

ASPECTS QUANTITATIFS DE LA PRODUCTION LAITIÈRE DES BREBIS

VIII. — VARIATION DES PARAMÈTRES GÉNÉTIQUES
AVEC LE NIVEAU DE PRODUCTION DU TROUPEAU ET L'ÂGE

J. ROMER (1), J.-J. COLLEAU, J.-C. FLAMANT

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

RÉSUMÉ

On a analysé l'effet de l'âge (1 an, 3 ans, 4 ans) et du niveau de production du troupeau (3 niveaux) sur l'héritabilité des productions laitières de brebis de race *Lacaune* dans la région de Roquefort (production laitière totale à la traite PL, production au contrôle maximum C. Max). L'analyse a porté au total sur 8 926 couples de lactations mère-fille.

Les deux variables PL et C. Max ont fourni des résultats similaires :

- aucune variation sensible de l'héritabilité avec l'âge,
- décroissance de l'héritabilité quand le niveau augmente,
- interaction importante des facteurs « âge » et « niveau » sur la valeur de l'héritabilité.

Ces résultats sont comparés à ceux qu'on connaît chez les bovins laitiers.

I. — INTRODUCTION

Les niveaux de production des brebis laitières de race *Lacaune* dans la région de Roquefort varient considérablement selon les élevages : ROMER, FLAMANT et POUROUS (1969) évaluent en effet à 20 p. 100 la part de la variance totale des productions laitières à la traite qui provient de différences entre troupeaux. Un tel résultat n'est pas étonnant car on constate non seulement des différences

(1) Adresse actuelle : Instytut Zootechniki — Krakow (Pologne).

dans le niveau technique des éleveurs (valeur des fourrages, complémentation de la ration de base, état sanitaire, utilisation de la machine à traire et qualité de la traite) mais aussi des différences importantes dans la richesse du sol (zones granitiques et zones calcaires).

Cette hétérogénéité des milieux de production soulève deux types de problèmes pour l'établissement de plans rationnels de sélection pour la production laitière. Le premier est celui des variations de l'héritabilité suivant le milieu : si elles sont importantes il peut être intéressant d'utiliser de préférence les troupeaux où l'héritabilité est élevée pour y tester les jeunes béliers ou encore pour y choisir les brebis mères de reproducteurs mâles. Si les considérations de HAMMOND (1947) s'appliquent aux brebis *Lacaune* de Roquefort, il s'agirait des troupeaux dont le niveau de production est le plus élevé. Le second problème posé est celui de la possibilité de fluctuations dans le classement des béliers suivant le milieu de production de leurs filles : il serait très intéressant d'obtenir des éléments de réponse car l'insémination artificielle se développe actuellement dans la zone de Roquefort. Si l'on en croit LUSH (1945), les phénomènes d'interaction génotype-milieu sont si probables qu'il vaut mieux juger les reproducteurs dans le milieu même où ils seront utilisés. Transposées à la zone de Roquefort, les vues de LUSH conduiraient par exemple à améliorer les troupeaux de bas niveau avec des béliers testés dans ce niveau; celles de HAMMOND amèneraient, au contraire, à utiliser des béliers testés dans les troupeaux de haut niveau. Sur la base d'expériences de sélection sur la croissance de la souris après sevrage, (FALCONER et LATYSZEWSKI, 1952; FALCONER, 1960), FALCONER propose une solution générale tenant compte des deux aspects qui nous préoccupent : sélectionner dans le milieu le plus défavorable à l'expression du caractère. En effet, dans ce milieu, l'héritabilité serait plus forte et le progrès génétique accompli serait transposable en milieu favorable, l'inverse n'étant pas vérifié.

