

ÉTUDES SUR LA PRODUCTION LAITIÈRE DES BOVINS

III. — RELATIONS ENTRE CRITÈRES DE PRODUCTION, DURÉE DE LACTATION ET INTERVALLE ENTRE LE 1^{er} ET LE 2^e VÊLAGE

M. POUTOUS et J. C. MOCQUOT

*Station de Génétique quantitative et appliquée,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78350 Jouy en Josas*

RÉSUMÉ

L'objectif de la présente étude est de préciser l'incidence de la sélection laitière sur la fertilité des vaches, et, éventuellement, de remédier à cet effet défavorable en définissant un critère de sélection adapté. Dans ce but, et à partir d'un échantillon de 17 648 premières lactations, nous avons réalisé une analyse phénotypique et génétique des relations entre intervalle de vêlage, durée de lactation et différentes variables de production. La plupart d'entre elles étaient des productions laitières totales corrigées de diverses façons pour la durée de lactation.

Globalement, intervalle de vêlage, durée de lactation et production totale sont très liés dès que la durée dépasse 300 jours. La correction des productions pour la durée de lactation, préalable à la sélection, n'a d'incidence notable sur l'intervalle de vêlage moyen des animaux retenus que dans la mesure où elle pénalise fortement les productions élevées et consécutives à une durée de lactation importante. Ceci est notamment obtenu avec la méthode de correction multiplicative étudiée, qui diminue beaucoup plus l'avantage sélectif des fortes productions que ne le fait la correction additive actuellement utilisée en France.

Les valeurs d'héritabilités et de corrélations génétiques observées confirment l'intérêt d'une sélection sur la production laitière par lactation, corrigée pour sa durée, par rapport à une sélection directe des critères économiques : production par jour d'intervalle entre vêlages et intervalle lui-même ; critères qui présentent par ailleurs des inconvénients pratiques du point de vue de leur mesure et de leur utilisation. La méthode de correction à adopter semble assez indifférente bien que l'utilisation d'un facteur multiplicatif soit plus aisée. Le choix de ce facteur devra prendre en considération des aspects psychologiques et ne pas trop pénaliser les productions élevées et longues, même si cela ne constitue pas à long terme la solution optimale pour limiter l'accroissement génétique de l'intervalle entre vêlages.

INTRODUCTION

L'hypothèse selon laquelle une sélection laitière tend à dégrader les performances de reproduction des femelles bovines est souvent avancée. On peut effectivement expliquer physiologiquement les difficultés de reproduction parfois obser-

vées chez les vaches très fortes productrices. Il convient cependant de vérifier le bien-fondé de cette hypothèse sur le plan génétique ; d'en tenir compte, éventuellement, dans le choix du critère de sélection.

L'objectif économique de la sélection laitière consiste en un accroissement de la production laitière par jour d'intervalle entre mise bas successives. On peut essayer de l'atteindre directement sans souci des répercussions possibles sur cet intervalle lui-même, ou bien tenter d'accroître la production par lactation sans augmenter corrélativement l'intervalle entre vêlages. Du point de vue pratique de l'indexation des reproducteurs le problème se pose en ces termes : Existe-t-il une variable de production simple répondant à l'objectif économique de la sélection et ayant des répercussions négligeables sur la reproduction ; ou bien est-il nécessaire, pour limiter ces conséquences éventuelles, d'introduire une variable, donc une mesure, de reproduction dans le critère de sélection ?

Pour tenter de résoudre pratiquement ce problème, nous avons analysé les relations existant entre performances laitières et performances de reproduction à partir des données obtenues par le contrôle laitier. De ce fait, et avec l'objectif de définir un critère optimum de sélection laitière, nous avons retenu la variable de reproduction la plus globale (intervalle entre vêlages) mais aussi la plus facile à obtenir par le contrôle laitier, et pour la production laitière la seule variable de production totale par lactation, corrigée de différentes façons pour la durée. En effet, cette dernière variable, connue en même temps que la production, semble la plus liée à l'intervalle entre vêlages (POUTOUS et MOCQUOT, 1973), donc la plus susceptible d'être utile pour minimiser les conséquences éventuelles de la sélection laitière sur la reproduction.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les données sont à peu près les mêmes que celles utilisées dans une étude précédente (POUTOUS et MOCQUOT, 1973), à savoir 17 648 premières lactations contrôlées de 1958 à 1967 dans la zone d'action du Centre d'Insémination artificielle de Charmoy. Les animaux ont eu au moins les deux premières lactations contrôlées. Les pères ainsi que les dates de naissance et des deux premiers vêlages sont connus. Trois races sont représentées : *Frisonne* pour 55 p. 100 des données ; *Normande* pour 36 p. 100 et *Brune des Alpes* pour 9 p. 100.

