

Estimation de différents paramètres génétiques de la croissance pondérale chez le zébu Azawak

par P. CHARTIER (1), A. LAOUALY (1) et D. PLANCHENAU (2)

- (1) Programme Reconstitution du Cheptel et Centres de Multiplication. Ministère du développement rural, B.P. 827, Niamey Rép. du Niger.
(2) IEMVT, 10, rue Pierre-Curie, 94704 Maisons-Alfort, France.

RÉSUMÉ

Les auteurs ont étudié différents paramètres génétiques de la croissance pondérale du zébu Azawak du Sahel Nigérien en utilisant les poids à la naissance, à 6, 12, 24 et 36 mois des sujets de cette race nés et suivis pendant près de 20 ans à la Station Expérimentale d'Elevage de Toukounous dans le Nord du Niger. Les estimations d'héritabilité ont été faites à partir de l'analyse des demi-frères de père et de la régression parent-descendant.

Le poids à 6 mois a une forte héritabilité et les corrélations génétiques, phénotypiques et d'environnement entre ce poids et les poids à 12, 24 et 36 mois sont positives et significatives. En utilisant le poids à cet âge comme critère de sélection il pourrait être possible d'augmenter le poids moyen des zébus Azawak de la Station.

INTRODUCTION

L'héritabilité du poids aux différents âges et les corrélations génétiques et phénotypiques entre ces poids ont déjà été estimés pour plusieurs races de zébus, notamment en Inde (4, 12, 13) et au Brésil (10, 14). Aussi a-t-il semblé intéressant de contribuer à ces travaux en estimant différents paramètres génétiques de la croissance pondérale chez le zébu Azawak.

Tirant son nom de la région ainsi désignée, l'Azawak est un animal à courtes cornes de type rectiligne, médioligne, eumétrique. Bon animal de boucherie et excellent porteur, c'est essentiellement dans la production de lait qu'il montre le plus de qualités, la vache Azawak étant, parmi les vaches sahéliennes, celle qui présente la meilleure aptitude laitière (5, 7).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les données utilisées proviennent des archives de la Station Expérimentale de Toukounous (anciennement dénommée Station de Filingue) où, depuis 1936, on s'est efforcé de sélectionner un animal fauve à extrémités foncées alliant qualités bouchères et laitières. Le suivi des animaux est assuré par un système de fiches individuelles sur lesquelles sont consignés, outre le matricule et la date de naissance, les renseignements concernant le père et la mère, les relevés mensuels des pesées et, s'il s'agit d'une femelle, les lactations et vêlages successifs.

Actuellement cette station dispose de la plupart des fiches individuelles des animaux nés depuis 1966 et d'une partie de ceux nés entre 1950 et 1966 ce qui a permis la constitution, sur

bande magnétique, d'un fichier concernant 1 700 femelles et 1 357 mâles. Le traitement de ces données a été effectué sur un microordinateur (HP 85) dont la capacité limitée ne nous a permis d'enregistrer qu'un nombre réduit d'informations. C'est ainsi que de tous les poids figurant sur les fiches seuls ceux à la naissance, à 6, 12, 24 et 36 mois ont été retenus pour servir de base à cette étude.

Pour l'estimation de l'héritabilité, les méthodes employées sont celles de l'analyse de variance et de la régression parent-descendant.

Le modèle mathématique utilisé dans l'analyse de variance est le suivant :

$$Y_{ij} = \mu + A_i + T_{ij}$$

Y_{ij} = valeur de l'observation faite sur l'individu j issu du taureau i

μ = moyenne générale

A_i = effet aléatoire du taureau i

T_{ij} = variable aléatoire résiduelle normale d'espérance nulle et de variance σ^2 .

Les résultats permettent d'estimer l'héritabilité à partir des demi-frères de père h^2 ($F/2$) (FALCONER, 1960). La précision sur h^2 a été déterminée à partir des limites de confiance du rapport σ_A^2/σ^2 (11). Quand cela s'est avéré nécessaire, la variance d'échantillonnage de l'estimation de l'héritabilité a été calculée selon la méthode de FALCONER (1960).

