



Modèle de régression optimale des traits de conformation et de la production laitière des troupeaux bovins de race kouri élevés à la station de Sayam du Niger.

K.I. Adamou^{*12}, A.A. Boubacar², M. Issa³, H. Mouloul², H. Abdou⁴, S. Malam Bako⁵ et H. Marichatou²

¹Département des Productions Animales, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Niamey, Niger.

²Faculté des Sciences Agronomiques, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niamey, Niger.

³Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niamey, Niger.

⁴Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Tillabéry, Tillabéry, Niger.

⁵Centre de Multiplication du Bétail du Niger, Niamey, Niger.

Correspondance à envoyer à : ADAMOU KARIMOU Ibrahim, Département des Productions Animales, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Niamey, Niger. Tel: +227 96826179. Adresse électronique : adamouki2008@yahoo.fr

Original submitted in on 1st February 2017. Published online at www.m.elewa.org on 31st May 2017
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v113i1.8>

RÉSUMÉ

Objectif : évaluer en station, la pertinence des traits de conformation traditionnellement privilégiés par les éleveurs kouri, pour l'identification des meilleures vaches laitières.

Méthodologie et résultats : La production laitière et treize traits biométriques ont été évalués sur 54 vaches, de septembre 2015 à février 2016, au Centre de Multiplication de Bétail de Sayam, après six (6) mois de contrôle laitier. Il est constaté que la production laitière journalière était positivement corrélée aux traits de conformation du bassin (largeur aux ischions ($r = 0.35^{**}$) et la largeur aux trochanters ($r = 0.36^{**}$)), à la profondeur de poitrine ($r = 0.27^*$), à la largeur aux poitrines ($r = 0.29^*$) et au rapport de la largeur aux poitrines sur la largeur aux hanches ($r = 0.28^*$). Le modèle de régression optimale de la production laitière qui s'est bien ajusté de façon hautement significative ($p = 0.004$) est un modèle utilisant la largeur-Trochanters et le rapport largeur-Poitrine/Largeur-hanche comme indices prévisionnels. La valeur du R carrée ajusté du modèle et de l'erreur standard des résidus étaient respectivement 0.16 et 0.43.

Conclusion et perspectives : les traits biométriques intéressants, identifiés comme promoteurs dans cette étude, peuvent être inclus dans le développement de mécanismes de sélection qui peut encore être couplé à des techniques modernes de sélection. Le modèle ainsi obtenu, pourrait être utilisé pour prédire la production de lait des vaches kouri ou à des fins de sélection.

Mots clés : Corrélacion, modélisation, traits de conformation, production laitière, kouri

Optimal regression model of conformation traits and milk production of kouri cattle herds raised at the Sayam station of Niger.

ABSTRACT

Objective : To evaluate the suitability of traditionally favored conformation traits by kouri breeders for the identification of the best dairy cows.

Methodology and results : Milk production and thirteen biometric traits were evaluated on 54 cows, from September 2015 to February 2016, at the Sayam Livestock Multiplication Center, After six (6) months of dairy control. It was found that daily milk production was positively correlated with basin conformation traits (width at ischium ($r = 0.35^{**}$), and the width at the trochanters ($r = 0.36^{**}$)), the depth of chest ($r = 0.27^*$), the chest width ($r = 0.29^*$) and the ratio of chest width to width at the hips ($r = 0.28^*$). The optimal regression model of dairy production which has been adjusted in a highly significant way ($p = 0.004$) is a model using the width at trochanters and the width- chest / width-hip ratio as a predictive index. The values of the adjusted square R of the model and of the standard error of residuals are respectively 0.16 and 0.43.

Conclusion and perspectives: The interesting biometric traits identified as promoters in this study can be included in the development of selection mechanisms that can still be coupled with modern selection techniques. The model thus obtained could be used to predict the milk production of kouri cows or for breeding purposes.

Key words: Correlation, modeling, conformation traits, milk production, kouri

INTRODUCTION

Dans les pays du Sud, en Afrique, il existe très peu de programmes de sélection pour soutenir les faibles productions animales. Les tentatives de développement de programmes consistaient le plus souvent à importer des génotypes plus productifs provenant des pays tempérés. Ces génotypes ne correspondaient ni aux objectifs de sélection des éleveurs, ni à leurs méthodes de gestion des troupeaux dans des systèmes traditionnels à faibles intrants (Kosgey et al., 2006). En élevage intensif, la sélection des animaux se base sur des index génétiques des caractères de reproduction et de production (FGE, 2011). Dans les systèmes d'élevage traditionnel par contre, les éleveurs s'appuient sur l'évaluation visuelle ainsi que sur leur souvenir des tendances de la production laitière pour tenter de sélectionner les meilleurs animaux (Belli et al., 2008 et Mwambene et al., 2012). Le savoir endogène sur les pratiques d'amélioration des performances zootechniques ont fait l'objet d'un