Pour chacune de ces lactations étaient également connus la durée de lactation et le niveau d'étable par l'intermédiaire du numéro de classe d'étable (POUTOUS et MOCQUOT, 1973).

L'objectif étant de comparer différentes corrections de la production laitière pour la durée de lactation quant à leur répercussion sur la reproduction les variables analysées sont de 4 types :

— Des variables de production laitière totale non corrigées pour la durée de lactation :

- (1) LB : Quantité totale de lait par lactation ;
- (2) L : Quantité totale de lait par lactation corrigée pour le niveau d'étable par régression linéaire sur le numéro de classe d'étable (de 1 à 6) ;

— Des variables de production laitière totale corrigées pour le niveau d'étable et la durée de lactation. Cette dernière correction pouvant se faire de différentes façons, nous ne présentons que les résultats les plus significatifs et relatifs à trois méthodes très différentes :

- (3) LD : Quantité totale de lait (L) corrigée par régression linéaire sur la durée de lactation.

Correspond à une correction additive.

- (4) LJ = Quantité totale de lait X 305/Durée de lactation.

Correspond à une correction multiplicative par simple règle de trois.

$$(5) L_{305} = \text{Quantité totale de lait} \times 305 / (k_1 + k_2 \cdot \text{Durée})$$

$$\text{avec : } k_1 = 91 \quad \text{et} \quad k_2 = 0,7 \text{ si durée } \leq 305 \text{ jours}$$

$$\text{et : } k_1 = -91 \quad \text{et} \quad k_2 = 1,3 \text{ si durée } \geq 305 \text{ jours.}$$

Correspond à une correction multiplicative telle que les productions de durée inférieure à 305 jours soient corrigées en moyenne de la même façon que par la correction additive, mais que les productions de durée supérieure soient d'autant plus pénalisées qu'elles sont longues.

Il sera également fait allusion dans la discussion à un facteur de correction multiplicatif de la forme : $\frac{305 + C}{\text{Durée} + C}$ dont la répercussion moyenne sur les productions totales varie de façon continue pratiquement depuis L jusqu'à LJ selon la valeur de la constante C. En particulier une valeur donnée de C conduit pour notre échantillon à une correction moyenne proche de la correction additive (LD) actuellement utilisée.

— Enfin, la variable économique :

(6) L/IV : Quantité de lait par jour d'intervalle entre vêlages,

et les deux variables de durée également corrigées pour le niveau d'étable :

(7) D : Durée de lactation

et (8) IV : Intervalle entre le 1^{er} et le 2^e vêlage,

constituent les deux derniers types de variables étudiées.

Pour apprécier la tendance des liaisons phénotypiques et l'effet moyen des différentes corrections, nous avons représenté graphiquement l'évolution des valeurs brutes (non corrigées pour le niveau d'étable) moyennes des variables LB, LD, LJ, L_{305} et IV en fonction de la durée de lactation répartie en classes.

Pour chacune des huit variables, corrigées (sauf (1)) par régression linéaire sur le numéro de classe d'étable, nous avons estimé héritabilités et corrélations génétiques par décomposition des variances et covariances selon un modèle non balancé à trois facteurs hiérarchisés (Race, Père, Fille), avec les hypothèses habituelles en pareil cas.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. — Relations phénotypiques

La figure 1 présente simultanément la distribution de la durée de lactation par classes de 20 jours, et pour chacune de ces classes la moyenne des diverses variables de production ou de reproduction non corrigées pour le niveau d'étable. Elle traduit graphiquement la tendance déjà mentionnée à des liaisons étroites entre production totale de lait (LB), intervalle entre vêlages (IV) et durée de lactation. Du point de vue de l'incidence de la durée de lactation sur la liaison entre production laitière et intervalle entre vêlages, il nous semble souhaitable de considérer deux cas, selon que la durée est inférieure ou supérieure à 305 jours. Dans le premier cas la zone correspondante du graphique traduit la présence d'animaux dont la production est inférieure à la moyenne et croissante avec la durée, tandis que leur intervalle entre premier et deuxième vêlage reste faible et assez peu variable. Pour ces productions, une correction sur la durée n'aura pas d'incidence notable sur l'intervalle de vêlage moyen des animaux retenus comme reproducteurs. Dans la deuxième zone du graphique, production totale de lait et intervalle de vêlage croissent avec la durée de lactation. Une correction de la production pour cette durée pénalisera les animaux qui, en moyenne, ont l'intervalle de vêlage le plus long. En définitive et sur l'ensemble des individus, une correction pour la durée de lactation diminue l'avantage sélectif des fortes productions lorsqu'elles sont consécutives à des durées longues et, par conséquent, associées à des intervalles moyens élevés entre vêlages.