Dans un deuxième temps, l'héritabilité a été estimée par la régression parent-descendant :

— régression fille-mère intra-père pour les femelles ;

— régressions fils-père et fils-mère intra-père (avec correction du coefficient de régression fils-mère) pour les mâles.

Le modèle mathématique classique de la régression est défini par l'équation suivante (11) :

$$Y = a + rX + \varepsilon$$

Y = valeur de la variable dépendante

X = valeur de la variable indépendante

r = régression de Y en X

a = ordonnée à l'origine

ε = variable aléatoire normale de moyenne nulle et d'écart-type σ .

Le coefficient de régression calculé est un estimateur d'héritabilité ($\hat{h}^2 = 2r$), la précision sur cette héritabilité est alors déduite de la variance de l'estimation du coefficient de régression lui-même (FALCONER, 1960).

Lorsque le nombre de descendants par parent est variable, trois méthodes de calcul du coefficient de régression sont possibles :

— utilisation de la moyenne des descendants non pondérée ;

— répétition du parent autant de fois qu'il a de descendants ;

— pondération de la moyenne des descendants en fonction de leur nombre.

D'une manière générale c'est la répétition du père autant de fois qu'il a de descendants qui a été appliquée avec cependant une limitation arbitraire de la taille des familles par tirage au sort. Dans le cas des régressions fils-père, la méthode faisant appel à une pondération de la moyenne des descendants (6) a également été employée.

Les caractères en corrélation sont intéressants dans la mesure où ils permettent d'étudier les causes génétiques de cette corrélation lorsqu'elle est due à l'action pléiotropique des gènes et de voir comment l'amélioration d'un caractère peut en faire varier d'autres. Pour estimer les corrélations génétiques, phénotypiques et d'environnement existant entre les facteurs étudiés (poids à la naissance et poids à 6, 12, 24 et 36 mois), la méthode utilisée est celle de l'analyse de covariance. La variance d'échantillonnage des corrélations génétiques est calculée par la méthode de ROBERTSON (8).

RÉSULTATS

Bien qu'il n'exprime que les moyennes de six années, le tableau I donne une idée générale de l'évolution du poids moyen des animaux nés sur la Station de 1966 à 1981.

Les différentes valeurs d'héritabilité obtenues sont présentées dans le tableau II en fonction des méthodes utilisées et des caractères étudiés.

A partir des 1/2 frères de père, l'estimation de l'héritabilité du poids à la naissance est de 0,30 (0,17, 0,52) pour les mâles et de 0,41 (0,26, 0,65) pour les femelles. A 6, 12, 24 et 36 mois, l'héritabilité du poids est respectivement de 0,70 (0,45, 1,05) 0,65 (0,40, 1,00), 0,46 (0,23, 0,82) et 0,46 (0,18, 0,88) pour les mâles, et de 0,84 (0,58, 1,19), 0,53 (0,33, 0,83), 0,49 (0,27, 0,80) et 0,59 (0,31, 1,01) pour les femelles.

TABLEAU N°I—Evolution du poids moyen de 1966 à 1981 ($m \pm 2 \sigma$)

