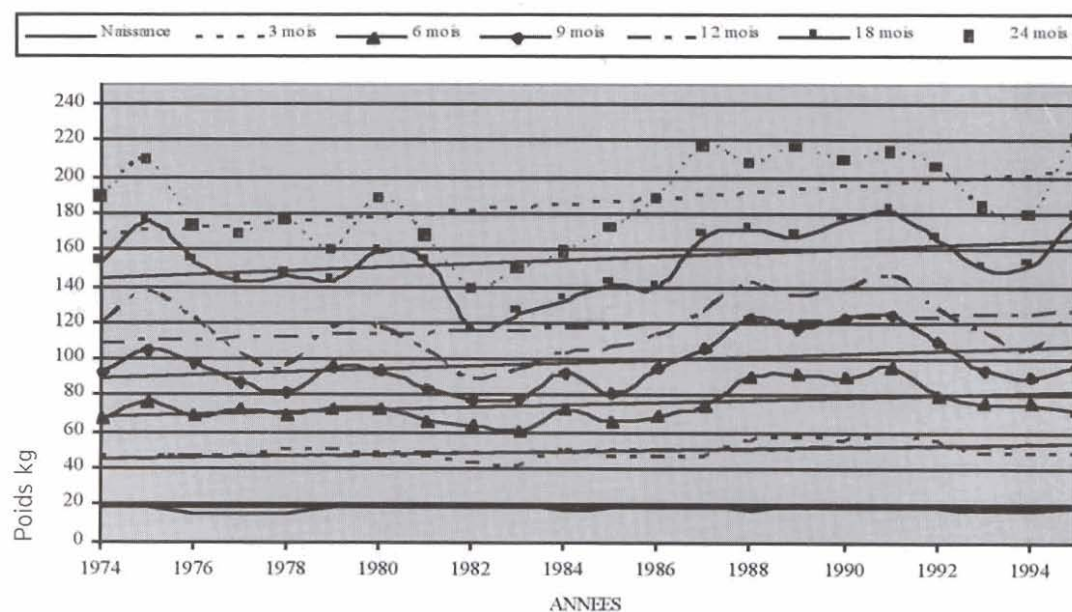


Figure 1. Tendence phénotypique des poids aux différents âges types (naissance, 3, 6, 9, 12, 18, 24 mois).

Paramètres Génétiques des poids à différents âges types de jeunes zébus peul à la station de recherche agronomique de Niono, Mali

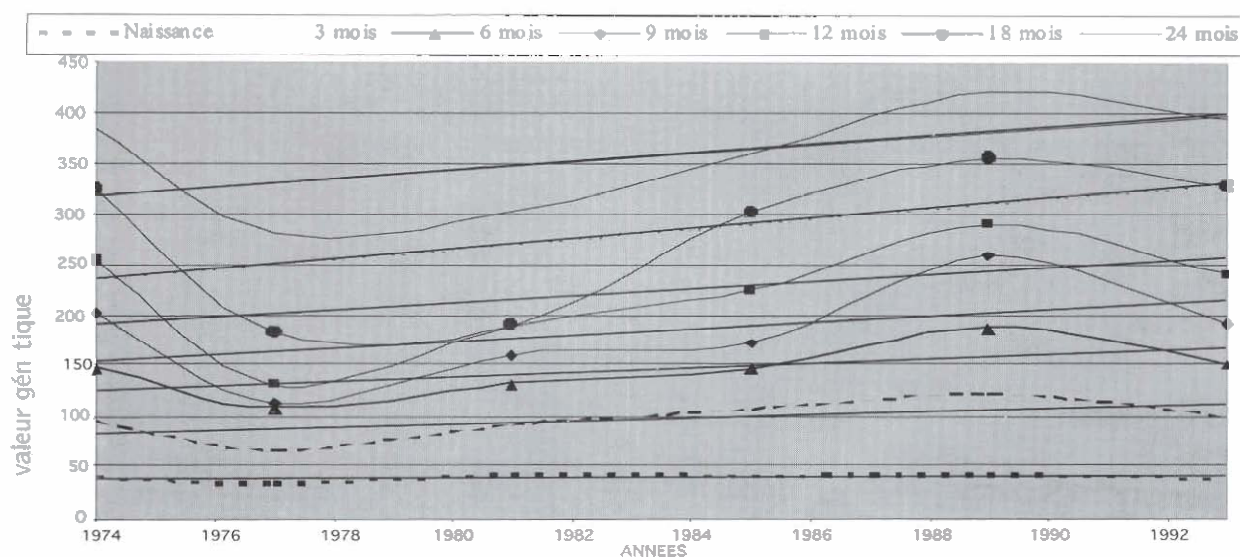


Figure 2. Tendance génétique des poids aux différents âges types (naissance, 3, 6, 9, 12, 18, 24 mois)

Tableau IV. Corrélation génétique entre poids à âges types.

Paramètres	Poids veaux (mois)						
		3	6	9	12	18	24 mois
Poids veaux	Naissance	0.63	0.31	0.001	0.28	0.56	0.13
	3 mois		0.76	0.36	0.42	0.51	-0.02
	6 mois			0.83	0.74	0.71	0.23
	9 mois				0.96	0.35	0.81
	12 mois					0.22	0.63
	18 mois						0.73

4. Discussion

4.1. Performances et facteurs de variation des poids aux âges types

La variabilité phénotypique observée s'établit entre 16% pour le poids et 24,9% pour le poids à 9 mois, justifiant davantage d'efforts de sélection dans le troupeau.

Les résultats confirment le dimorphisme sexuel observés dans les études antérieures et par d'autres auteurs (CIPEA/IER, 1978 ; Kouriba, 1982 ; Nialibouly, 1999 ; ABASSA, 1984 ; GARGA, 1994 ;

MPIRI et al, 1987 et WILSON et al. 1983).

D'importantes variations ont été mises en évidence, mettant en exergue la nécessité de maintenir un environnement d'élevage amélioré et soutenu pour éviter l'évolution des performances du troupeau en dents de scie. La parité influence significativement le poids des jeunes à la naissance, à 3 mois, 12 et 18 mois. Les poids les plus bas sont observés chez les primipares et les vaches à leur 10^{ème} vêlage alors que les meilleurs poids sont observés pour les 2^{ème} à 5^{ème} vêlages. La différence entre poids avant sevrage est liée entre autres, à l'aptitude maternelle

Paramètres Génétiques des poids à différents âges types de jeunes zébus peul à la station de recherche agronomique de Niono, Mali

Sacker, et al, 1966, Lhoste, 1968, Cundiff, et al. (1966), Niemann et Heydenrych, 1965.

La comparaison des résultats obtenus, par les analyses qui se sont succédées à la station de Niono, indique une irrégularité des poids par âge type. En effet, les poids à la naissance et à 24 mois sont plus élevés dans l'étude CIPEA/IER que dans les autres. De façon générale, les poids à la naissance sont plus bas dans l'étude de Kouriba, (1982). Les résultats des deux dernières études (Nialibouly, 1999 et la présente) donnent des poids plus élevés aux âges types 3, 6, 9, 12 et 18 mois. Ces écarts pourraient s'expliquer par la variation des conditions d'élevage (variations saisonnières et interannuelles du potentiel fourrager, l'apport alimentaire additionnel, etc.) comme cela a été observé au CNRZ de Sotuba sur les populations issues des croisements (Tamboura, 1981). Nos résultats concordent avec ceux obtenus par Coulibaly, et Nialibouly, (1998) pour ce qui est des gains avant et après sevrage, mais pour les poids à 9 et 18 mois les présents résultats sont meilleurs. Les poids sont plus faibles que ceux obtenus par Nialibouly, (1999) sur la race maure de la SRA/Niono. Il est de même pour les GMQ pour lesquels les écarts sont plus marqués avant 9 mois (plus de 100 g en faveur des zébus maures). Ceci est en accord avec les conclusions de l'étude CIPEA/IER (1978) qui indique une supériorité de la race Maure pour les aptitudes maternelles. Les poids observés à la station de Niono sont nettement supérieurs à ceux qui sont observés dans les conditions d'élevage traditionnel au Mali rapportés par Wilson, (1983) et Nialibouly, et al. (1989), N'diaye (1996) au Sénégal Symoens, et al (1991) et Dehoux, et al. (1992) au Bénin. Par contre, ces poids sont inférieurs à ceux qui sont rapportés par Belemsaga, (1993) sur le zébu Azawak. Les poids à la naissance et à 12 mois obtenus dans notre étude sont aussi inférieurs à ceux de la race locale en milieu paysan mesurés au nord du Cameroun (Njoya, 1995) ; par contre, le poids à 24 mois obtenu à Niono est supérieur au poids de la même race locale du Cameroun. Il faut noter également que les races Goudali et Wakwa de l'Adamaoua au Cameroun (Lhoste, 1968) sont plus lourdes que le zébu Peul de la SRA/Niono à tout âge. Le constat est le même pour les veaux de la race Oulmès-Zaer

du Maroc (Boujenane, et al. 1998) plus lourds et qui réalisent des gains plus élevés. Il faut noter que les poids observés en Station sont nettement supérieurs à ceux observés sur la même race élevée dans les troupeaux villageois.