premier travail chez les éleveurs kouri du Niger (article sous presse). Les traits de conformation traditionnellement privilégiés pour l'identification des meilleures vaches laitières sont connus. Cependant, il existe une grande variation dans la perception de ces traits due à des exigences potentiellement liées à des traditions ethniques très différentes. Suite à ces discordances dans la reconnaissance des traits physiques des types laitiers des populations de kouri, cette étude vise, au titre d'une première étape dans le développement d'outils d'aide à la décision, l'évaluation objective des choix recueillis auprès des éleveurs. De façon spécifique, il s'agit d'apprécier en station, les liaisons entre traits biométriques et performances laitières par l'analyse des corrélations, la modélisation multiple et au delà, à déterminer des qualités particulières dans le but d'optimiser l'utilisation de la race dans les systèmes traditionnels de production.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zone d'étude : Cette étude expérimentale a été conduite au Centre Secondaire de Multiplication de Bétail (CSMB) de Sayam situé à 70 km, au Nord-est de Diffa (Figure 1). Le climat est de type sahélien dans la partie sud et

saharo-sahélien au nord. Il est caractérisé par une courte saison humide et une longue saison sèche. La pluviométrie varie du sud vers le nord de 400 mm à 200 mm. La température maximale mensuelle moyenne est

de 42,3 °C. La végétation est caractérisée de façon générale par une faible densité, une croissance lente et des régénérations naturelles faibles (DRATDC, 2008).