Sexe	Année de naissance	Poids naissance	Poids 6 mois	Poids 12 mois	Poids 24 mois	Poids 36 mois
Mâles	1966	21.1 \pm 4.0	91 \pm 36	134 \pm 50	206 \pm 41	329 \pm 87
	1969	22.9 \pm 6.7	108 \pm 48	165 \pm 70	259 \pm 68	352 \pm 70
	1972	22.5 \pm 7.9	107 \pm 66	161 \pm 103	253 \pm 124	324 \pm 157
	1975	23.6 \pm 7.8	95 \pm 63	178 \pm 66	280 \pm 79	332 \pm 90
	1978	23.0 \pm 5.8	98 \pm 47	143 \pm 53	237 \pm 59	324 \pm 83
	1981	24.1 \pm 5.4	86 \pm 25	149 \pm 19	-	-
Femelles	1966	19.5 \pm 5.5	92 \pm 38	129 \pm 44	187 \pm 52	296 \pm 45
	1969	21.4 \pm 4.5	103 \pm 46	149 \pm 65	215 \pm 70	292 \pm 84
	1972	22.0 \pm 8.0	108 \pm 61	165 \pm 100	266 \pm 85	325 \pm 87
	1975	22.7 \pm 5.8	100 \pm 64	165 \pm 59	239 \pm 72	270 \pm 54
	1978	22.0 \pm 5.5	80 \pm 40	137 \pm 42	209 \pm 44	250 \pm 33
	1981	21.9 \pm 6.0	80 \pm 28	133 \pm 29	-	-

TABLEAU N°II—Héritabilités et intervalles de confiance à 5 p.100

Sexe	Méthode d'estimation	Poids naissance	Poids 6 mois	Poids 12 mois	Poids 24 mois	Poids 36 mois
Mâles	1/2 frères	0.30 (0.17,0.52)	0.70 (0.45,1.05)	0.65 (0.40,1.00)	0.46 (0.23,0.82)	0.46 (0.18,0.88)
	Fils-Père (Répét.)	0.29 (0.10,0.49)	-0.07 (-0.22,0.09)	-0.31 (-0.48,-0.14)	-0.24 (-0.44,0.00)	0.43 (-0.03,0.89)
	Fils-Père (pondér.)	0.21 (0.11,0.30)	-0.13 (-0.28,0.02)	-0.31 (-0.43,-0.18)	-0.24 (-0.40,-0.08)	0.36 (0.12,0.61)
	Fils-Mère intra-Père	0.36 (0.23,0.49)	-0.14 (-0.33,0.01)	0.08 (-0.08,0.24)	0.27 (0.09,0.46)	0.36 (0.00,0.72)
Femelles	1/2 soeurs	0.41 (0.26,0.65)	0.84 (0.58,1.19)	0.53 (0.33,0.83)	0.49 (0.27,0.80)	0.59 (0.31,1.01)
	Fille-mère intra-père	0.28 (0.15,0.42)	-0.04 (-0.20,0.11)	-0.14 (-0.29,0.01)	0.27 (0.08,0.47)	0.32 (0.00,0.65)

Les régressions mère-descendant intra-père donnent une héritabilité du poids à la naissance de 0,36 (0,23, 0,49) pour les mâles et 0,28 (0,15, 0,42) pour les femelles.

Estimée par les régressions fils-père, l'héritabilité du poids à la naissance est de 0,29 (0,10, 0,49) avec répétition du père et de 0,21 (0,11, 0,30) avec pondération de la moyenne des descendants.

Entre le poids à la naissance et le poids à 6 mois, on a trouvé une corrélation génétique négative significative chez les mâles mais non significative chez les femelles. Au vu du tableau III, on constate que les autres valeurs des corrélations génétiques sont positives et significatives au seuil de 0,1 p. 100. On remarque également que les corrélations génétiques

entre le poids d'un animal et ses poids ultérieurs sont d'autant plus élevées que l'animal est plus âgé. Ainsi les résultats enregistrés chez les mâles sont les suivants :

- poids naissance - poids ultérieurs :
 r varie de $-0,26 \pm 0,33$ à $0,41 \pm 0,41$
- poids 6 mois - poids ultérieurs :
 r varie de $0,28 \pm 0,53$ à $0,67 \pm 0,37$
- poids 12 mois - poids 24 et 36 mois :
 r varie de $0,78 \pm 0,23$ à $0,94 \pm 0,06$
- poids 24 mois - poids 36 mois :
 $r = 0,95 \pm 0,05$.