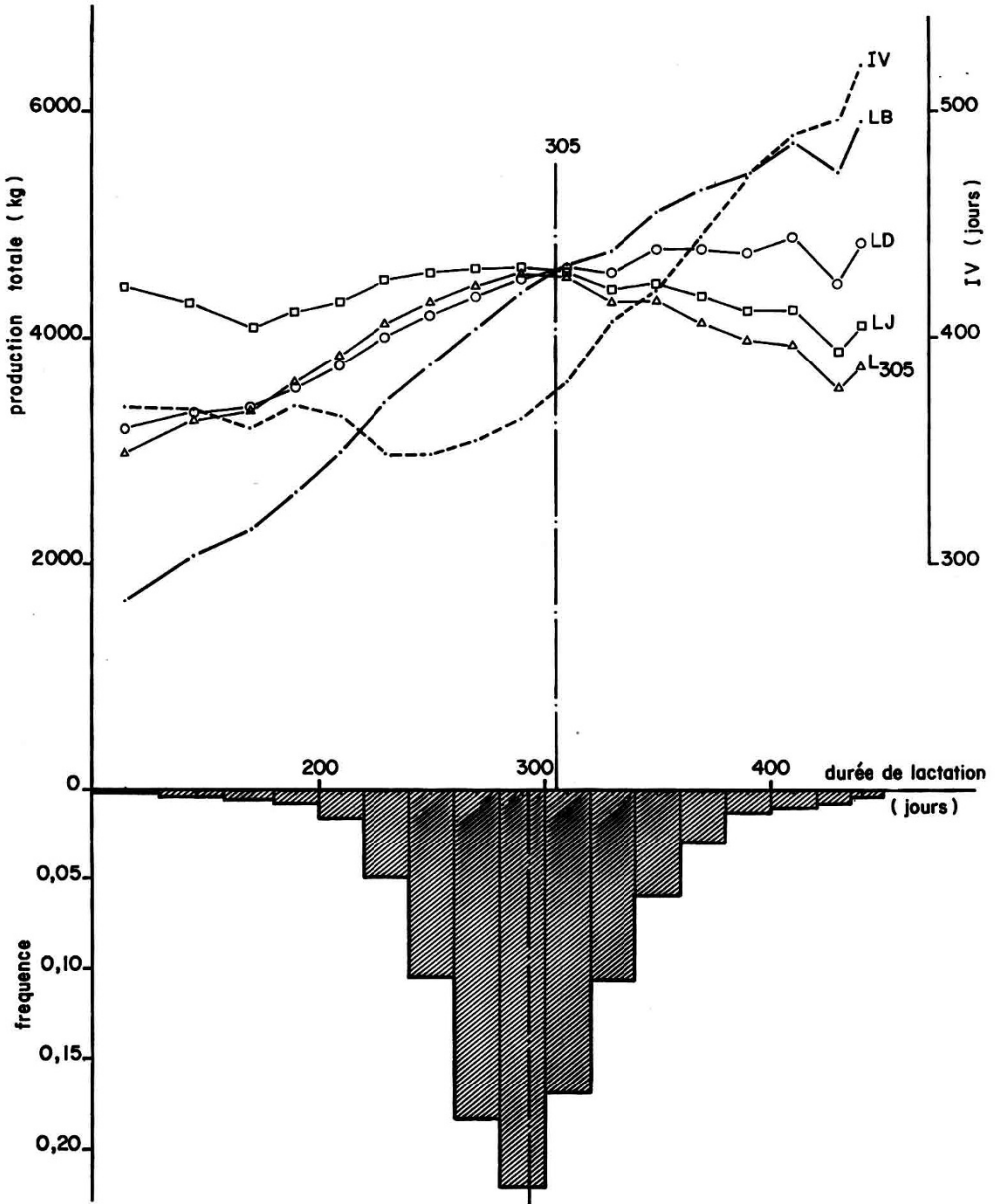


FIG. 1. — Distribution et évolution par classe de durée de lactation, de l'intervalle entre 1^{er} et 2^e vêlage (IV), de la production totale brute (LB) et corrigée pour la durée de trois façons différentes