4.2. Paramètres d'héritabilité et de répétabilité des poids à âges types

Les coefficients d'héritabilité (h^2) des poids à âges types s'établissent entre 0,13 et 0,36 et se répartissent aisément en deux groupes. Dans un premier groupe, les valeurs sont comprises entre 0,1 et 0,3 et portent sur les poids à 3 mois, 6 mois et 24 mois. Ces poids sont donc modérément influencés par les paramètres génétiques. Dans un second groupe dont les valeurs d'héritabilité sont supérieures à 0,3, il comprend les poids à la naissance, à 9, 12 et 18 mois. Ces poids sont sous une influence génétique plus marquée et le progrès génétique escompté par sélection est rapide. Les coefficients d'héritabilité obtenus sont plus élevés que ceux estimés par CIPEA/IER (1978) excepté l'héritabilité à 6 mois qui est de 0,16 pour la première étude contre 0,32 pour la seconde. Les valeurs de répétabilité (r) des poids à différents âges types (naissance, 3 mois, 6, 9, 12, 18, et 24 mois) varient de 0,40 à 0,62. Les répétabilités les plus élevées sont celles des poids à 6 mois et plus. La répétabilité estimée par Boujenane, al. (1998) pour les poids à la naissance (0,13) est plus faible que nos résultats (0,40). De même, nos estimations de répétabilité pour les poids à 6 mois (0,49) et à 9 mois (0,60) sont plus élevées que celles de Boujenane, et al. (1998) qui sont de 0,18 pour le poids à 6 mois et 0,08 pour le poids à 9 mois.

Au vu des paramètres génétiques établis dans cette étude, il peut être aisément conclu que le format du zébu peul peut être amélioré par la sélection.

4.3. Tendances phénotypiques et génétiques et corrélations des poids à âges types.

La tendance phénotypique observée est une expression régulière des poids à âges types aux rythmes de 0,02 à 1,66 kg par an pour les poids à de la nais-

Paramètres Génétiques des poids à différents âges types de jeunes zébus peul à la station de recherche agronomique de Niono, Mali

sance à 24 mois, correspondant à des gains phénotypiques totaux de 0,4 à 33,2 kg sur la période des 20 ans de sélection de la Station. Les gains génétiques réalisés s'établissent à 0,56 kg pour le poids à la naissance et à 17,52 kg pour le poids à 24 mois au cours des 20 ans de sélection. En accord avec les tendances phénotypiques observées, ils corroborent bien le scénario des effets d'une sélection animale, certes efficace, mal extériorisé par un environnement d'élevage peu propice.

Les coefficients de corrélation génétique entre poids à âges types s'établissent entre -0,02 et +0,96. Pour le poids à la naissance et à 12 et 18 mois, ils sont plus élevés que ceux rapportées par CIPEA/IER (1978) sur le même troupeau qui étaient toutes négatives et de l'ordre de -0,09 à la naissance; -0,16 à 12 mois et -0,02 à 18 mois. Par contre, les corrélations entre les poids à 6, 12 et à 18 mois de CIPEA/IER (1978) sont positives et plus élevées que celles obtenues par la présente étude.

Les résultats de l'étude des corrélations montrent que tous les poids sont positivement corrélés, excepté les poids à 9 mois et à 24 mois. L'analyse judicieuse des coefficients d'héritabilité et de corrélation génétique reste un bon outil d'aide à la décision du choix des caractères pour bâtir un bon programme de sélection. Au vu des résultats obtenus de cette étude, la sélection pour les caractères poids à 9 mois ou à 12 mois permet non seulement d'améliorer ces caractères, mais aussi de maximiser le poids à 24 mois et donc améliorer le format du Zébu Peul.

5. Conclusions

Les facteurs étudiés ont des effets très variables. En effet, les résultats confirment le dimorphisme sexuel observé dans les trois études antérieures sur le troupeau de la Station de Niono. L'année de naissance et la parité ont eu des effets significatifs sur les poids à âge type. L'analyse des tendances phénotypiques montre que les poids à âges types ont connu une amélioration, excepté le poids à la naissance

infirmant l'hypothèse de travail. Les tendances génétiques sont aussi positives et marquées surtout pour les poids à 18 et 24 mois, venant en support d'une certaine efficacité du programme de sélection de la SRA de Niono. L'effet du progrès génétique accumulé au fil des ans a plutôt été amenuisé par les conditions environnementales difficiles, notamment les difficultés d'alimentation du troupeau. En général, les corrélations entre les différents poids à âges types sont plutôt positives, indiquant que l'amélioration du format du Zébu Peul peut être assurée en sélectionnant les animaux sur leur poids de jeune âge, notamment à 9 ou à 12 mois. Il faut cependant noter que le poids à la naissance de par sa faible corrélation avec les autres poids ne serait pas un bon prédicateur de ces derniers. Les poids à 9, 12 et 18 mois sont les plus dictés par le génotype de par les valeurs des coefficients d'héritabilité. Il se trouve également que la répétabilité est plus élevée pour ces poids là. On note une certaine stagnation des niveaux des performances de production, ce qui confirme notre hypothèse de recherche pour les poids.

6. Références citées

1. Abassa, K. P, 1984. Analysis of growth curve parameters of gobra zebu females in Senegal. Trop. Anim. Hlth. Prod. : 19: 223-228.
2. Belemsaga, D. M. A., 1993. Contribution à l'étude de la biologie et de la reproduction du zébu azawak (*bos indicus*) en exploitation semi-intensive au burkina faso. Thèse : méd. Vét., dakar -7, 105p.
3. Boujenane, I.; Ounis, O. ; Taleb, H. A., 1998. Effets des facteurs non génétiques sur les performances de croissance des veaux de race oulmès-zaer. Département des productions animales. Institut agronomique et vétérinaire hassan II. 16p.
4. CIPEA/IER, 1978. Evaluation des productivités des races bovines maures et peules à la station du sahel. Niono. Mali. Afropress itd lusaka,

Paramètres Génétiques des poids à différents âges types de jeunes zébus peul à la station de recherche agronomique de Niono, Mali

128p.