Les deux questions évoquées ci-dessus ont été abordées à plusieurs reprises sur les bovins laitiers. Le milieu a été défini le plus souvent par le niveau de production laitière (lait, matière grasse) soit du troupeau, soit d'individus (mères ou filles dans le cas d'analyse mère-fille) et aussi par d'autres facteurs comme le type de stabulation (BURDICK, et MAC GILLIARD, 1963; MAO et BURNSIDE, 1969), la durée de tarissement (BURDICK et Mac GILLIARD, 1963), la région (LYTTON et LEGATES, 1966), le niveau technique de l'éleveur jugé par le taux d'utilisation de taureaux d'insémination artificielle et le niveau de concentré dans la ration (MAO et BURNSIDE, 1969). Jusqu'à présent, les études faisant intervenir le niveau de production ont été les plus nombreuses parce qu'elles s'appuient sur les données du simple contrôle laitier. Les variations d'héritabilité ont été étudiées sur des couples mère-fille et surtout sur les descendance de taureaux (JOHANSSON, 1953; KORKMAN, 1953; MASON et ROBERTSON, 1956; GRAVERT, 1958; POLY et VISSAC, 1959; ROBERTSON et O'CONNOR, 1960; MITCHELL et CORLEY, 1961; LEGATES, 1962; VAN VLECK, 1963; VAN VLECK et BRADFORD, 1964; SYRSTAD, 1966; GÖNUL, VOS et POLITIEK, 1966; BURNSIDE et RENNIE, 1968). L'interaction génotype-milieu a été testée soit sous forme de variance d'interaction entre taureaux et troupeaux (ALLAIRE et GAUNT, 1965; BURDICK et Mac GILLIARD, 1963; FAIR-

CHILD *et al.*, 1966; GAUNT, BARTLETT et COMSTOCK, 1964; HARVILLE et HENDERSON, 1967; HENDERSON et CARTER, 1957; HICKMAN et HENDERSON, 1955; LEGATES, VERLINDEN et KENDRICK, 1956) soit sous forme de corrélations génétiques entre productions obtenues à des niveaux différents (MASON et ROBERTSON, 1956; ROBERTSON et O'CONNOR, 1960; VAN VLECK, 1963; SYRSTAD, 1966; MAC DANIEL et CORLEY, 1967; BURNSIDE et RENNIE, 1968). Ces statistiques ont pu être obtenues grâce à l'extension de l'insémination artificielle chez les bovins laitiers.

Dans le cas des troupeaux de brebis *Lacaune* contrôlés dans la zone de Roquefort, le seul élément caractérisant le milieu et sur lequel il soit possible d'analyser les problèmes posés plus haut, est actuellement le niveau de production laitière des troupeaux. Par ailleurs, la situation de monte naturelle, de cette population, nous conduit à estimer les paramètres génétiques essentiellement d'après les liaisons mère-fille.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. — Définition des niveaux de production et échantillonnage

Les 58 troupeaux considérés dans cette analyse ont été contrôlés pendant au moins 7 années consécutives (1960-1966). Sur ce matériel, ROMER, FLAMANT et POUTOUS (1969) ont déjà montré qu'il existe une importante interaction année-troupeau pour les caractéristiques de production (environ 7 p. 100 de la variance). De ce fait, classer les troupeaux suivant leur production moyenne dans la période 1960-1966, n'aurait pas grande efficacité pour déterminer des niveaux réels de production : aussi ces derniers ont-ils été établis à partir des moyennes annuelles (moyennes de troupeau-année).

Les 487 moyennes de troupeau-année ainsi obtenues ont été divisées en 3 classes, chaque classe constituant un niveau de production. Le niveau moyen regroupe 50 p. 100 des moyennes, les niveaux haut et bas, chacun 25 p. 100. Le tableau 1 montre que la variabilité de la production laitière est très importante dans le niveau haut : cela est lié à la distribution dissymétrique des moyennes de troupeau-année. Les effectifs moyens de brebis par troupeau-année diffèrent d'un niveau à l'autre : le niveau bas regroupe des troupeaux à peu près deux fois plus importants qu'en niveau haut, et traits en majorité à la machine.

TABLEAU I

Paramètres caractérisant les niveaux de production

Niveau	Nombre de troupeaux-années	Production laitière par troupeau-année (1)		Nombre de brebis par troupeau-année	Pourcentage des troupeaux années traits à la machine
		moyenne	écart-type		
Haut	124	123,1	11,4	105	16
Moyen	240	97,5	8,1	132	33
Bas	123	72,2	7,0	181	69
Total	487	97,6	20,3	137	38

Les moyennes de troupeau-année considérées ne tiennent pas compte des variations d'âge moyen d'un troupeau à l'autre, car les productions individuelles ne sont pas corrigées pour ce facteur. La taille des troupeaux de brebis permet en théorie d'estimer des niveaux de production par catégorie d'âge, ce qui présente un intérêt car il n'est pas certain que les éleveurs traitent de la même façon agnelles et brebis adultes. En fait, cette classification des troupeaux par âge des brebis n'a pas été effectuée car les brebis d'une même classe d'âge dans un troupeau appartiennent très souvent à la descendance d'un nombre restreint de béliers (tabl. 2).