(LD correction additive, L₃₀₅ correction multiplicative, et LJ production journalière X₃₀₅)

Si le seul objectif poursuivi est de diminuer les répercussions indirectes de la sélection laitière sur l'intervalle entre vêlages, le meilleur système de correction serait alors celui qui favoriserait systématiquement les lactations de durée moyenne ou

courte et défavoriserait d'autant plus les autres que leur durée est plus longue. Nous avons vérifié, par calcul sur notre échantillon, que cette double exigence serait d'autant mieux satisfaite que la production serait corrigée de façon multiplicative par un facteur du type : $(305 + C)/(Durée + C)$ et que la valeur algébrique de la constante C serait plus faible.

En effet, parmi tous les critères de sélection que nous avons étudiés, le moins bon, de ce point de vue, est évidemment la production totale (L,B). Vient ensuite la production corrigée additivement pour la durée (L,D) qui laisse subsister un certain avantage moyen pour les lactations de plus de 305 jours. Une sélection sur la variable (L,J), qui représente en fait la production par jour de lactation à un facteur près, entraînerait quant à elle un choix de lactations plutôt courtes avec pendant une large zone de variation des durées alors que la correction multiplicative (L_{305}) favoriserait des lactations moyennes avec un optimum net pour des durées de 280 à 310 jours.

Il ne s'agit là que de tendances car pour chiffrer les répercussions exactes de la sélection de chacun de ces critères sur la durée de lactation moyenne des animaux retenus il faudrait tenir compte de la courbe de fréquences des durées, de l'intensité de sélection pratiquée et également de la variance des critères en fonction de la durée de lactation. En particulier pour des critères de même valeur moyenne croissante au-delà de 300 jours, et à intensité de sélection égale, ceux dont la variance est plus faible pour des durées longues sont préférables surtout dans le cas de sélection intense. Par exemple, pour le choix des mères à taureaux on peut se demander s'il ne serait pas préférable de remplacer la correction additive sur la durée actuellement utilisée par une correction multiplicative donnant les mêmes résultats moyens mais réduisant leur variance pour des durées supérieures à 305 jours. Pour ce faire, le facteur multiplicatif à utiliser dans notre échantillon serait : $(435)/(Durée + 130)$.

2. — *Corrélations génétiques*

Les estimées des coefficients de corrélation génétique de chacune des 8 variables étudiées avec l'intervalle entre premier et deuxième vêlage (IV), la durée de lactation (D) et la production par jour d'intervalle de vêlage (L/IV) sont présentées au tableau 1.

Si l'objectif essentiel est de limiter l'augmentation de l'intervalle entre vêlages, les variables étudiées se rangent en trois groupes compte tenu de leur liaison génétique avec l'intervalle entre vêlages : D'abord les productions corrigées multiplicativement pour la durée de lactation (L,J et L_{305}) qui en sont presque indépendantes. Très près et peu liées viennent la production corrigée additivement (L,D) et la production par jour d'intervalle entre vêlages (L/IV). Enfin, suivent de très loin les productions totales corrigées pour la classe d'étable (L) ou non (L,B), critères pour lesquels toute sélection s'accompagnerait d'une augmentation d'intervalle entre premier et deuxième vêlage de 1,2 à 1,5 jours pour une augmentation génétique de 100 kg de lait. Les résultats expérimentaux entre races obtenus à la ferme du Pin-au-Haras (Orne) confirment cette hypothèse puisque entre génisses de race *Holstein* et *Normande*, soumises au même protocole de conduite et d'insémination, on constate effectivement un écart de 1,7 jours d'intervalle entre vêlages par 100 kg

de différence de production laitière. Or ces deux races ont été sélectionnées sur leur production totale, critère qui s'avère donc bien défavorable du point de vue de la reproduction.