- 5** Coulibaly, M. D. et Nialibouly, O., 1998. Effect of sucking regime on calf growth, milk production and offtake of zebu cattle in Mali. *Tropical animal health and production*, 30, 179-189.
- 6** Cundiff, L. V. ; Willham, R. L. ; Pratt, C. A., 1996. Factor to take into account when adjusting weaning weights of calves Publ. Oklahoma agric. Exp. Stn, No HP78 5-14
- 7** Dehoux, J. P. et Hounsou-ve, G., 1992. Productivité de la race bovine Borgou en milieu traditionnel au nord-est du Bénin. Rapport d'étude n° 1. Projet Développement de l'élevage dans le Borgou-Est, Ministère du développement rural, Bénin.
- 8** Garga, G., 1994. Elevage de la vache Goudali (bos indicus) en milieu traditionnel dans le plateau de l'Adamaoua au Cameroun : Production laitière, contraintes et perspectives d'amélioration. Thèse: Méd. Vét., Dakar; 7, 120p.
- 9** Kouriba, A., 1982. Principales voies d'amélioration des espèces bovines dans les conditions Sahéliennes: Cas des zébus Maure et Peul à la Station du Sahel, Niono, Mali. Thèse: Doctorat INP Toulouse, 103p.
- 10** Kovac, M and Greneveld, E, 2003 . VCE-5 User's Guide and Reference Manual Version 5.1.
- 11** Lhoste, P., 1968. Comportement saisonnier du bétail zébu en Adamaoua camerounais : la croissance avant sevrage pour les veaux de race locale et les métis demi sang Brahama. *Rév. Elev. Méd. Pays Trop.* 1968, 21, (4) : 499-517.
- 12** Malmfors, B., 2001. Teaching Genetic Evaluation with special emphasis on BLUP Animal Model. Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Dept of Animal Breeding and Genetics, Uppsala, ILRI – SLU – Sida training course on Animal Genetic Resources Addis Abeba ,
- 13** Mpiri, D., 1987. Factors affecting performances of Mpwapwa in Mwanza region in Tanzania. A preliminary report. *Ibar : Bull. of anim. health and prod. in Africa*, 35 : 137-140
- 14** NDiaye S.I., 1996. Croissance des jeunes bovins dans les petits élevages traditionnels en zone péri-urbaine. Thèse: Méd. Vét., Dakar; 35, 89p.
- 15** Nialibouly, O. et Coulibaly, M. D., 1989. Caractérisation et sélection du zébu Peul dans le milieu traditionnel. Commissions techniques régionales. CRRA/Niono/IER. Ségou, 26p.
- 16** Nialibouly, O., 1999. Performances de production et de reproduction des zébus Maure et Peul (1986 – 1995) en amélioration à la Station de Recherches Agronomiques de Niono au Mali. Mémoire DEA. UCAD, Dakar, Sénégal.
- 17** Niemann, P. J. ; Heydenrych, H. J., , 1965. Some environment and physiological factors affecting birth and weaning weights of beff calves. *Tech. Commun. Dep. Agric. Tech. Serv. Repub. S. Afr.,* , N° 14
- 18** Njoya A., Bouchel D., Ngo Tama A.C., Moussa C., Martrenchar A., Letenneur L., 1995. Systèmes d'élevage et productivité des bovins en milieu paysan au Nord-Cameroun. Institut de recherches zootechniques et vétérinaires (IRZV), Station de Garoua, Cameroun. 20p.
- 19** Sacker, G. O.; Traill, J. C. M., 1966. A note on milk production of Ankole in Uganda. *Trop. Agric.* , 44 : 247-250.
- 20** Symoens, C. et Hounsou-Ve, G. 1991. Mesures Mesures baryométriques chez le bétail Borgou dans le nord-est du Bénin. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop*, 44(4): 487-490
- 21** Tamboura, A. T., 1981. Performances de bovins

Paramètres Génétiques des poids à différents âges types de jeunes zébus peul à la station de recherche agronomique de Niono, Mali

croisés << races locales et races européennes >>
au Centre National de Recherches
Zootechniques de Sotuba (Mali). Thèse:
Doctorat Institut National Polytechnique,
Toulouse, 148p.

22. Wilson, R.T. ; de Leeuw, P. N. ; de Haan, C.,
1983, Recherches sur les systèmes des zones
arides du Mali: résultats préliminaires. CIPEA,
rapport de recherches n°5, 189p.

PERFORMANCES PONDÉRALES DES ZÉBUS MAURES ET PEULS EN AMÉLIORATION PAR SÉLECTION À LA STATION DE NIONO, MALI.

Ousmane NIALIBOULY¹; Mamadou D. COULIBALY²; Aly KOURIBA³; Domo DOLO¹

1. Centre Régional de Recherche Agronomique de Niono, IER; BP 12, Tel 21 35 20 49 / 21 35 20 55

E-mail : ousmane.nialibouly@ier.ml

2. Direction des Productions et Industries Animales (DNPIA); BP265. Tek. 20 23 67 41.

E-mail : mcoulibaly@dnpia.org

3. Direction Scientifique de l'IER ; BP 258, Tel. 20 22 26 06 / 20 23 19 05. E-mail : aly.kouriba@ier.ml

Résumé

Les performances pondérales des Zébus Maures et Peuls ont été étudiées à la Station de Recherche Agronomique de Niono dont le climat est de type soudano sahélien. La présente étude a pour objet d'établir les paramètres de poids et de l'évolution pondérale des Zébus Maures et Peuls et d'évaluer l'influence des facteurs environnementaux et de la race sur les variables de poids et d'évolution pondérale. Les données collectées sur la période 1986-1995 à la station de recherche agronomique de Niono ont été soumises à l'analyse de variance par la méthode de moindres carrés. Les poids à la naissance ont été de 19,6 kg pour l'ensemble, 19,8 kg pour les Maures et 19,4 kg pour les Peuls tous sexes confondus. Les poids à âges- types obtenus sont les suivants : 54,1 kg à 3 mois; 85,9 kg à 6 mois; 113,6 kg à 9 mois ; 131,2 kg à 12 mois ; 166,6 kg à 18 mois, 200,5 kg à 24 mois; 272,2 kg à 36 mois ; 292,3 kg à 48 mois; 319,2 kg à 60 mois et 361,7kg à 72 mois. Les gains moyens quotidiens (GMQ) observés pendant la période pré sevrage (0-9 mois) et post sevrage (9-18mois) sont de 360 g et 200 g. Les résultats n'ont pas révélé un effet race pour le paramètre de poids. Les poids et les GMQ ont été influencés par le sexe, l'année, la saison et l'ordre de vêlage et les interactions race x sexe et année de naissance x race. Les GMQ ont été également sous l'effet des interactions année de naissance x race et année de naissance x sexe.

Mots clés : Zébu Maure, Zébu Peul, poids, évolution pondérale, élevage en Station, Mali.

Summary:

The Zebu Maure and Fulani weight performance were studied in the station of Agronomic Research in Niono where climate is soudano sahelian type. The objective of the present study is the establishment and weight and of weight gain parameters of Fulani and Maure Zebu breed and to evaluate the effect of environmental and breed factors on weight variables. Data collected from 1986 to 1995 at the agronomic research station of Niono were submitted to variance analysis through least square method. Weights at birth were 19,6 for the overall mean, with 19,8 for the Maure breed and 19,4 for the Fulani breed in both sex. Weights at specific ages were as follow: 54,1 kg at 3 months; 85,9 kg at 6 months; 113,6 kg at 9 months of age; 131,2 kg at 12 months; 166,6 kg at 18 months; 200,5 kg at 24 months; 272,2 kg at 36 months; 292,3 kg at 48 months; 319,2 kg at 60 months and 361,7 kg at 72 months. Pre weaning and post weaning daily weight gain average was 360 g and 200g. No breed effect was found on weight parameters. Weights and average daily weight gain were affected by the year, the season and the calving order. They were also affected by interactions of breed by sex and birth by

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de Niono, Mali

breed. In addition daily weight gain was influenced by the interactions of birth year by breed and of birth year by sex.

KEYS WORDS: Zebu Maure, Zebu Fulani, Weight, Weight increase, Station breeding, Mali.

I. Introduction

La présente étude détermine les performances pondérales des animaux de la Station d'Elevage et de Recherches Zootechniques du Sahel / Niono (SERZS/N). Cette Station sert de cadre à l'amélioration génétique des bovins de races locales (Zébus Maure et Peul) par la sélection dans des conditions rationnelles d'alimentation et de santé pour répondre au souci de faiblesse des performances pondérales des animaux du milieu traditionnel dénoncées par plusieurs auteurs (Garga, 1994 ; Nialibouly et al, 1989 ; Wilson et al, 1983 ; Zamba, 1989). Un volume important de données, de cette Station enregistrées à partir des pesées mensuelles des animaux de 1986 à 1995 est disponible. L'analyse de ces données permettrait de vérifier l'hypothèse de la consolidation et l'amélioration significative des performances acquises au cours des premières phases (de 1966 à 1974, CIPEA/IER, 1978 ; et de 1978 à 1982, Kouriba, 1982) et d'envisager leur capitalisation dans un transfert des outils de sélection développés et du matériel animal amélioré dans les élevages du milieu traditionnel.

La présente étude vise à établir le niveau des performances pondérales et à évaluer l'influence des facteurs génétiques, environnementaux et de l'interaction génotype x milieu. Les données ont été analysées par la méthode des moindres carrés relative aux dispositifs inégaux.