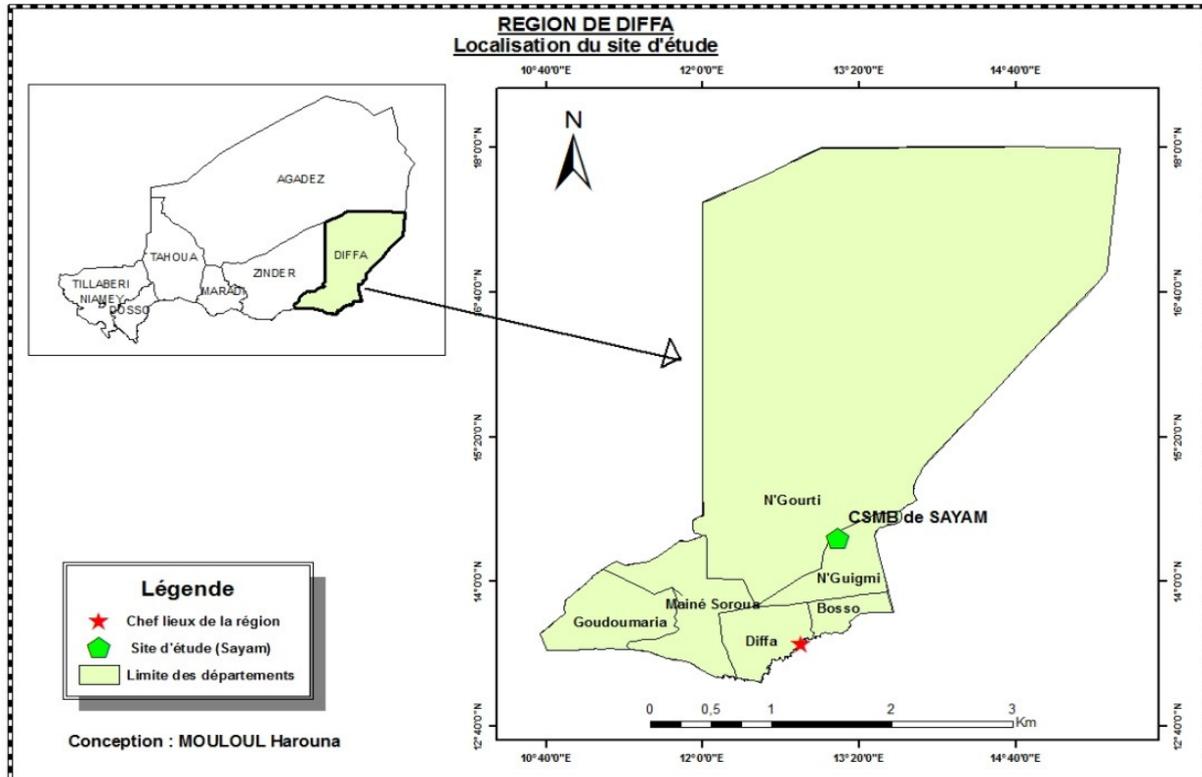


Figure 1 : Situation géographique de la station de Sayam

Les méthodes de mesure biométrique : En station, treize traits (13) biométriques quantitatifs ont été mesurés, pendant les trois premiers mois de lactation, sur des points de référence anatomiques précis (Atkins *et al.*, 2008 et FGE, 2014). Les parties du corps mesurées étaient (Figure 2) : la profondeur de poitrine (PrP), la largeur aux poitrines (LaP), la largeur aux ischions (LaI), la largeur aux trochanters (LaT), la largeur aux hanches (LaH), la largeur du mufle (LaM), la hauteur au garrot (HG), la longueur de dessus (LoD), la longueur du bassin

(LoB), la longueur des trayons (LoTr), la largeur des trayons (LaTr), la grosseur des canons (GrC) et la longueur de la queue (LoQ). Le rapport Largeur-poitrine/Largeur-hanche a été calculé pour chaque vache à partir des mesures effectuées. La hauteur au garrot a été mesurée par une canne toise, les dimensions des trayons par un fil millimétré, la longueur de la queue et la grosseur des canons par un ruban métrique et les autres traits biométriques par une règle millimétrée d'un mètre.

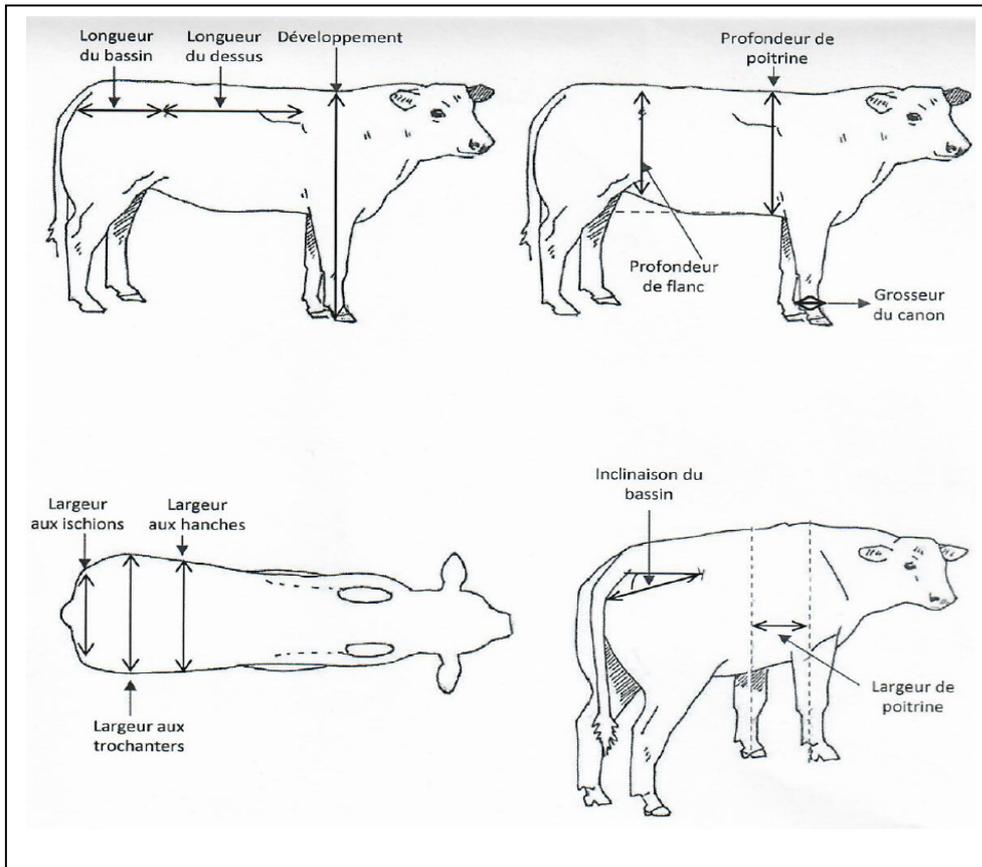


Figure 2 : Les traits biométriques quantitatifs liés au format mesurés (FGE, 2014)

La conformation de la mamelle a été appréciée qualitativement selon les critères suivants :

- En équilibre et bien attachée aux quartiers ou ;
- En déséquilibre lorsque l'un des quartiers avant ou arrière est tombant.