TABLEAU I

Coefficients d'héritabilité (h^2) et de corrélation génétique des différentes variables étudiées avec l'intervalle entre vêlages (IV), la durée de lactation (D) et la production de lait par jour d'intervalle entre vêlages (L/IV)

Variables	Héritabilité h^2	Corrélations génétiques avec		
		IV	D	L/IV
(1) LB	0,17	0,55	0,71	0,99
(2) L	0,18	0,39	0,53	0,98
(3) LD	0,23	0,12	0,17	0,99
(4) LJ	0,22	0,06	0,04	0,92
(5) L305	0,23	0,02	0,09	0,98
(6) L/IV	0,10	0,12	0,33	1,00
(7) D	0,08	0,76	1,00	0,12
(8) IV	0,03	1,00	0,76	0,12

Si par contre l'objectif est d'améliorer la production par jour d'intervalle entre vêlages, souvent utilisée comme indice économique de production, toutes les variables conviennent très bien, avec, cependant une légère réserve pour la production par jour de lactation (L,J).

Il est intéressant de noter l'étroite liaison génétique entre durée de lactation et intervalle entre vêlages ($r = 0,76$), ce qui explique que l'étude des répercussions génétiques confirme les résultats phénotypiques obtenus dans le paragraphe précédent. Nous avons également obtenu sur notre échantillon une corrélation génétique assez élevée ($r = 0,42$) entre l'intervalle premier-deuxième vêlage et l'âge au premier vêlage. Cela semblerait indiquer que les facteurs génétiques déterminant les caractères de fertilité sont, en partie, les mêmes pour ces parités successives.

3. — Coefficients d'héritabilité

Les valeurs de ces coefficients estimés à partir des composantes « Père » de la variance pour chacun des critères analysés figurent également au tableau 1. La valeur observée pour l'héritabilité de l'intervalle entre vêlages est très faible et du même ordre de grandeur que celles citées dans la littérature et obtenues à partir de données recueillies dans le cadre d'un contrôle laitier normal (LEGATES, 1954 ; MAIJALA, 1964 ; ODEGARD, 1965 et RONNINGEN, 1967).

Une sélection directe sur ce caractère très global et soumis à l'influence de nombreux facteurs peu contrôlables pourrait donc n'avoir qu'une efficacité faible. Ceci est particulièrement vrai pour la sélection des femelles, dont le nombre de lactations est toujours limité. Même pour les taureaux mis au testage, il faudrait contrôler un grand nombre de filles pour atteindre une précision d'estimation acceptable.

Il serait sans doute plus indiqué de ne chercher à mettre en évidence que les cas extrêmes. Une prédiction indirecte assez bonne serait d'ailleurs possible par l'intermédiaire de la durée de lactation dont l'héritabilité est plus élevée et qui est en corrélation génétique étroite avec cet intervalle entre vêlages.

La production par jour d'intervalle entre le premier et le second vêlage (L/IV) n'apparaît pas comme un bon critère de sélection compte tenu de sa faible héritabilité. La comparaison des valeurs d'héritabilité obtenues pour les deux premières variables (L_B et L) montre que la correction sur la classe d'étable n'a pas d'incidence marquée, ce qui pourrait être expliqué par une utilisation non aléatoire des taureaux suivant le niveau de production des étables.

Finalement, la constatation la plus importante porte sur l'intérêt d'une correction pour la durée de lactation qui, outre les répercussions importantes qu'elle introduit au niveau des corrélations génétiques avec les critères de durée, augmente l'héritabilité d'environ 30 p. 100, ce qui confirme les résultats obtenus sur ovins laitiers par BOYAZOGLU et coll. (1965) ; MOCQUOT et coll. (1970). On remarquera par ailleurs que le type de correction ne joue pratiquement pas et que de ce fait il n'est pas possible, au moins pour notre échantillon, de faire un choix entre la correction additive (L_D) et les corrections multiplicatives (L_J et L_{305}) sur la seule valeur d'héritabilité.

CONCLUSION

L'intervalle entre vêlages et la production moyenne par jour de cet intervalle, qui constituent les deux critères d'intérêt économique, ne semblent présenter qu'un intérêt limité du point de vue de la sélection du fait de leurs faibles coefficients d'héritabilité et des complications pratiques de calcul que leur emploi entraînerait : (Délais d'obtention, incidence des animaux réformés, complexité d'un index économique sur les deux variables).