Chez les mâles comme chez les femelles, toutes les valeurs obtenues pour les corrélations phénotypiques sont positives et significatives au seuil de 0,1 p. 100 (tabl. IV). Les plus faibles corrélations sont de $0,15 \pm 0,07$ chez les mâles

TABLEAU N°III-Corrélations génétiques (mâles en haut du tableau, femelles en bas)

	Poids naissance	Poids 6 mois	Poids 12 mois	Poids 24 mois	Poids 36 mois
Poids naissance		$-0,26 \pm 0,33^{***}$	$0,22 \pm 0,37^{***}$	$0,41 \pm 0,41^{***}$	$0,28 \pm 0,63^{***}$
Poids 6 mois	$-0,01 \pm 0,30$ NS		$0,58 \pm 0,23^{***}$	$0,28 \pm 0,53^{***}$	$0,67 \pm 0,37^{***}$
Poids 12 mois	$0,24 \pm 0,32^{***}$	$0,70 \pm 0,16^{***}$		$0,94 \pm 0,06^{***}$	$0,78 \pm 0,23^{***}$
Poids 24 mois	$0,49 \pm 0,29^{***}$	$0,53 \pm 0,29^{***}$	$0,91 \pm 0,08^{***}$		$0,95 \pm 0,05^{***}$
Poids 36 mois	$0,58 \pm 0,33^{***}$	$0,17 \pm 0,55^{***}$	$0,49 \pm 0,54^{***}$	$0,84 \pm 0,17^{***}$	

TABLEAU N°IV-Corrélations phénotypiques (mâles en haut du tableau, femelles en bas)

	Poids naissance	Poids 6 mois	Poids 12 mois	Poids 24 mois	Poids 36 mois
Poids naissance		$0,15 \pm 0,07^{***}$	$0,22 \pm 0,07^{***}$	$0,23 \pm 0,08^{***}$	$0,19 \pm 0,10^{***}$
Poids 6 mois	$0,18 \pm 0,06^{***}$		$0,67 \pm 0,04^{***}$	$0,49 \pm 0,07^{***}$	$0,36 \pm 0,10^{***}$
Poids 12 mois	$0,23 \pm 0,07^{***}$	$0,70 \pm 0,04^{***}$		$0,82 \pm 0,03^{***}$	$0,68 \pm 0,06^{***}$
Poids 24 mois	$0,28 \pm 0,07^{***}$	$0,57 \pm 0,06^{***}$	$0,80 \pm 0,03^{***}$		$0,78 \pm 0,05^{***}$
Poids 36 mois	$0,27 \pm 0,09^{***}$	$0,31 \pm 0,09^{***}$	$0,47 \pm 0,08^{***}$	$0,60 \pm 0,06^{***}$	

TABLEAU N°V-Corrélations d'environnement (mâles en haut du tableau, femelles en bas)

	Poids naissance	Poids 6 mois	Poids 12 mois	Poids 24 mois	Poids 36 mois
Poids naissance		$0,73 \pm 0,03^{***}$	$0,25 \pm 0,07^{***}$	$0,10 \pm 0,08^{***}$	$0,14 \pm 0,10^{**}$
Poids 6 mois	$0,63 \pm 0,04^{***}$		$0,82 \pm 0,03^{***}$	$0,64 \pm 0,06^{***}$	$0,16 \pm 0,11^{**}$
Poids 12 mois	$0,22 \pm 0,07^{***}$	$0,84 \pm 0,02^{***}$		$0,72 \pm 0,05^{***}$	$0,59 \pm 0,07^{***}$
Poids 24 mois	$0,03 \pm 0,08$ NS	$0,62 \pm 0,05^{***}$	$0,73 \pm 0,04^{***}$		$0,44 \pm 0,10^{***}$
Poids 36 mois	$-0,03 \pm 0,10$ NS	$0,43 \pm 0,08^{***}$	$0,48 \pm 0,08^{***}$	$0,44 \pm 0,08^{***}$	

*** = significatif à 1 p.1000 ; ** = significatif à 1 p.100 ; NS = non significatif.

et de $0,18 \pm 0,06$ chez les femelles (poids naissance - poids 6 mois) ; les plus fortes sont de $0,82 \pm 0,03$ pour les mâles et $0,80 \pm 0,03$ pour les femelles (poids 12 mois-poids 24 mois).