TABLEAU 2

Nombre moyen de béliers par troupeau-année (b/t) suivant l'âge et le niveau de production des filles

Age	b/t	Niveau de production	b/t
1 an	1,62	Haut	1,36
3 ans	1,27	Moyen	1,38
4 ans	1,10	Bas	1,23

On a retenu au total 8 926 couples de lactations effectuées par la mère et la fille à un même âge. Bien que mères et filles soient dans le même troupeau, les classes de production correspondantes peuvent être différentes. La répartition des couples figure au tableau 3.

TABLEAU 3

Répartition des couples mère-fille suivant le niveau de production

Niveau des mères \ Niveau des filles	Niveau des mères		
	Bas	Moyen	Haut
Haut	—	1 131	1 402
Moyen	1 328	2 341	908
Bas	1 352	464	—

On a considéré uniquement les brebis de 1,3 et 4 ans. L'âge de 2 ans n'a pas été retenu parce que dans les conditions de Roquefort, il correspond soit à une première, soit à une seconde lactation. En conséquence, à 3 ans et 4 ans également, le numéro de lactation n'est pas fixé mais on a estimé que les erreurs ainsi introduites étaient peu importantes, l'effet de l'âge sur la production laitière étant limité au cours de cette période où la femelle a atteint sa production d'adulte.

2. — Variables considérées

La production laitière des brebis a été estimée par la quantité de lait obtenue entre le sevrage des agneaux (à 35 jours en moyenne) et le tarissement. Cette production est notée PL. On a étudié également la production le jour du contrôle maximum, notée C. Max.

3. — Modèle d'analyse

Les performances des filles ont été classées par combinaison âge-niveau de production. Pour chacune de ces combinaisons, elles ont été décomposées selon le modèle hiérarchique suivant :

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_{ij} + e_{ijk} \quad (1)$$

Y_{ijk} = performance de la k^e fille du j^e bélier dans le i^e troupeau-année;

T_i = effet aléatoire du i^e troupeau-année;

B_{ij} = effet aléatoire du j^e bélier dans le i^e troupeau-année, de variance dite « bélier-intra-troupeau »;

e_{ijk} = effet aléatoire résiduel, de variance dite « intrabélier ».

Les performances des mères au même âge que celui des filles ont été associées aux performances des filles sur le même support matériel (carte perforée). Les performances des mères étaient suivies de la classe de production du troupeau-année ce qui a permis d'effectuer des subdivisions pour une combinaison donnée âge niveau de production chez les filles. Le modèle (1) a été aussi appliqué aux performances des mères pour permettre le calcul de différentes covariances mère-fille, cependant les productions des mères ont été classées sur le troupeau-année correspondant à la lactation de leurs filles et non à la leur, sur le bélier père de leurs filles et non sur le leur. En conséquence, l'effet année intra-troupeau chez les mères est confondu avec la variable « résiduelle ». De plus, les mères accouplées à un même bélier sont d'âge différent et de ce fait, ont plusieurs pères, étant donné le renouvellement quasi annuel des béliers à Roquefort : les différences entre mères provenant de leurs pères sont alors confondues avec la variable résiduelle. Finalement, la variance « intrabélier » pour les mères est surestimée (d'environ 15 p. 100).

4. — Estimation des coefficients d'héritabilité intratroupeau

a) *A partir de couples mère-fille situés dans un même niveau de production.*

La variance génétique (s^2_g) a été estimée en doublant la covariance mère-fille intrabélier. La variance intrabélier ou « résiduelle » a été calculée pour les mères (s^2_{RM}), les filles (s^2_{RF}).

A partir des composantes de variance et covariance on a obtenu 2 estimées de l'héritabilité intratroupeau soit en doublant la régression fille/mère intrabélier, soit en doublant la corrélation entre mère et fille intrabélier. La transformation de cette dernière selon la méthode de FISHER a permis de comparer les héritabilités entre elles et de leur attribuer des intervalles de confiance.

b) *A partir des variances entre béliers.*

Les brebis étant classées par groupes de demi-sœurs paternelles, indépendamment du niveau de production de la mère, une autre estimée de l'héritabilité est égale à 4 fois la corrélation intra-classe.