II. Matériels et Méthodes

2.1. Description de la zone d'étude

La Station de Recherches Agronomiques de Niono (SRA/N) est située à 14°30' de latitude nord et 5°45' longitude ouest à une altitude de 277 m dans un climat de type soudano-sahélien.

La Station comprend deux parties distinctes:

la Station proprement dite et le ranch d'embouche d'une superficie de 11 000 ha dont la végétation arbustive est dominée par *Ptérocarpus lucens* et *Combretum micranthum*. Les herbacées annuelles sont dominées par *Zornia glochidiata* (Ministère Chargé du Développement Rural du Mali, 1983).

La zone est marquée par une saison sèche froide allant de décembre à février, une saison sèche chaude allant de mars à juin, une saison pluvieuse allant de juillet à septembre et une saison post-pluviale allant d'octobre à novembre.

2.2. Animaux et conduite du troupeau

Depuis sa constitution, le troupeau expérimental a évolué en vase clos, jusqu'en 1985, pour la race peule et jusqu'en 1992 pour la race maure, dates auxquelles de nouveaux sujets ont été introduits dans le troupeau.

A partir de 12 mois, les jeunes sont séparés par sexe. Leurs conditions d'élevage ne diffèrent pas. A deux ans, ou au poids de 200 kg, les génisses sont admises dans le troupeau de reproduction. A ce même âge, les mâles subissent une sélection sur la base d'un index intégrant les poids à 12 et 18 mois et la production laitière de la mère. Cette sélection tient également compte de la conformation des candidats.

Le régime alimentaire intègre la pâture et une supplémentation à l'auge (au retour des pâturages) à partir de l'aliment Bétail de l'Huilerie Cotonnière du Mali (ABH), du son de riz et de la paille de riz. Les quantités des aliments distribués (ABH et son de riz) varient de 0,5 kg à 2 kg en fonction de leur disponibilité et de la catégorie animale. La paille est distribuée en vrac à raison de 2 kg à 4 kg par tête. La traite est manuelle et partielle, commence une semaine après la mise bas et est pratiquée le soir et le matin. Le sevrage intervient à 9 mois si la vache n'a pas tari avant ce stade. Le programme de santé animale inclut une visite quotidienne au cours de laquelle les malades sont traités. Les immunisations contre la pasteurellose, le charbon symptomatique et la péripneumonie, le déparasitage interne sont pratiqués deux fois par an et le déparasitage externe deux fois en saison de pluies. Des diagnostics de la brucellose et de la tuberculose sont effectués régulièrement.

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de Niono, Mali

2.3. Collecte et analyse des données

Les contrôles des performances sont systématiquement réalisés par des pesées dans les 24 heures qui suivent la naissance, puis à un rythme mensuelle. L'évolution pondérale a été appréciée à partir des différents poids à âges types de la naissance à 72 mois, soit au total 11 âges-types. Les gains ont été obtenus à partir de 9 poids à âges – types. Au préalable le gain quotidien pour chaque animal a été calculé à partir des classes d'âges retenues. Les variables de poids et d'évolution pondérale ont été étudiées sous l'influence de plusieurs facteurs utilisant l'analyse de la variance par la méthode des moindres carrés, relative aux dispositifs inégaux. Le modèle mathématique utilisé est linéaire, additif et inclut les effets fixés de la race, du sexe, de l'année, de la saison et du numéro de vêlage. Les interactions biologiquement interprétables ont été également testées. Le modèle mathématique définitif est donc le suivant :

$$P_{ijklm} = \mu + r_i + x_j + a_k + v_l + s_m + r_{xij} + r_{aik} + E_{ijklmn}$$

où,

P_{ijklm} = observation du sujet de la i ème race, du j ème sexe, de la k ème année de vêlage du l ème

numéro de vêlage et de la m ème saison de vêlage ;

μ = moyenne générale ; r_i = effet de la race ; x_j = effet du sexe ;

a_k = effet année de vêlage ; v_l = effet numéro de vêlage ; s_m = effet saison de vêlage ; r_{xij} = interaction race et sexe ; r_{aik} = interaction race et année de vêlage ; E_{ijklmn} = résidu aléatoire.

Les moyennes ont été comparées par la méthode des contrastes.

III. Résultats

3.1. Poids à âges types et facteurs de variation

Les poids moyens observés et leurs paramètres de variabilité sont donnés dans le Tableau I. En moyenne, les animaux ont pesé 19,6 kg à la naissance et ont réalisé un poids de 361,7 kg à 72 mois avec une grande variabilité traduite par des coefficients de variation s'établissant entre 13,9% pour le poids à 72 mois et 25,4% pour le poids à 18 mois.

Les résultats de l'analyse de variance indiquent que les données étudiées supportent une influence signi-

Tableau I : Valeurs des variables des poids aux différents âges types.

Variables	Effectif	Moyenne (kg)	Ecart - type	CV (%)
Poids à la naissance	939	19,6	4,0	20,5
Poids à 3 mois	900	54,1	10,4	19,1
Poids à 6 mois	846	85,9	16,9	19,7
Poids à 9 mois	878	113,6	22,5	19,9
Poids à 12 mois	829	131,2	23,9	18,2
Poids à 18 mois	756	166,6	42,3	25,4
Poids à 24 mois	634	200,5	32,6	16,3
Poids à 36 mois	379	272,0	41,0	15,1
Poids à 48 mois	221	292,3	43,1	14,8
Poids à 60 mois	125	319,2	49,8	15,6
Poids à 72 mois	96	361,7	50,4	13,9

ficative des facteurs sexe, année, saison de naissance, et l'ordre de vêlage et leurs interactions sur les poids à âges types (tableaux II, III et IV). Les différences de poids entre les mâles et les femelles de la même race sont remarquables et les écarts peuvent atteindre plus de 100 kg à certains âges types. Les écarts de poids entre sexes sont illustrés

par la figure 1.

L'analyse des données par rapport à la race n'a montré aucune différence significative sur les poids, excepté à 48 mois. Cet écart de poids entre les deux races à 48 mois fait ressortir une différence de 16 kg en faveur de la race maure (tableau IV)

La différence entre les mâles et les femelles est

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de Niono, Mali

hautement significative ($P < 0,001$) sur tous les poids. L'écart des poids entre les deux sexes n'a été que d'un kg à la naissance, mais s'est accru au fur et à mesure que les animaux avançaient en âge pour atteindre plus de 100 kg à partir des poids à 60 mois (tableaux II, III et IV).

L'année de naissance a influencé de manière significative tous les poids à âges-types, de la naissance à 72 mois. Cet effet a été significatif ($P < 0,05$) sur les poids à la naissance et 60 mois, significatif sur ceux de 48 et 72 mois, et hautement significatif pour les autres poids. Les animaux nés en 1991 ont été les plus lourds et cette supériorité s'est maintenue jusqu'à l'âge de 18 mois. A partir de cet âge les plus grands poids ne sont plus dictés par une seule année sur plusieurs âges successifs. Ainsi on note qu'à 24 mois les plus lourds ont été les animaux nés en 1987, alors qu'à 36 mois les plus lourds ont été ceux de 1986.

L'influence de la saison de naissance sur les différents poids s'est exercée de manière comparable à celle de l'année de naissance. L'effet de la saison a été significatif ($P < 0,05$) sur les poids à la naissance et à 60 mois et hautement significatif ($P < 0,001$) sur les poids de 3 à 36 mois. Les animaux nés en saison post pluviale (Octobre – Novembre) ont été plus lourds que ceux nés pendant les autres saisons, et cela à tous les âges

.Aucun effet de la saison de naissance n'est observé sur les poids à 72 mois d'âge (tableaux II, III, et IV).

Le numéro de vêlage aussi a eu un effet significatif sur la plupart des poids. Les meilleurs poids, jusqu'à l'âge de 24 mois, ont été observés chez les animaux nés entre les 2^{ème} et 5^{ème} vêlages (tableaux II et III).. En dehors de cette fourchette, des poids inférieurs ont été observés.