Regroupées dans le tableau V, les corrélations d'environnement sont dans l'ensemble positives et significatives et c'est uniquement chez les femelles que l'on trouve des résultats non significatifs entre poids à la naissance et poids à 24 mois d'une part, poids à la naissance et poids à 36 mois d'autre part. A partir des cinq stades étudiés depuis la naissance jusqu'à 36 mois, on note que les corrélations d'environnement entre les poids relevés à deux âges consécutifs sont fortes et passent par un maximum entre 6 et 12 mois : $0,82 \pm 0,03$ chez les mâles et $0,84 \pm 0,02$ chez les femelles.

DISCUSSION

Les différentes méthodes employées dans les calculs d'héritabilité ne concordent pas toujours entre elles quant aux résultats. On constate notamment que les régressions parent-descendant donnent des valeurs plus faibles que l'analyse des 1/2 frères de père. On pouvait d'ailleurs s'attendre à davantage de différences entre les résultats puisque la population étudiée fait l'objet d'une sélection depuis près de 50 ans. En fait, les animaux proposés à la réforme ont souvent été conservés suffisamment longtemps sur la station pour faire l'objet de fiches individuelles consignnant leurs performances. Ces fiches n'ayant pas été écartées lors de la constitution du fichier informatique, celui-ci contient des animaux de production fort divers.

En ce qui concerne la précision des résultats, des différences apparaissent également entre les méthodes précédemment décrites. C'est la régression fils-père avec pondération de la moyenne des descendants qui fournit la précision la plus forte. En revanche, l'analyse des 1/2 frères de père offre l'intervalle de confiance le plus grand, suivie chez les mâles par la régression fils-père avec répétition du père.

L'héritabilité du poids à la naissance varie dans une fourchette de 0,21 (régression fils-père avec pondération) à 0,36 (régression fils-mère intra-père) chez les mâles, et de 0,28 (régression fille-mère intra-père) à 0,41 (1/2 sœurs de père) chez les femelles. On note que, le plus souvent, pour un même caractère, les valeurs trouvées sont plus élevées chez les femelles Azawak que chez les mâles à l'inverse des observations faites sur le bétail Hariana (4).

Pour l'héritabilité du poids à 6, 12, 24 et 36 mois, seules des valeurs fortes (de l'ordre de 0,5) pourraient être retenues à partir de l'estimation par les 1/2 frères (ou sœurs) de père. En considérant comme nuls les effets d'épistasie et de linkage, ces valeurs sont surestimées. On peut retenir une héritabilité du poids à un âge supérieur à 6 mois plus importante que celle du poids à la naissance, respectivement aux environs de 0,5 et 0,25.

On notera également que l'héritabilité du poids corporel est maximale à 6 mois et qu'elle décroît ensuite progressivement et de façon homogène.

Comme on peut le constater dans le tableau I, il semble qu'à l'augmentation du poids à la naissance au cours des ans, corresponde une diminution du poids aux âges ultérieurs. En considérant les animaux nés de 1962 à 1982 (6 premiers mois) et en calculant la régression de leur poids aux différents âges sur leur année de naissance, on confirme cette idée comme le montre le tableau VI.

Il est peu probable que cette baisse de poids soit imputable à une éventuelle augmentation du taux de consanguinité du troupeau car dans le même temps, on a pu constater, notamment ces dernières années, l'augmentation de la production laitière et l'amélioration du taux de fécondité sur la station. Comme la sélection a porté essentiellement sur la production laitière, des études ultérieures devront préciser si cette chute de poids correspond bien à une amélioration des potentialités laitières de l'Azawak.