5. — Estimation des corrélations phénotypiques et génétiques

Le calcul des corrélations phénotypiques entre la production laitière totale à la traite et le contrôle maximum a été effectué intrabélier. Les corrélations génétiques ont été calculées à partir des covariances mère-fille intrabélier suivant la formule de HAZEL

$$r_G = \sqrt{\frac{\text{cov}(M_1 F_2) \text{cov}(M_2 F_1)}{\text{cov}(M_1 F_1) \text{cov}(M_2 F_2)}}$$

Les corrélations génétiques concernent la production laitière et la production au contrôle maximum, pour un même niveau de production, ou encore la production totale ou maximale à des niveaux différents. En effet, ce dernier calcul permet en théorie d'analyser les phénomènes

(r) car un nombre relativement élevé de brebis mères était issu de pères inconnus.

d'interaction génotype-milieu, selon les conceptions de FALCONER (1952). L'écart type d'une estimée $\widehat{r_G}$ de corrélation génétique établie sur n couples mère-fille, a été évalué suivant la formule de REEVE (1955)

$$s(\widehat{r_G}) = (1 - r_G) \sqrt{\frac{1}{n-2} \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{h_1^2 h^2} \right)}$$

III. — RÉSULTATS

I. — Comparaison des mères et des filles : moyennes (tabl. 4) et variances intratroupeau (tabl. 5)

Les productions laitières des mères sont en moyenne légèrement supérieures à celles des filles pour la production laitière et la production au contrôle maximum. Cependant la différence varie avec l'âge et le niveau de production. A 1 et 3 ans, les filles sont nettement inférieures aux mères, à 4 ans elles les dépassent. En niveau haut, la moyenne générale des filles égale pratiquement celle des mères, contrairement aux autres niveaux où les filles sont nettement inférieures.

TABLEAU 4

Effectifs (n) et moyennes de production laitière (PL en l) et de niveau de production au contrôle maximum (C Max. en ml) par âge et niveau de production pour les mères (M) et les filles (F).

Niveau de production		Bas		Moyen		Haut		Tous niveaux	
		M	F	M	F	M	F	M	F
1 an . . .	n . . .	1 038	810	1 561	1 668	836	957	3 435	3 435
	PL . . .	59,8	53,3	77,9	72,8	103,1	98,4	78,6	75,3
	C. Max	767	686	921	860	1 128	1 103	925	887
3 ans . . .	n . . .	1 164	754	1 675	2 035	996	1 046	3 835	3 835
	PL . . .	85,1	78,3	112,9	103,7	137,0	136,7	110,7	107,7
	C. Max	918	872	1 167	1 084	1 346	1 391	1 138	1 126
4 ans . . .	n . . .	478	252	700	874	478	530	1 656	1 656
	PL . . .	87,2	86,0	115,2	108,6	140,4	146,0	114,4	117,1
	C. Max	956	948	1 175	1 152	1 400	1 482	1 177	1 227
Tous âges	n . . .	2 680	1 816	3 936	4 577	2 310	2 533	8 926	8 926
	PL . . .	75,7	68,3	99,4	93,4	125,4	124,2	99,0	97,0
	C. Max	866	801	1 071	1 015	1 278	1 301	1 063	1 053

TABLEAU 5

Effectifs (n) et variances intratroupeau par âge et niveau de production chez les mères (M) et les filles (F), pour la production laitière (PL en l) et le niveau au contrôle maximum (C. Max. en ml)