La production de lait a été évaluée sur 54 vaches. L'évaluation est faite, pour chaque vache, toutes les deux semaines pendant 6 mois consécutifs, de septembre

2015 à février 2016. La routine de la traite consistait à une pré-stimulation de la vache par quelques secondes de tété du veau. La traite a été faite à la main deux fois par jour, le matin de 7h à 9h et le soir de 17h à 19h. Seul le lait trait est pesé à l'aide d'un peson numérique de 5kg de portée. Les caractéristiques des animaux utilisés dans l'essai sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques des animaux utilisés pour la collecte des données

Rang des vaches	n	Age moyen (années)	Poids moyen (kg)	NEC
Rang 1	8	3.9±1.0	326.3±46.2	4.0±0.4
Rang 2	8	5.7±1.2	359.6±52.5	3.3±0.4
Rang 3	7	7.4±1.3	380.4±49.8	3.6±1.1
Rang 4	9	9.3±0.8	353.6±52.6	3.6±0.4
Rang 5	7	10.2±1.6	359.3±18.6	3.3±0.5
Rang 6	8	12.5±1.0	352.3±19.7	3.3±0.4
Rang 7	7	13.9±1.2	384.9±37.8	3.3±0.4
Moyenne	54	8.9±3.3	359.5± 44.5	3.5±0.6

n : effectif ; NEC : Note d'état corporel

Analyses statistiques : Des tests paramétriques de Pearson et non paramétriques de Spearman ont été utilisés pour évaluer les corrélations entre la production laitière et les traits biométriques quantitatifs. La validité de ces modèles de corrélation a été basée sur le test de normalité de Ryan-Joiner (Glélé Kakaï et Kokodé, 2004) effectué sur les résidus. L'analyse de la régression a été effectuée avec les données de la production laitière moyenne journalière (PLJ) en fonction des paramètres biométriques. Ainsi, à partir des treize traits biométriques quantitatifs, la recherche du meilleur modèle s'ajustant de manière significative a été effectuée selon la procédure de sélection par étape (Forward/backward) sur base de critère d'akaike (AIC) choisi. La validité du modèle ainsi

obtenu a été basée sur les conditions d'application et les différents tests de validité des modèles : Le test de Durbin Watson (Jung, 2015 et Chesneau, 2016) a été utilisé pour vérifier l'auto-corrélation des résidus. La distribution de ces résidus a été analysée après un test de Ryan-joiner. Le test de conformité d'une moyenne a été utilisé pour vérifier si la moyenne résiduelle est nulle. Le test de Breush-Pagan (Jung, 2015 et Chesneau, 2016) a permis d'analyser l'hétérocédacité des résidus. Le test de significativité des coefficients et celui du modèle global ont été effectués au seuil de 10% et 5%. Ces analyse on été effectuées avec le logiciel SPSS, le logiciel R et de son package R commander.

RÉSULTATS

Corrélations phénotypiques entre production laitière et traits biométriques : Naturellement il existe de fortes corrélations positives entre la production journalière et la production maximale (0.79**) d'une part, la production totale et la production journalière (0.91**) d'autre part, mais ce sont des auto-corrélations (Tableau 2). Une production laitière journalière importante était associée à

une poitrine profonde (0.27*) ou large (0.29*), une largeur aux ischions élevée (0.35**), une amélioration du rapport Largeur-Poitrine/Largeur-hanche (0.28*) mais surtout à un bassin largement développé (0.36**) (Tableau 2). Ainsi, une sélection simultanée de ces traits biométriques peut conduire à des améliorations dans la performance globale de la production laitière totale.

Tableau 2 : corrélations entre la production laitière et les traits de conformation de la kouri

Paramètres	Moyenne±ET	Coef-R	P-value
Production journalière (kg)	2.08±0.47	-	-
Production maximale (kg)	3.67±0.89	0.79***	0.000
Production totale de 6 mois(kg)	466.5±108.3	0.91***	0.000
Profondeur-poitrine (cm)	64.19±4.74	0.27*	0.05
Largeur-poitrine (cm)	32.04±4.86	0.29*	0.034
Largeur-ischions (cm)	21.91±2.98	0.35**	0.010
Largeur-trochanters (cm)	43.43±2.55	0.36**	0.008
Largeur-hanches (cm)	35.80±2.76	0.01	0.931
Largeur-poitrine/hanche	0.90±0.15	0.28*	0.043
Largeur du mufle (cm)	13.91±1.52	0.07	0.598
Hauteur au garrot (cm)	137.590±4.74	-0.04	0.616
Longueur de dessus (cm)	48.41±5.26	0.08	0.591
Longueur-bassin (cm)	57.26±3.58	0.12	0.392
Longueur-trayon (cm)	4.48±1.39	0.16	0.262
Largeur-trayon (cm)	1.88±0.57	0.05	0.742
Grosseur des canons (cm)	18.26±1.17	-0.11	0.448
Longueur de la queue (cm)	138.04±10.44	-0.13	0.369
Signif. Codes	0 ****	0.001 ***	0.01 **
			0.05 '+'

Adamou et al., J. Appl. Biosci. 2017 Modèle de régression optimale des traits de conformation et de la production laitière des troupeaux bovins de race kouri élevés à la station de Sayam du Niger.