Bien qu'aucune corrélation génétique négative n'ait été mise en évidence entre le poids à la naissance et le poids à 6 mois chez les femelles, on peut supposer que les gènes responsables du poids à la naissance ont une influence contraire sur le poids à 6 mois, au moins chez les mâles (tabl. III). De telles observations ont déjà été faites entre le poids à la naissance et le poids à 12 mois chez le zébu Hariana (4). Ainsi les corrélations génétiques entre poids à 6 mois et poids ultérieurs étant sensiblement plus fortes que les corrélations poids à la naissance et poids ultérieurs, le poids de l'animal « s'alignerait » plutôt sur son poids à 6 mois que sur son poids à la naissance comme le laisse penser le tableau VI où l'on remarque que c'est à 6 mois que la régression est la plus forte.

Contrairement aux corrélations génétiques, les valeurs obtenues pour les corrélations phénotypiques (tabl. IV) sont pratiquement les mêmes dans les deux sexes. Cette harmonie ne se retrouve pas au niveau des corrélations d'environnement (tabl. V) où l'on n'a pu mettre en évidence de corrélation significative entre le poids à la naissance et les poids à 24 et 36 mois chez les femelles. On ne peut donc pas assurer que les facteurs de milieu influencent de la même manière la croissance pondérale des deux sexes. Ces résultats sont à rapprocher de ceux du tableau VI où l'on ne peut pas déceler une évolution significative du poids des femel-

TABLEAU N°VI-Valeurs des régressions poids/année de naissance

	M â l e s		F e m e l l e s	
	Effectif	r	Effectif	r
Poids naissance/année naissance	1277	0.118***	1405	0.147***
Poids 6 mois/année naissance	838	-0.201***	1008	-0.263***
Poids 12 mois/année naissance	835	-0.102**	969	-0.164***
Poids 24 mois/année naissance	639	-0.112**	770	-0.058 NS
Poids 36 mois/année naissance	422	0.005 NS	502	-0.062 NS

(*** = significatif à 0.1 p.100 ; ** = significatif à 1 p.100 ; NS = non significatif)

les à 24 et 36 mois au cours des 20 dernières années.

CONCLUSION

L'étude des paramètres génétiques de la croissance pondérale du zébu nigerien Azawak entraîne deux observations essentielles :

— axée sur l'amélioration de la production laitière de la vache Azawak, la sélection pratiquée à la station de Toukounous semble — sous réserve d'études ultérieures — avoir eu pour corollaire une augmentation du poids à la naissance, les animaux étant ensuite, à âge égal, moins lourds que leurs parents au moins jusqu'à 2 ans chez les mâles et 1 an chez les femelles ;

— les corrélations génétiques existant entre

le poids à 6 mois et le poids à 12, 24 et 36 mois étant positives et assez fortes, et l'héritabilité du poids à 6 mois étant la plus élevée dans les deux sexes (0,70 pour les mâles et 0,84 pour les femelles), c'est sur ce caractère que l'on pourrait s'appuyer si la sélection avait pour but la production d'animaux plus lourds.

A partir de ces faits, il serait intéressant d'étudier l'antagonisme des mécanismes de croissance pondérale et de production laitière chez le zébu Azawak.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le personnel de la Station Expérimentale de Toukounous pour les facilités accordées au cours de la réalisation de cette étude.

SUMMARY

Estimation of various genetic parameters of Azawak zebu cattle weight growth

Data obtained over 20-year period on Azawak cattle, born at Toukounous Experimental Station, were considered in this study. Regression of offspring on parent and paternal correlation technique were followed to estimate heritability at birth, 6, 12, 24 and 36 month.

With a high heritability estimate of the 6 month body weight, and with positive and significant genetic, phenotypic and environmental association between 6 month body weight and subsequent body weight at different ages, it is likely that basing the selection criteria on 6 month body weight could increase body weight in Azawak herd.