L'interaction année de naissance x race seulement s'est révélée influente, mais uniquement pour les poids à la naissance ($P < 0,05$), à 3 et 6 mois ($P < 0,01$). A ces différents âges-types, l'année 1991 a été plus favorable pour les deux races, mais sans que la différence ne soit significative. Les veaux de race Maure nés en 1986 ont pesé moins lourd que ceux nés les autres années, tandis que chez la race Peule, les naissances de 1993 ont donné des veaux les plus faibles en poids. A 3 et 6 mois les deux races ont enregistré les poids les plus faibles en 1986. L'analyse a révélé une différence de poids à la naissance entre les deux races en 1986, 1992, et 1995 à la faveur de la race Maure. A trois mois d'âge cette supériorité est observée seulement en 1989, alors qu'à l'âge de 6 mois l'infériorité de la race Peule est apparue sur 4 années (1987, 1988, 1992, et 1993).

Tableau II : Poids à âge - types estimés par la méthode des moindres carrés.

Variables	Naissance		3 mois		6 mois		9 mois	
	N	Moy.	N	Moy.	N	Moy.	N	Moy.
Ensemble	939	19,6	900	54,1	846	85,9	878	113,6
Race								
Maure	522	19,8	508	54,1	479	86,4	496	114,7
Peule	417	19,4	392	54,2	367	85,3	382	112,3
Sexe								
Mâle	473	20,2 a	441	56,5 a	418	89,5 a	426	120,3 a
Femelle	466	19,1 b	459	51,8 b	428	82,4 b	452	107,4 b

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de Niono, Mali

(Suite) **Tableau II** : Poids à âge - types estimés par la méthode des moindres carrés.

Variables	Naissance		3 mois		6 mois		9 mois	
	N	Moy.	N	Moy.	N	Moy.	N	Moy.
Année de naissance								
1986	57	18,9 b	55	45,6 d	55	69,7 d	53	90,0
1987	94	19,0 b	92	46,2 d	92	73,1 d	91	106,9 c
1988	69	19,0 b	61	57,1 ab	59	91,3 ab	59	124,9 a
1989	115	20,0 ab	116	56,7 ab	108	96,3 a	122	119,9 ab
1990	115	19,5 b	116	55,9 b	105	92,6 a	118	124,4 a
1991	111	21,0 ab	134	59,9 a	128	96,6 a	122	127,4 a
1992	120	19,8 ab	108	56,5 ab	104	86,7 bc	100	114,6 b
1993	100	19,4 b	89	54,9 b	86	84,9 c	82	107,6 c
1994	85	19,3 b	57	49,6 c	39	73,4 d	62	92,2 d
1995	73	19,4 b	72	49,7 c	70	72,1 d	69	102,4 c
Saison de naissance								
Dec.-Janv.-Fev	332	19,5 b	337	53,4 b	310	87,2 b	303	117,1 b
Mars-Av.-Mai-Juin	390	19,3 b	317	55,9 a	292	87,2 b	336	108,4 c
Juil.-Août-Sept.	160	20,3 ab	165	53,3 b	165	78,5 c	164	112,9 bc
Oct.-Nov.	57	20,6 a	81	51,6 b	79	91,3 a	75	124,5 a
Ordre de vêlage								
1	230	18,9 b	207	52,9 a	189	85,2 abc	200	112,6 ab
2	183	19,9 ab	173	55,7 a	164	88,4 a	165	118,1 a
3	151	19,3 ab	144	55,4 a	135	88,1 a	141	117,8 a
4	130	20,4 a	135	55,3 a	125	86,8 ab	130	114,9 a
5	103	20,4 a	99	54,2 ab	99	84,8 abc	97	112,8 ab
6	62	20,0 ab	60	52,1 b	60	82,3 bc	67	107,5 bc
	80	18,9 b	82	51,3 b	74	80,4 c	78	103,7 c

N.B. A l'intérieur du même groupe de variables, les moyennes de la même colonne suivies de lettres différentes diffèrent au seuil de 5%.

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de Niono, Mali

Tableau III: Moyennes des variables des poids à âge - types estimées par la méthode des moindres carrés

Variables	Poids à 12 mois (kg)		Poids à 18 mois (kg)		Poids à 24 mois (kg)	
		N	Moy.	N	Moy.	
Ensemble	829	131,2	756	166,6	634	200,5
Race						
Maure	470	131,7	415	163,9	358	197,9
Peule	359	130,6	341	168,7	276	203,9
Sexe						
Mâle	408	138,7 a	368	174,4 a	271	212,5 a
Femelle	421	124,0 b	388	152,3 b	363	191,6 b
Année de naissance						
1986	53	108,7 dc	52	138,0 c	49	184,0 de
1987	88	129,6 bc	90	172,7 ab	88	223,6 a
1988	59	141,7 abc	60	176,5 ab	46	216,7 ab
1989	130	135,3 ab	119	166,4 ab	117	212,3 ab
1990	117	139,1 ab	115	172,3 ab	106	199,7 c
1991	123	144,3 a	99	179,5 a	66	210,7 b
1992	109	133,7 ab	91	163,1 b	47	190,5 cd
1993	72	120,0 cd	59	169, a ab	63	177,8 e
1994	72	107,9 e	71	146,1 c	52	163,7 f
1995	6	109,8 de	-	-	-	-
Saison de naissance						
Dec.-Janv.-Fev	310	130,2 bc	285	165,1 b	237	202,9 b
Mars-Av.-Mai-Juin	296	127,0 c	251	169,4 ab	224	189,2 c
Juil.-Août-Sept.	151	133,7 b	141	159,5 b	118	204,9 b
Oct.-Nov.	72	147,7 a	79	176,4 a	55	227,0 a
Ordre de vêlage						
1	193	131,3 a	174	171,3	152	197,1
2	156	134,8 a	141	170,4	119	202,5
3	127	132,4 a	124	163,7	100	204,5
4	126	134,7 a	110	168,5	91	205,6
5	87	131,8 a	80	165,7	64	198,3
6	63	124,5 b	56	158,2	47	196,5
7	77	121,3 b	71	158,3	61	196,5

N.B. A l'intérieur du même groupe de variables, les moyennes de la même colonne suivies de lettres différentes diffèrent au seuil de 5%.

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de Niono, Mali

Tableau IV : Moyennes des variables des poids à âge - types estimées par la méthode des moindres carrés (suite et fin)

Variables	Poids à 36 mois (kg)		Poids à 48 mois (kg)		Poids à 60 mois (kg)		Poids à 72 mois (kg)	
	N	Moy.	N	Moy.	N	Moy.	N	Moy.
Ensemble	379	272	221	292,3	125	319,2	96	361,7
Race								
Maure	237	274	139	298 a	80	323,1	59	360,1
Peule	142	269	82	282 b	45	312,3	37	364,2
Sexe								
Mâle	116	293 a	31	372 a	20	443,3 a	15	474,9 a
Femelle	263	263 b	190	279 b	105	298,4 b	81	340,7 b
Année de naissance								
1986	46	290 a	40	300 ab	31	332,3 b	30	366,7 b
1987	76	287 ab	54	309 a	39	324,3 bc	30	352,6 bc
1988	39	282 ab	27	286 bc	9	371,0 a	6	445,3 a
1989	79	269 bc	53	294 ab	23	315,0 c	30	349,0 c
1990	67	262 cd	24	267 c	23	277,0 d	-	-
1991	29	258 cd	23	268 c	-	-	-	-
1992	43	250 d	-	-	-	-	-	-
Saison de naissance								
Dec.-Janv.-Fev	161	277 b	87	294 b	40	317,4 b	36	359,0 a
Mars-Av.-Mai-Juin	113	264 c	70	290 bc	46	318,9 b	28	369,7 a
Juil.-Août-Sept.	72	260 c	47	285 c	28	317,8 b	25	361,5 a
Oct.-Nov.	33	293 a	17	314 a	11	331,5 a	7	344,0 b
Ordre de vêlage								
1	79	267,9	50	289 cd	26	324,0 ab	26	366,3 ab
2	67	276,0	39	292 bc	23	319,3 b	15	347,1 bc
3	61	271,3	39	284 de	22	313,3 bc	13	374,4 a
4	54	276,6	31	310 a	19	332,6 a	16	376,4 a
5	38	262,4	19	277 e	11	305,4 c	7	336,6 c
6	31	275,5	20	301 ab	10	320,2 b	10	337,0 c
7	49	274,2	23	295 bc	14	311,7 bc	9	376,2 a

N.B. A l'intérieur du même groupe de variables, les moyennes de la même colonne suivies de lettres différentes diffèrent au seuil de 5%.