Pour les autres traits de conformation (Tableau 2), les corrélations ayant varié de -0.13 à 0.16 n'étaient pas significatives ($p > 0.05$). Par ailleurs, le tableau 3 montre que la plupart de ces traits physiques, exception faite pour la grosseur des canons et les dimensions du trayon,

peuvent avoir une action indirecte sur la production laitière par leurs influences hautement significatives ($p < 0.01$) sur les traits de conformation du bassin et de la poitrine.

Tableau 3 : corrélations entre traits biométriques et traits de conformation du bassin ou de la poitrine

Traits biométriques	Profondeur-poitrine	Largeur-poitrine	Largeur-ischion	Largeur-Trochanters
Largeur-mufle	0.018	-0.068	0.319*	0.371**
Grosseur-canon	-0.101	0.197	0.029	0.127
Hauteur-garrot	0.417**	-0.087	0.157	0.413**
Longueur de dessus	0.410**	-0.009	0.171	0.217
Longueur-bassin	0.197	0.117	0.386**	0.448**
Largeur-hanche	0.138	0.206	0.259	0.380**
Longueur-queue	.407**	-0.085	0.242	0.056
Longueur-trayon	0.106	0.018	0.142	0.155
Largeur-trayon	0.248	0.281*	0.122	0.084

** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

La production laitière journalière peut varier de 1.1 à 3.5 kg chez les vaches à mamelle bien attachée et équilibrée, et de 1.7 à 3.1 kg chez les vaches à mamelle déséquilibrée (Tableau 4). Cependant, au seuil de 5%,

ces variations de la production laitière, liées à l'effet de la conformation de la mamelle, n'étaient pas significatives ($p = 0.232$).

Tableau 4: Analyse de variance de la production laitière selon la conformation de la mamelle de la kouri

Facteurs	n	Production (kg) \pm ET	ES	Min	Max
Équilibrée	27	2.04 \pm 0.53	0.10	1.14	3.473
Non-équilibrée	22	2.20 \pm 0.35	0.07	1.69	3.09

Modèle de régression optimale de la production laitière : La meilleure régression multiple de la production laitière journalière (PLJ) (Tableau 5) qui s'est bien ajustée de façon significative ($p = 0.004$) est un modèle à deux entrées utilisant la largeur aux trochanters et le rapport largeur-poitrine/largeur-hanche ($PLJ = -1.433 + 0.805 * LaPoi/Han + 0.064 * LaTro$), ce qui montre l'influence considérable de ces deux paramètres biométriques sur les performances de production laitière de la kouri. En effet, ce modèle a été trouvé globalement satisfaisant après sélection par étape suivant la procédure Forward/backward, sur base de critère d'akaike (AIC) choisi et à partir de tous les paramètres biométriques explicatifs comme entrée. Sa validité a été basée sur les conditions d'application ainsi que les différents tests de validité des modèles (Les résidus sont indépendants et normalement distribués, de moyenne nulle et de variance constante). La valeur du R carrée ajusté et de l'erreur standard des résidus sont respectivement 0.16 et 0.43. Au seuil de signification de

10%, tous les coefficients de régression de la production laitière sont significatifs (Tableau 5). L'équation indique qu'une vache ayant un rapport largeur-Poitrine/Largeur-hanche élevé ou un bassin largement développé, toute chose égale par ailleurs, pourra produire respectivement 0.805 kg et 0.064 kg de lait de plus que les autres vaches. L'effet négatif de l'intersection (coef = -0.328) moins important que la somme des effets principaux (coef = 0.805 et 0.064 respectivement) traduit une additivité prépondérante globalement positive. Au seuil de risque 5% fixé (Tableau 5), les effets significatifs du rapport largeur-Poitrine/Largeur-hanche et de la largeur aux trochanters sur la production laitière sont additifs à cause de la non significativité de leur intersection ($p = 0.069$). Ainsi, en l'absence de toute autre influence d'ordre morpho-biométrique, une vache ayant à la fois un rapport largeur-Poitrine/Largeur-hanche élevé et un bassin largement développé, pourra produire jusqu'à 0.869 Kg de lait de plus qu'une vache caractérisée par une faible valeur de ces paramètres (Tableau 5).