RESUMEN

Evaluación de varios parámetros genéticos del aumento de peso en el cebú Azawak

Los autores estudiaron varios parámetros genéticos del aumento de peso en el cebú Azawak del Sahel nigeriano al considerar los pesos al nacimiento, a 6, 12, 24 y 36 meses de edad de animales nacidos y observados durante unos 20 años en la Estación experimental de Ganadería de Toukounous en el norte del Níger. Se hicieron las evaluaciones de heritabilidad a partir del análisis de los hermanastros de padre y de la regresión padres descendiente.

El peso a 6 meses de edad tiene una heritabilidad elevada y las correlaciones genéticas, fenotípicas y ambientales entre dicho peso y los pesos a 12, 24 y 36 meses son positivas y significativas.

Al utilizar dicho peso a 6 meses como criterio de selección, podría ser posible aumentar el peso medio de los cebúes Azawak de Toukounous.

BIBLIOGRAPHIE

1. BARTHA (R.). Elevage du zébu Azawak à la station de Toukounous (Rép. Niger) 1963-1967. Toukounous, Station d'Élevage, 1967.
2. BARTHA (R.). Studien zu Fragen der Zebu-Rinderzucht in den Tropen. München, Weltforum-Verlag, 1971, 172 p.
3. FALCONER (D. S.). Introduction à la génétique quantitative. Paris, Masson et Cie, 1974.
4. GOVINDAIAH (M. G.), SINGH (B. P.). Heritability, genetic and phenotypic correlations between body weights at different ages in Hariana cattle. *Indian vet. J.*, 1980, 57 : 35-42.

5. JOSHI (N. R.), Mc LAUGHLIN (E. A.), PHILLIPS (R. W.). Les bovins d'Afrique, types et races. Rome, F.A.O., 1957, 317 p. (Etudes agricoles de la F.A.O. n° 37).
6. OLLIVIER (L.). La régression parent-descendant dans le cas de descendance subdivisées en familles de taille inégale. *Biometrics*, 1974, **30** : 59-66.
7. PAGOT (J.). Production laitière en zone tropicale. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1951, **5** (4) : 173-190.
8. ROBERTSON (A.). Experimental design in the evaluation of the genetic parameters. *Biometrics*, 1959, **11** : 357-374.
9. SEYDOU (B.). Contribution à l'étude de la production laitière du zébu Azawak au Niger. Thèse Méd. vét. Dakar, 1981.
10. SILVA (A. H. G.), TORRES (J. R.), CARNEIRO (G. G.), MONTEIRO (L. A.), PEREIRA (C. S.). Estimativas de heritabilidade de ganhos de peso do nascimento à desmama, aos 12 meses e aos 18 meses e de peso aos 18 meses de idade de machos e fêmeas da raça Nelore. *Arq. Esc. Vet. Univ. Fed. Minas Gerais*, 1979, **31** (2) : 187-195.
11. SNEDECOR (G. W.), COCHRAN (W. G.). Statistical Methods. 6^e éd. Ames, Iowa, USA, Iowa State University Press, 1971.
12. TANEJA (V. K.), BHAT (P. N.), GARG (R. C.). Genetic and phenotypic correlations among traits of growth and production for Sahiwal and Sahiwal X Holstein crossbreds. *Indian J. dairy Sci.*, 1978, **31** (2) : 141-144.
13. TANEJA (V. K.), BHAT (P. N.), GARG (R. C.). Estimates of heritability for economic traits in Sahiwal and Sahiwal X Holstein crossbred grades. *Indian J. dairy Sci.*, 1978, **31** (3) : 191-197.
14. TORRES (R. A.), SILVA (M. A.), TORRES (J. R.). Fatores de meio e herança que afetam os pesos e o ganho de peso de bezerros Gir na fase de aleitamento. *Revta Soc. Bras. Zootecn.*, 1979, **8** (3) : 488-496.