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de Niono, Mali

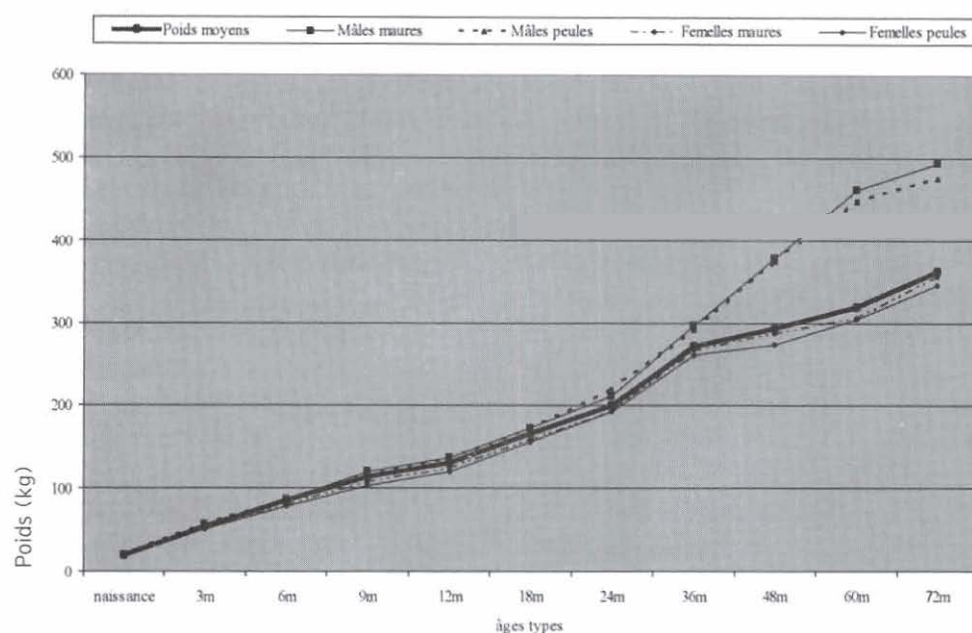


Figure 1: Evolution des poids par race et par sexe.

3.2. Gains Moyens Quotidiens (GMQ) et facteurs de variation

Le GMQ pré-sevrage (0-9 mois) a été de 360 g, tandis que celui du post-sevrage (9-12 mois), n'a été que de 190g. De façon générale, on peut noter que les animaux gagnent moins de poids par jour au fur et à mesure qu'ils avancent en âge (tableau V). La comparaison des moyennes par la méthode des contrastes révèle que les facteurs influençant significativement le GMQ sont le sexe, l'année et la saison de naissance et l'ordre de vêlage (tableaux VI et VII).

Tableau V: Valeurs des variables de gains moyens quotidiens

Variables	Effectif	Moyenne (g)	Ecart - type	Coefficient de variation (%)
GMQ 0 – 3 mois	778	380	130	28,8
GMQ 3 – 6 mois	792	360	160	37,8
GMQ 6 – 9 mois	779	320	170	50,8
GMQ 0 – 9 mois	733	360	100	79,4
GMQ 9 – 12 mois	745	190	160	79,3
GMQ 12 – 18 mois	680	190	110	73,6
GMQ 9 – 18 mois	680	200	110	49,5
GMQ 18 – 24 mois	582	200	150	62,6
GMQ 24 – 36 mois	344	180	130	62,2

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de Niono, Mali

D'une manière générale, les données en gains n'ont pas supporté une influence significative de la race sur la croissance pondérale exceptée sur la phase 12 – 18 mois. Au cours de cette période, les Peuls ont gagné du poids plus rapidement que les Maures (tableau VI).

Le sexe a eu une influence significative ($P < 0,01$) sur la croissance entre les âges 0 – 3 mois et 0 – 9 mois. Après sevrage, c'est seulement entre 18 et 24 mois (tableau VII) que la croissance a varié avec le sexe ($P < 0,05$).

L'année de naissance a eu un effet hautement significatif ($P < 0,001$) sur les GMQ de toutes les classes d'âges considérées (tableau VI). Les années 1988, 1989, 1990 et 1991 ont été plus favorables aux animaux pour réaliser des gains plus importants avant sevrage (0 – 9 mois), tandis que, pour les gains après sevrage (9-18 mois), c'est plutôt en 1994 que les meilleurs gains ont été réalisés (tableau VII). Tout comme pour l'année, l'analyse de variance a révélé un effet hautement significatif ($P < 0,001$) de la saison de naissance sur les GMQ jusqu'à l'âge de 36 mois (tableau VI). Aucune saison ne s'est dégagée plus favorable pour tous les gains pris ensemble. Le meilleur gain avant sevrage

(0 – 9 mois) a été réalisé par les veaux nés en période post pluviale (tableau VII)

L'ordre de vêlage a eu une influence significative sur la croissance des animaux, excepté au cours des périodes de 3-6, 9-12, 9-12 et 12-18 mois (tableau VI). D'une manière générale les rangs de vêlage 2, 3, et 4 ont permis des gains moyens quotidiens plus élevés avant sevrage. (0-9 mois, tableau VII).

Pour les gains moyens quotidiens trois interactions ont eu des effets significatifs : i. l'interaction race x sexe a eu un effet significatif ($P < 0,05$) seulement sur la croissance entre la naissance et 3 mois. Cette différence a été plus remarquable entre les animaux de sexes différents ; ii. l'interaction année de naissance x race a eu un effet significatif sur la croissance excepté sur les périodes 9-12 mois, et 24-36 mois ; iii. l'interaction année de naissance x sexe a eu un effet significatif ($P < 0,01$) après sevrage sur la croissance sur les périodes entre 12-18 et 18-24 mois, par contre, il n'y a eu aucune différence significative des gains moyens quotidiens avant sevrage due à l'interaction année de naissance x sexe avant sevrage.

Tableau VI: Moyennes (en g) des gains moyens quotidiens (GMQ) estimées par la méthode des moindres carrés

Variables	GMQ (g) 0 – 3 mois		GMQ (g) 3 – 6 mois		GMQ (g) 6 – 9 mois		GMQ (g) 9 – 12 mois		GMQ (g) 12 – 18 mois	
	N	Moy.	N	Moy.	N	Moy.	N	Moy.	N	Moy.
Ensemble	778	380	792	360	779	320	745	190	680	190
Race										
Maure	419	380	443	360	437	330	418	190	382	170 b
Peul	359	380	449	350	342	320	327	190	298	210 a
Sexe										
Mâle	385	410 a	393	370	384	360	360	200	332	190
Femelle	393	360 b	399	340	395	290	385	180	348	190

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de Niono, Mali

Suite du Tableau VI: Moyennes (en g) des gains moyens quotidiens (GMQ) estimées par la méthode des moindres carrés

<u>Année de naissance</u>										
1986	47	290 d	51	270 ef	51	220 f	51	200 b	48	160 c
1987	86	300 d	87	300 de	85	370 ab	83	250 a	83	240 a
1988	59	430 ab	57	380 b	57	380 a	57	180 bc	56	190 c
1989	83	420 ab	95	450 a	101	290 d	108	170 bc	108	170 c
1990	94	420 ab	96	420 a	97	390 a	109	170 bc	107	180 c
1991	105	450 a	119	410 b	113	330 c	112	190 b	83	200 b
1992	98	410 b	98	340 c	93	340 bc	95	240 a	77	180 c
1993	88	400 b	85	330 cd	81	270 d	70	150 c	53	160 c
1994	48	300 d	34	280 ef	32	240 ef	54	170 bc	65	230 ab
1995	70	340 c	70	250 f	69	330 c	6	190 b	-	-
<u>Saison de naissance</u>										
Dec.-Janv.-Fev	276	370 b	283	390 b	265	340 b	256	140 c	248	170 b
Mars-Av.-Mai-Juin	308	410 a	276	340 c	284	270 c	273	210 b	237	230 a
Juil.-Août-Sept.	142	370 b	157	280 d	158	390 a	147	220 ab	127	150 b
Oct.-Nov.	52	360 b	76	450 a	72	350 b	69	250 a	68	170 b
<u>Ordre de vêlage</u>										
1	193	380 abc	184	360	182	320 ab	180	200	164	190
2	158	400 a	163	360	155	340 ab	146	190	133	190
3	130	390 ab	132	360	132	340 a	122	180	116	190
4	121	390 ab	125	360	123	320 ab	121	190	103	190
5	95	380 abc	97	350	94	310 ab	83	180	78	180
6	51	360 bc	58	340	59	300 b	61	190	56	180
7	30	350 c	33	350	34	260 c	32	200	30	180

N.B. A l'intérieur du même groupe de variables, les moyennes de la même colonne suivies de lettres différentes diffèrent au seuil de 5%.