Tableau 5 : Régression optimale de la production laitière par les traits biométriques

Paramètres	Coef	Std. Error	Pr(> t)	IC (5%)
(Intercept)	-1.433	1.064	0.184	[-3.57; 0.70]
Largeur-Poitrine/hanche	0.805	0.398	0.048*	[0.01; 1.60]
Largeur-Trochanters	0.064	0.023	0.008 **	[0.02; 0.11]
Effet intersection	-0.328	0.177	0.069*	
Signif. codes	0 **** '+' '+'	0.001 ***	0.01 **	0.05

DISCUSSION

Corrélations phénotypiques entre traits biométriques et production laitière

Les corrélations phénotypiques entre l'évaluation du trayon (largeur et longueur) et la production laitière obtenues à l'issue de cette étude ($R=0.05$ et 0.16 respectivement) sont faibles ($p>0.05$) comparées à celles établies par Misganaw et al. (2013) chez trois races bovines indigènes de l'Ethiopie (R variant de 0.56 à 0.67) ; Yakubu (2011) chez les vaches laitières Bunaji au Nigeria (R variant de 0.689 à 0.726), par Vukasinovic et al. (2002) et Yemane et al., 2015 (r varie de $0,38$ à $0,66$). Une étude antérieure de Rogers et al. (1991) a également rapporté des corrélations phénotypiques de $0,20$ et $0,27$, respectivement pour la largeur et la longueur du trayon. Elles étaient plus comparables à celles établies par Zink et al. (2014) et Campos et al. (2015) chez les vaches Holstein élevées au Brésil, avec des corrélations R variant globalement de 0.02 à 0.04 . De même, l'effet de la conformation de la mamelle sur les performances laitières n'a pas été démontré chez la kouri ($P>0.05$). En effet, conformément à l'hypothèse soutenue par Atkins et al. (2008), Manoj et al. (2008), Yakubu (2011) et Tapki et Guzey (2013), les vaches à pis bien équilibré, fortement attaché et très profond, ont une production soutenue et persistante. Cependant, la nature de cette association entre les traits de conformation de la mamelle et la production laitière est loin d'être générale. Chez la race Holstein (Van Dorp et al., 1998 ; LIU et al., 2014 et Zink et al., 2014), les vaches à mamelles tombantes produisent plus de lait que celles qui ont une mamelle équilibrée, ce qui semble indiquer des possibilités de différences aux niveaux des races. Selon Rene (1970), l'équilibre entre les quartiers doit être identiquement fonctionnel ; l'aspect extérieur ne fournit que des indications très imprécises. Dans le cas contraire, la production pourrait être réduite de 35% à 45% (Rene, 1970). La corrélation obtenue avec la hauteur au garrot ($R = -0.04$) chez la kouri est également en contraste avec certaines données de la littérature (Kuczaj et al., 2000; Yakubu, 2011; Misganaw et al., 2013 et Yemane, 2015). Ces auteurs ont rapporté des

corrélations élevées mais très variables ($r = -0.43$ à 0.66), ce qui semble indiquer des spécificités propres aux races quant à ces liaisons. Elle varie entre 0.05 à 0.07 chez les vaches Holstein élevées au Brésil (Zink et al., 2014 et Campos et al., 2015). La production laitière de la kouri était plutôt liée à une poitrine profonde (0.27^*) ou large (0.29^*), une largeur aux ischions élevée (0.35^{**}), un rapport poitrine hanche élevé (0.28^*) mais surtout à un bassin largement développé (0.36^{**}). Misganaw et al. (2013) rapportent, chez les races bovines indigènes de l'Ethiopie, des corrélations phénotypiques statistiquement significatives (R variant de 0.600^* à 0.662^{**}) entre la largeur pelvienne et la production laitière, ce qui semble soutenir nos résultats. De même, ces corrélations sont en accord avec la valeur de 0.56 récemment rapportée par Yemane et al., 2015 pour le tour de poitrine. Chez les vaches Holstein élevées au Brésil, les corrélations entre la production laitière et la largeur de poitrine varient de 0.00 à 0.05 (Zink et al., 2014 et Campos et al., 2015), elle est de 0.01 pour les trochanters (Campos et al. 2015) Chez plusieurs auteurs (Murray et al., 2002 ; FGE, 2014 ; Beavers, 2016 et Yemane et al., 2015), les traits de conformation du bassin sont perçus comme attributs souhaitables pour faciliter le vêlage ; le développement thoracique et abdominale quant à eux, sont considérés comme indicateurs de grande capacité des vaches à absorber le maximum de fourrage pour soutenir la production laitière (FGE, 2014 et Yemane et al., 2015). De ce fait, ces traits peuvent affecter indirectement les performances zootechniques du troupeau et donc, devraient être inclus dans de processus de sélection éventuelle.