A cause des liaisons génétiques importantes qui existent entre production, durée de lactation et intervalle entre vêlages, il semble préférable de retenir un critère de sélection unique sur la production laitière ; Ce dernier, correctement choisi, doit permettre de maintenir l'augmentation d'intervalle entre vêlages à un rythme assez lent pour que cela ne pose pas de problèmes graves à courte ou moyenne échéance. De ce point de vue la production totale par lactation et même celle de référence, qui ne vaut guère mieux pour notre échantillon de données, constituent les plus mauvais critères et ne devraient plus être utilisées. Les productions corrigées pour la durée de lactation ne présentent pas cet inconvénient, elles ont par ailleurs une héritabilité plus élevée tout en étant génétiquement très liées avec la production totale.

Le choix d'une méthode de correction pour la durée devrait faire intervenir des critères techniques (héritabilité, corrélation génétique avec l'intervalle entre vêlages), économiques (liaison avec la production par jour) et aussi psychologiques. En particulier une pénalisation trop lourde des lactations de plus de 305 jours serait difficile à faire admettre même si elle est techniquement et économiquement justifiée.

Le système de correction de la production totale par régression linéaire sur la

durée, actuellement utilisé pour l'indexation des reproducteurs apparaît satisfaisant de ce point de vue. Il pourrait, éventuellement, être remplacé par le système multiplicatif qui donne des résultats moyens équivalents.

Reçu pour publication en juin 1975.

REMERCIEMENTS

T. AURAN et J. C. FLAMANT, ont assuré la lecture critique du manuscrit, nous tenons à les remercier pour leurs suggestions constructives.

SUMMARY

STUDIES ON DAIRY CATTLE PRODUCTION.

III. — RELATIONS BETWEEN CRITERIA OF PRODUCTION, DURATION OF LACTATION AND INTERVAL, BETWEEN FIRST AND SECOND CALVING

The object of this study is to determine the effect of dairy selection on cow fertility, and, if possible, to remedy the unfavorable influence by defining a suitable selection criterium. For this purpose, relations between calving interval, duration of lactation and different yield variables are analyzed phenotypically and genetically on a sample of 17 648 first lactations. Most of the production variables are total milk yields corrected in various ways for duration of lactation.

In general, calving interval, duration of lactation and total yield are very closely related as soon as the length is more than 300 days. The correction of yields for duration of lactation previous to selection has a considerable effect on average calving interval of the animals selected only when it penalizes strongly the high yields consecutive to a long lactation period. This is obtained, for the most part, using the multiplicative correction method studied which decreases the selective advantage of large yields much more than the additive correction used at present in France.

The heritability values and genetic correlations observed confirm the advantage of selection on milk yield per lactation, corrected for duration, as compared to direct selection of economic criteria : yield per day of calving interval and the interval itself. These criteria have some practical drawbacks as to measurement and use. It seems rather immaterial which correction method should be adopted, although use of a multiplicative factor is easier. In choosing this factor, psychological aspects should be taken into consideration and high, long yields should not be penalized too much, even if the choice does not constitute a long-term optimal solution for limiting genetic increase of calving interval.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOYAZOGLU J. G., POLY J., POUTOUS M., 1965. Aspects quantitatifs de la production laitière des brebis. IV. Corrélations génétiques et phénotypiques. *Ann. Zootech.*, **14**, 145-152.
- COLLEAU J. J., 1972. Bilan préliminaire de l'expérimentation bovine du Pin-au-Haras. *Bull. Tech. Dép. Génét. anim.* (Inst. nat. Rech. agron., Fr.) n° 14.
- LEGATES J. E., 1954. Genetic variation in services per conception and calving interval in dairy cattle. *Journ. Anim. Sci.*, **13**, 81-88.
- MAIJALA K., 1964. Fertility as a breeding problem in artificially bred populations of dairy cattle. I. Registration and heritability of female fertility. *Ann. Agricul. Fenniae*, **3**, 94 p.
- MOCQUOT J. C., FLAMANT J. C., POUTOUS M., 1970. Aspects quantitatifs de la production laitière des brebis. VI. Relations entre les index laitiers sur ascendance et sur descendance des reproducteurs mâles de race *Lacaune*. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **2**, 53-63.

- OEGARD A. K., 1965. A study of some factors affecting reproductive efficiency in Norwegian Red cattle. *Acta. agric. Scand.*, **15**, 204-212.
- POUTOUS M., MOCQUOT J. C., 1973. Études sur la production laitière des bovins. I. Note sur la corrélation du niveau d'étable. *Ann. Génét. Sé. anim.*, **5**, 211-216.
- RONNINGEN K., 1967. Phenotypic and genetic parameters for characters related to milk production in cattle. *Acta. agric. Scand.*, **17**, 83-100.
-