Tableau VII: Moyennes (en g) des gains moyens quotidiens (GMQ) estimées par la méthode des moindres carrés.

Variables	GMQ (g) 0 - 9 mois		GMQ (g) 9 - 18 mois		GMQ (g) 18 - 24 mois		GMQ (g) 24 - 36 mois	
	N	Moy.	N	Moy.	N	Moy.	N	Moy.
Ensemble	733	360	680	200	582	200	344	180
Race								
Maure	398	360	382	190	324	200	214	190
Peul	335	350	298	220	258	190	130	170
Sexe								
Mâle	370	380 a	332	210	256	220 a	103	190
Femelle	360	330 b	348	200	326	180 b	241	180

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de Niono, Mali

Suite du Tableau VII: Moyennes (en g) des gains moyens quotidiens (GMQ) estimées par la méthode des moindres carrés.

Année de naissance	51	270 d	48	180 c	47	250 b	44	300 a
1986	85	330 bc	83	240 b	83	290 a	71	180 b
1987	57	400 a	56	190 c	43	210 c	39	120 d
1988	101	400 a	108	200 c	106	260 ab	71	170 bc
1989	84	400 a	107	180 c	97	160 d	61	190 b
1990	95	410 a	83	200 c	61	170 d	26	140 cd
1991	87	350 b	77	210 bc	48	110 e	32	170 bc
1992	80	330 bc	53	160 d	47	150 d	-	-
1993	25	250 d	65	290 a	50	100 e	-	-
1994	68	310 c	-	-	-	-	-	-
1995								
Saison de naissance								
Dec.-Janv.-Fev	256	370 ab	248	190 b	214	220 b	138	210 a
Mars-Av.-Mai-Juin	281	340 b	237	240 a	205	130 c	104	190 a
Juil.-Août-Sept.	141	340 b	127	170 b	111	250 ab	70	120 b
Oct.-Nov.	55	400 a	68	200 b	52	260 a	32	190 a
Ordre de vêlage								
1	172	350 a	164	210	144	180 b	76	140 d
2	143	370 a	133	200	115	190 b	65	190 bc
3	124	370 a	116	200	97	200 b	63	170 cd
4	117	360 a	103	210	90	210 ab	52	230 a
5	92	340 ab	78	190	64	190 b	36	170 cd
6	54	340 ab	56	200	47	210 ab	30	220 ab
7	31	310 b	30	190	25	240 a	22	220 ab

N.B. A l'intérieur du même groupe de variables, les moyennes de la même colonne suivies de lettres différentes diffèrent au seuil de 5%.

IV. Discussion

Les courbes de croissance, pour les poids de la naissance jusqu'à 72 mois, ne sont pas des lignes droites, mais elles montrent une linéarité continue sans différence significative entre sexes de même race. La différence des gains entre sexes de même race a été peu significative (figures 1 et 2), et inférieure à 50 g. Les autres facteurs étudiés ont eu des effets d'importance variable sur la croissance. Pendant que le poids augmente jusqu'à l'âge de 72 mois, les GMQ diminuent mais sans jamais s'annuler (figures 2 et 3). Le gain moyen quotidien dans l'ensemble est de 360 g avant sevrage (0-9 mois),

de 200 g après sevrage (9-18 mois) et de 180 g entre 24 et 36 mois.

Les résultats n'indiquent aucune différence significative entre la race Maure et la race Peule, excepté à 48 mois où l'on observe une supériorité de la race maure en ce qui concerne les poids. De même, en ce qui concerne les GMQ, on note une supériorité de la race peulh sur la période 12-18 mois. Cependant, l'étude de l'IER/CIPEA (1978) signalait une différence des aptitudes maternelles en faveur de la race Maure. Depuis 1989, l'option est de maintenir en permanence des Peuls au Ranch et des Maures sur les périmètres irrigués de la station en saison

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de Niono, Mali

sèche. Dans ces conditions, et à niveau de complémentation égal, on comprend le fait que les Maures n'aient pas pesé plus que les Peuls. Nos données sont en accord avec les observations de KOURIBA (1982), de TRAORE et al. (1971, et 1973) qui supportent que les zébus Maures et Peuls présentent des performances semblables en ce qui concerne la croissance. Les poids des animaux de la SRA/Niono sont nettement supérieurs aux poids de ceux du milieu traditionnel au Mali rapportés par WILSON (1983) et NIALIBOULY et al. (1989) et à ceux des petits élevages périurbains au Sénégal par N'DIAYE (1996). Par contre, nos résultats sont inférieurs aux données rapportées par BELEM-SAGA (1993) aussi bien pour les poids que pour les GMQ sur le zébu Azawak. Il faut noter également que les races Goudali et Wakwa de l'Adamaoua au Cameroun (LHOSTE, 1968) pèsent plus lourds que les zébus Maure et Peul de la SRA/Niono. Nos résultats sont en concordance avec ceux obtenus par COULIBALY et NIALIBOULY (1998) pour ce qui est des gains avant et après sevrage, mais pour les poids à 9 et 18 mois les présents résultats sont meilleurs.

Par rapport à l'effet du sexe, nos résultats confirment le dimorphisme sexuel observé dans les deux études antérieures. Les GMQ, eux, ont évolué en dents de scie de la première classe d'âge à la dernière. Des résultats analogues sur les poids sont observés par plusieurs auteurs. ABASSA (1984) sur les veaux Gobra, GARGA (1994) sur les veaux Goudali à la Station de Wakwa au Cameroun. MPIRI et al. (1987) les zébus Est Africains ont ZAMBA (1989). WILSON et al. (1983), ont observé une différence de poids de 2 kg en faveur des mâles à la naissance dans les troupeaux peulh du milieu traditionnel au Mali.

L'année de naissance a eu un effet hautement significatif sur tous les poids et GMQ étudiés ($P < 0,001$). Pour les mêmes animaux dans le système, les variations de poids sous l'effet de l'année peut être dû, soit à la variabilité pluviométrique qui affecte le disponible alimentaire, soit aux pratiques de la gestion, soit à un gain génétique (IER/CIPEA, 1978).

La saison de naissance est un facteur influant sur les poids à tous les stades. Cette influence a été rap-

portée par les études antérieures. Les meilleurs poids sont obtenus par les animaux nés en saison post pluviale. Les productions de lait élevées à partir des vêlages de cette période, tout comme celles de la saison sèche chaude, ont permis la réalisation des meilleurs poids et gains par les veaux. Nos résultats sont en contradiction avec ceux rapportés par LHOSTE (1968) qui donne les 1^{er} et 2^{ème} trimestres comme périodes favorables de naissance pour obtenir des meilleurs poids.. Divers auteurs ont observé dans des milieux très différents et sur des races différentes, l'importance de la saison de naissance sur la croissance du veau avant et après sevrage. MUGDAL et RAY (1965). MEADE et al. (1963) des races à viande en Floride USA, et WARREN et al. (1965) en Georgie USA.

Le numéro de vêlage a eu une influence sur les poids avant et après sevrage. Les meilleurs poids sont observés sur les animaux des 2^{ème} au 5^{ème} vêlages. La différence des poids avant sevrage peut être liée à la différence d'aptitudes maternelles (SACKER et al. (1971), LHOSTE (1968). CUNDIFF (1966) et al. NIEMANN et HEYDENRYCH (1965).

V. Conclusion.

Les poids moyens enregistrés ont été de 19,6 kg à la naissance, 113,6 kg à 9 mois, et 166,6 kg à 18 mois avec des coefficients de variation élevés. Le pic de poids a été de 361,7 kg à 72 mois. Ceci indique que la maturité pondérale n'est pas atteinte avant cet âge dans les conditions de la Station. Les gains moyens quotidiens sont en moyenne de 360g avant sevrage et 200g après.