Modèle de régression optimale de la production laitière

La modélisation est d'une grande importance en production animale et les modèles peuvent être considérés comme une vue simplifiée de la réalité. La meilleure régression de la production laitière (PLJ) qui s'est bien ajustée de façon hautement significative ($p = 0.004$) est un modèle utilisant la largeur-Trochanters (LaTro) et le rapport largeur-Poitrine/hanche (LaPoi/Han)

comme entrées ($P_{jnr} = -1.433 + 0.805 \cdot LaPoi/Han + 0.064 \cdot LaTro$). En utilisant la modélisation causale, Yakubu (2011) obtient un modèle optimal incluant la circonférence et la hauteur de la mamelle avec un coefficient de détermination (R^2) de 0,665 et un coefficient de l'erreur de 0,335. Le choix des données (paramètres biométriques) et de l'approche méthodologique pourraient donc influencer sur la qualité des résultats. Les valeurs 0.16 du R carré ajusté et 0.43 de l'erreur standard des résidus relativement élevée, obtenues dans le présent travail, suggèrent des possibilités de modèles plus précis chez la kouri, en mettent l'accent sur l'analyse des traits de la conformation de la mamelle (circonférence, hauteur et profondeur). D'autres rapports sur l'utilisation de la modélisation causale ont été publiés chez les vaches laitières (Naskar

et al., 2004) et chez les caprins (Keskin et al., 2005) avec des résultats discordants, suggérant des différences entre espèces et entre races bovines quant à la modélisation de la production laitière. Dans le cas précis du modèle de régression obtenu pour la kouri, l'observation minutieuse des intervalles de confiance des coefficients de régression montre des variations même au sein de la race. En effet, dans un troupeau tel que ceux observés à la station de Sayam, il existe une grande hétérogénéité liée aux caractéristiques propres aux animaux (âge, rang de vêlage, état d'embonpoint etc.) et à l'environnement permanent (effet de la saison de vêlage soumise à la dynamique fourragère des pâturages naturels) et qui laissent supposer leurs influences sur la qualité des modèles.

CONCLUSION

Les résultats de la présente étude indiquent que certains attributs physiques, dont principalement les traits de conformation du bassin et de la poitrine, cités par les éleveurs kouri comme indices de meilleures vaches laitières, ont eu des justifications scientifiques appropriées. Par conséquent, ces attributs peuvent être inclus dans le développement de mécanismes de sélection qui peut encore être couplé à des techniques modernes de

sélection. Les indices prévisionnels inclus dans le modèle de régression optimale comprennent quant à eux, la largeur au trochanters, la largeur aux poitrines et la largeur aux hanches. Cette équation pourrait servir comme un outil pratique utile pour les développeurs et les chercheurs du domaine des productions animales, pour prédire la production de lait et à des fins de sélection.

Remerciements : Les auteurs remercient le Programme de Productivité Agricole de l'Afrique de l'Ouest (PPAAO-Niger) qui a financé entièrement tous les travaux de recherches.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Atkins G, Shannon J, Muir B, 2008. Using conformational anatomy to identify functionality & economics of dairy cows. *WCDS Advances in Dairy Technology*, 20: 279-295.
- Beavers L et Van Doormaal B, 2016. Relation entre la croupe et la fertilité et la Performance au vêlage, <https://www.cdn.ca/francais/document.php?id=453>, Réseau laitier canadien.
- Belli P, Turini J, Harouna A, Garba IA, Pistocchini E, Zecchini M, 2008. Critères de sélection des bovins laitiers par les éleveurs autour de Niamey au Niger. *Revue d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 61: 51-56.
- Campos RV, Cobuci JA, Kern EL, Costa CN, Manus CM, 2015. Genetic parameters for linear type traits and milk, fat, and protein production in Holstein cows in Brazil. *Asian Australas Journal of Animal Science*, 28: 476-484.
- Chesneau C, 2016. Modèles de régression, Université de Caen, 116p, (disponible à l'adresse électronique <http://www.math.unicaen.fr/~chesneau/>)
- DRATDC, 2008. « Monographie de la Région de Diffa ». Direction Régionale de l'Aménagement de Territoire et du Développement Communautaire, Document de Synthèse, Région de Diffa, Niger, 100p.
- FAO et FIL, 2012. Guide de bonnes pratiques en production laitière. Production FAO et santé animales – directives no 8. Rome, Italie, (Disponible à l'adresse électronique <http://www.fao.org/docrep/016/ba0027f/ba0027f00>).
- FGE, 2014. Guide pratique du pointage des bovins de race à viande, du sevrage à l'âge adulte, France Génétique d'Élevage, Collection Résultats, ISSN : 1773-4738.