Niveau de production		Bas		Moyen		Haut		Tous niveaux	
		M	F	M	F	M	MF	M	F
1 an	n	1 038	810	1 561	1 668	836	957	3 435	3 435
	PL	527,6	469,9	696,9	669,6	987,5	1 051,4	963,8	999,8
	C. Max	57 214	58 601	64 322	69 268	89 043	102 415	85 480	98 281
3 ans	n	1 164	754	1 675	2 035	996	1 046	3 835	3 835
	PL	866,1	1 024,4	1 213,8	1 357,4	1 150,6	1 808,9	1 477,2	1 824,2
	C. Max	72 571	63 455	123 333	83 813	88 046	117 039	124 909	121 767
4 ans	n	478	252	700	874	478	530	1 656	1 656
	PL	1 076,4	1 190,5	964,3	1 167,0	1 308,6	1 760,8	1 503,1	1 820,4
	C. Max	68 586	65 405	73 136	75 259	97 155	124 591	106 578	124 124
Tous âges	n	2 680	1 816	3 936	4 577	2 310	2 533	8 926	8 926
	PL	928,7	974,2	1 275,3	1 311,6	1 417,6	1 922,0	1 554,1	1 806,9
	C. Max	72 835	70 282	106 472	92 051	104 221	138 705	119 058	131 179

TABLEAU 6

Effectifs (n) et variances intrabélier par âge et niveau de production chez les mères (M) et les filles (F) pour la production laitière (PL en l) et le niveau du contrôle maximum (C. Max en ml)

Niveau de production		Bas		Moyen		Haut	
		M	F	M	F	M	F
1 an	n	1 038	810	1 561	1 668	836	957
	PL	456,1	436,6	584,1	650,3	836,5	1 030,7
	C. Max . . .	54 768	53 582	59 615	59 404	89 459	90 768
3 ans	n	1 164	754	1 675	2 035	996	1 046
	PL	795,8	998,8	1 071,7	1 303,1	1 139,0	1 752,9
	C. Max . . .	67 655	70 842	109 753	79 203	84 810	106 070
4 ans	n	478	252	700	874	478	530
	PL	1 006,6	1 051,7	954,4	1 164,8	1 315,4	1 984,7
	C. Max . . .	77 504	73 857	70 412	76 964	99 547	130 735

Les variances intratroupeau-année diffèrent peu entre mères et filles, pour les niveaux moyen et bas. Cependant en niveau haut, les productions des filles présentent une variance supérieure à celle des mères, particulièrement à 3 et 4 ans. Cela ne semble pas traduire une hétérogénéité génétique supérieure car les calculs intrabéliier ne changent pas cet état de choses (tabl. 6).

2. — *Variances génétiques et intrabéliier
suivant l'âge et le niveau*

Les résultats obtenus par analyse des couples mère-fille figurent au tableau 7 pour la production totale de lait, au tableau 8 pour la production au contrôle maximum; ceux concernant l'analyse des groupes de demi-sœurs figurent au

TABLEAU 7

*Paramètres caractérisant la production laitière (PL en l) d'après
des couples mère-fille situées dans un même niveau de production : nombre
de couples mère-fille (n), par âge et par niveau, moyennes (\bar{X}), variances
génétiques (s_G^2), variances intra-béliier (s_{RM}^2 et s_{RF}^2) coefficients
de variation (CV), coefficients d'héritabilité (h^2) et intervalles de
confiance (e) correspondants*

	Age \ Niveau	Bas	Moyen	Haut
<i>n</i>	1 an	544	895	557
\bar{X}		56,0	76,0	103,5
s_G^2		129,2	170,9	283,7
s_{RM}^2		500,6	545,9	771,9
s_{RF}^2		409,1	606,5	1 017,5
CV		37	30	26
$h^2 = 2r MF$		0,28	0,30	0,32
$e(h^2)$		0,11 — 0,46	0,15 — 0,44	0,14 — 0,49
<i>n</i>	3 ans	598	1 048	575
\bar{X}		79,0	107,5	140,0
s_G^2		470,5	165,5	428,1
s_{RM}^2		909,4	1 062,2	1 044,2
s_{RF}^2		972,6	1 340,0	1 849,1
CV		37	30	23
$h^2 = 2r MF$		0,50	0,14	0,31
$e(h^2)$		0,34 — 0,68	0,02 — 0,26	0,13 — 0,49
<i>n</i>	4 ans	210	398	270
\bar{X}		85,0	109,5	146,0
s_G^2		416,1	299,3	360,8
s_{RM}^2		1 083,8	987,9	1 280,2
s_{RF}^2		830,9	708,0	1 043,5
CV		38	29	25
$h^2 = 2r MF$		0,39	0,27	0,23
$e(h^2)$		0,11 — 0,65	0,05 — 0,48	0,00 — 0,50