Les performances de poids et d'évolution pondérale, réalisées par la race Maure, ne diffèrent pas de façon générale de celles de la race peule bien que la race maure soit mieux appréciée des producteurs que la race peule. L'importance de la variabilité saisonnière et inter annuelle suggère la nécessité de mettre en place un programme adéquat d'alimentation surtout au cours des saisons déficitaires en pluviométrie.

La présente évaluation fait ressortir des performances de poids et de croît faibles même par rapport à

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de Niono, Mali

certaines races des zones tropicales. On retient tout de même la nette supériorité de ces poids à ceux des troupeaux des villages environnants. D'une manière générale, les performances de poids et d'évolution pondérale observées dans cette étude restent du même ordre de grandeur que celles des deux études précédentes. Des études plus approfondies restent cependant nécessaires pour apprécier le rôle qu'a joué le programme de sélection conduit à Niono depuis près de 30 ans.

VI. Références citées

1. ABASSA, K. P., 1987. Analysis of growth curve parameters of Gobra zebu females in Sénégal. *Trop. Anim. Hlth. Prod.* : 19 : 223-228.
2. BELEMSAGA, D. M. A., 1983 - Contribution à l'étude de la biologie et de la reproduction du zébu Azawak (*bos indicus*) en exploitation semi-intensive au Burkina Faso. Thèse : Méd. Vét., Dakar 7, 105p.
3. COULIBALY, M. et NIALIBOULY, O., 1998 - Effect of sucking regime on calf growth, milk production and offtake of zebu cattle in Mali. *Tropical Animal Health and Production*, 30, 179-189.
4. CUNDIFF, L. V.; WILLHAM, R. L. ; PRATT, C. A., 1966. - Factor to take into account when adjusting weaning weights of calves. *Publ. Oklahoma Agric. Exp. Stas.*, (Hp78): 5-14.
5. GARGA, G., 1994. - Elevage de la vache Goudali (*bos indicus*) en milieu traditionnel dans le plateau de l'Adamaoua au Cameroun : Production laitière, contraintes et perspectives d'amélioration. Thèse: Méd. Vét., Dakar; 7, 120p.
6. I.E.R. / C.I.P.E.A, 1978. - Evaluation des productivités des races bovines Maures et Peules à la Station du Sahel. Niono. Mali. Afropress Ltd Lusaka, 128p.
7. KOURIBA, A., 1982. - Principales voies d'amélioration des espèces bovines dans les conditions Sahéliennes: Cas des zébus Maure et Peul à la Station du Sahel, Niono, Mali. - Thèse: Doctorat INP Toulouse, 103p.
8. LHOSTE, P., 1968. - Comportement saisonnier du bétail zébu en Adamaoua camerounais : la croissance avant sevrage pour les veaux de race locale et les métis demi sang Brahama. *Rév. Elev. Med. Pays Trop.* 21, (4): 499-517.
9. MEADE, J. H. ; KIDDER, R. W. ; KOGER, M. ; CROCKETT, S. R., 1963 - Environmental factors affecting weaning weights of beef cattle in the Everglades. *Tech. Bull. Florida Agric. Exp. Stas.*, (663).
10. Ministère Chargé du Développement Rural du Mali. - Bamako, 1983: Projet inventaire des ressources terrestres, Vol. I et II.
11. MPIRI, D., 1987. - Factors affecting performances of Mpwapwa in Mwanza region in Tanzania. A preliminary report. *Ibar: Bull. of anim. health and prod. in Africa*, 35 : 137-140
12. MUGDAL, V. D.; RAY, S. N., 1965. - Growth studies on Indian breeds of cattle I. Studies on the growth of tharparkar cattle. II. Studies on the growth of Sahiwal cattle. *Indian J. Dairy Sci.*, 18 : 14-20.
13. NDIAYE, S.I, 1996. - Croissance des jeunes bovins dans les petits élevages traditionnels en zone périurbaine. Thèse: Méd. Vét., Dakar; 35, 89p.
14. NIALIBOULY, O. et COULIBALY, M. D., 1989. Caractérisation et sélection du zébu Peul dans le milieu traditionnel. Commissions techniques régionales. CRRA/Niono/IER. Ségou, 26p.
15. NIEMANN, P. J.; HEYDENRYCH, H. J., 1965. - Some environment and physiological factors affecting birth and weaning weights of beef calves. *Tech. Commun. Dep. Agric. Tech. Serv.*

Performances pondérales des zébus maures et peuls en amélioration par sélection à la station de Niono, Mali

Repub. S. Afr., N° 14

16. SACKER, G. O.; TRAIL, J. C. M., FISHER, I. L., 1971. - Crossbreeding beef cattle in western Uganda: environment influences on body weight. *Anim. Prod.* 13 :142-152.
17. TRAORE, N. ; AW, D. ; STOLZEMBORG., 1971- Résultats des essais d'engraissement de zébu sahélien à Dougabougou et au Ranch de Niono par l'utilisation des sous produits agricoles de l'Office du Niger. Document SERZ/S, 66p.
18. TRAORE, N. ; AW, D. ; TAMBOURA, T. A., 1973. - Résultats des expériences d'engraissement intensif de zébu à la sucrerie de Dougabougou. Utilisation d'une ration à base d'urée. Document SERZ/S, 61p.
19. WARREN, E. P. ; THRIFT, F. A. ; CARMON, S. L., 1965. Estimates of the effects of certain environment factors on weaning weights of Georgia beef calves. *Tech. Bull. Georgia, Agric. Exp. Stas. N. S.*, (47).
20. WILSON, R.T. ; de LEEUW, P. N. ; de HAAN, C., 1983. Recherches sur les systèmes des zones arides du Mali : résultats préliminaires. CIPEA, rapport de recherches n°5, 189p.
21. ZAMBA, P., 1989.- Performances de reproduction ; poids à la naissance et au sevrage des zébus Goudali et Wakwa de la Station Zootechnique de Wakwa (Cameroun). Thèse: Méd. Vét., Dakar; 41, 115p.

Programme Maïs, CRRA Sotuba

Mission

Le Programme Maïs, à l'instar des autres Programmes de recherche agricole de l'IER, assume les missions suivantes :

Mise au point de nouvelles variétés adaptées et performantes de Maïs; Participe à l'homologation des produits phytosanitaires.

Formation des étudiants, agents de terrain et producteurs sur différents aspects de la production du maïs.

Participe à des foires et expositions à travers le pays et réalise des émissions radio télévisées à l'endroit du monde rural et des décideurs.

Objectifs

Les objectifs de développement à long terme pour la culture du maïs au Mali consistent à contribuer à l'augmentation de la production du maïs à travers l'accroissement de la superficie et du rendement. L'objectif quantifié de la recherche sur le maïs est de porter le rendement moyen de 2.2 T/ha à 3.0 T/ha d'ici 2012. Les rendements devront atteindre 3-4 T/ha dans le Sud et 2-3 T/ha à l'Ouest. Au Centre, l'objectif de la recherche sur le maïs reste la sécurisation de la production.

Domaine de recherche

Les activités de recherche portent sur :

Recherche de variétés adaptées aux différentes zones agro écologiques Diversification et valorisation des produits pour l'agro-industrie au Mali Recherche d'itinéraires techniques performants : fertilisation, lutte contre les adventices, conservation, etc.

Acquis du programme

La production nationale de maïs est passée de 50.000 T en 1980 à plus de 600.000 T depuis 2005, cela grâce aux efforts conjugués de la recherche, la vulgarisation, les ONG et les producteurs. Les principales variétés proposées à la vulgarisation sont :

Tiémanitié : Période de diffusion : 1970

Cycle : 110 - 115 jours, grain jaune corné

Rendement moyen : 4 - 5 T/ha

Sotubaka : Période de diffusion : 1995

Cycle : 100 - 110 jours, grain jaune corné

Rendement moyen milieu paysan : 4-5 T/ha

Deimbanyuman : Période de diffusion : 1998

Cycle : Grain blanc dente 105 - 110 jours

Rendement milieu paysan : 4 - 5 T/ha

Jorobana : Période de diffusion : 2008

Cycle : 70-80 jours, grain blanc corné

Rendement milieu paysan : 2-3T/ha

Malihybride7 : Période de diffusion : 2008

Cycle : 100-110jours, grain blanc luisant corné

Rendement en milieu paysan : 6T/ha

Ntji.coulibaly@ier.mli Tel : 6715342/2241829