- FGE, 2011. Sélection laitière et progrès génétique, <http://www.france-genetique-elevage.fr>, France Génétique d'Élevage, FGE – 149, Paris, France.
- Glélé Kakaï R et Kokodé GG, 2004. Techniques statistiques univariées et multivariées : Application sur ordinateur. DBAM/PISB/CRA-Agonkanmey/INRAB.
- Jung N, 2015. Régression linéaire avec R. Utilisation de ggplot2. 57p, (Disponible à l'adresse électronique <http://www-irma.u-strasbg.fr/~njung/reg-knitr2>).
- Keskin S, Kor A, Karaca S, Lu HM, 2005. A study of relationships between milk yield and some udder traits by using of path analysis in Akkeci goats. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 4: 547-550.
- Kuczaj M, 2003. Analysis of changes in udder size of high yielding cows in subsequent lactations with regard to mastitis. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 6: 1.
- Kosgey IS, Baker RL, Udo HMJ, Van Arendonk JAM, 2006. Successes and failures of small ruminant breeding programmes in the tropics : a review. *Small Ruminant Research*, 61: 13-28.
- Liu S, Tan H, Yang L, Yi J, 2014. Genetic parameter estimates for selected type traits and milk production traits of Holstein cattle in southern China. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 38: 552-556.
- Manoj S, Gurdeep S, Baljit S, 2008. Know about important breeds of dairy Cattle and Buffaloes in India, 27p.
- Misganaw G, Wuletaw Z, Ayalew W, 2013. Relationships between conformation traits and milk off-take of indigenous cattle breeds in north-western Ethiopia. *Animal Genetic Resources*, 53: 27–32.
- Murray R, Cartwright T, Downham D, Murray M, De Kruijff A, 2002. Comparison of external and internal pelvic measurements of belgian blue cattle from sample herds in Belgium and the United Kingdom. *Reproduction in Domestic Animals*, 37: 1–7.
- Mwambene PL, Katule AM, Chenyambuga SW, Mwakilembe PAA, 2012. Fipa cattle in the southwestern highlands of Tanzania: desired attributes, breeding practices and productive performance. *Animal Genetic Resources*, 51: 45 – 56.
- Naskar S, Banik S, tomars S, 2004 : Path analysis of 305 days milk yield of Sahiwal cattle. *Indian Journal of Dairy Science*, 57: 365-366.
- Rene M, 1970. Connaissance du bétail. Tome I : les bovins 210 p.
- Rogers GW et Spencer SB, 1991. Relationship among udder and teat morphology and milking characteristics, *Journal of Dairy Science*, 74: 4189–4194.
- Tapki I et Guzey YZ, 2013. Genetic and phenotypic correlations between linear type traits and milk production yields of Turkish Holstein dairy cows. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 11: 755-761.
- Van Dorp TE, Dekkers JCM, Martin SW, Noordhuizen JPTM, 1998. Genetic parameters of health disorders, and relationships with 305-day milk yield and conformation traits of registered Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 81: 2264 – 2270.
- Vukasinovic N, Schleppe Y, Kunzi N, 2002. Using conformation traits to improve reliability of genetic evaluation for herd life based on survival analysis. *Journal of Dairy Science*, 85: 1556-1562.
- Yakubu A, 2011. Path analysis of conformation traits and milk yield of Bunaji cows in smallholder's herds in Nigeria. *Agricultura Tropica et Subtropica*, 44: 152–157.
- Yemane G, Kassa T, Getu A, 2015. The role of conformational traits on dairy cattle production in Gondar town, Ethiopia. *Journal of Agriculture and Biotechnology Research*, 2: 064-069.
- Zink V, Zavadilová L, Lassen J, Štípková M, Vacek M, Štolc L, 2014. Analyses of genetic relationships between linear type traits, fat-to-protein ratio, milk production traits, and somatic cell count in first-parity Czech Holstein cows. *Czech Journal of Animal Science*, 12: 539–547.