TABEAU 8

Paramètres caractérisant la production au contrôle maximum (C. Max en ml) d'après des couples mère-filles situés dans un même niveau de production: nombre de couples mère-filles (n) par âge et par niveau, moyennes (\bar{X}), variances génétiques (s_G^2), variances intrabélière (s_{RM}^2 et s_{RF}^2), coefficients de variation (CV), coefficients d'héritabilité (h^2) et intervalles de confiance (e) correspondants

	Age \ Niveau	Bas	Moyen	Haut
n	1 an	544	895	557
\bar{X}		752	419	1 159
s_G^2		13 120	19 526	19 922
s_{RM}^2		58 525	53 162	84 993
s_{RF}^2		50 883	57 427	91 199
CV		32	25	25
$h^2 = 2r MF$		0,24	0,35	0,23
$e(h^2)$		0,06 — 0,41	0,21 — 0,49	0,05 — 0,40
n	3 ans	598	1 048	575
\bar{X}		873	1 141	1 414
s_G^2		25 882	20 246	14 708
s_{RM}^2		79 958	126 488	87 895
s_{RF}^2		66 527	78 354	113 789
CV		32	31	21
$h^2 = 2r MF$		0,35	0,20	0,15
$e(h^2)$		0,19 — 0,51	0,07 — 0,33	0,00 — 0,32
n	4 ans	210	398	270
\bar{X}		920	1 144	1 463
s_G^2		30 278	17 380	14 850
s_{RM}^2		83 088	70 804	104 352
s_{RF}^2		75 058	85 337	127 837
CV		31	23	22
$h^2 = 2r MF$		0,38	0,22	0,13
$e(h^2)$		0,10 — 0,65	0,00 — 0,44	0,00 — 0,39

tableau 9. Pour chacune des deux variables, les estimées des variances intrabélière, obtenues sur des effectifs différents, sont très similaires (exception faite des productions à 4 ans). Cette constatation, jointe à celle du faible nombre de degrés de liberté entre béliers disponibles dans l'analyse des demi-sœurs, nous a conduit à étudier l'effet de l'âge et du niveau sur les variances, en nous limitant uniquement aux résultats obtenus sur couples mère-fille.

a) *Variances intrabélière.*

On observe généralement une augmentation sensible des variances entre 1 et 3 ans, beaucoup plus faible entre 3 et 4 ans. L'effet du niveau sur les variances est du même ordre de grandeur que celui de l'âge. Pour la quantité de lait, on observe

TABLEAU 9

Valeurs de la variance bélier intratroupeau (s_B^2) et du coefficient d'héritabilité (h^2) obtenu à partir de la corrélation entre demi-sœurs paternelles, pour la production laitière totale (PL en l) et la production au contrôle maximum (C. Max en ml) par combinaisons âge-niveau.

	1 an			3 ans	
	Niveau bas	Niveau moyen	Niveau haut	Niveau moyen	Niveau haut
Nombre de filles . . .	810	1 668	957	2 035	1 046
Nombre de béliers intratroupeau . . .	31	147	50	48	48
PL :					
s_B^2	33,3	19,3	20,7	54,3	56,0
h^2	0,28	0,12	0,08	0,16	0,12
C. Max :					
s_B^2	5 019	9 864	11 647	4 610	10 969
h^2	0,34	0,57	0,45	0,22	0,37

une augmentation progressive des variances du niveau bas vers le niveau haut. Pour la production au contrôle maximum, on observe également une variance plus élevée en niveau haut, cependant les valeurs obtenues en niveau moyen et bas ne diffèrent pratiquement pas.

b) Variances génétiques

La variance génétique de la production laitière, tend à augmenter avec l'âge. Cette évolution est surtout sensible en niveau bas. Pour la production au contrôle maximum, la variance génétique augmente avec l'âge seulement en niveau bas; elle est relativement constante en niveau moyen, et a tendance à diminuer avec l'âge en niveau haut.

L'influence du niveau de production est différente selon l'âge considéré. En passant du niveau bas au niveau haut, pour l'âge de 1 an, la variance génétique augmente d'environ 50 p. 100 à 100 p. 100 suivant le caractère; pour l'âge de 4 ans cette variance diminue au contraire de 10 à 50 p. 100 suivant le caractère. A 3 ans, il n'y a pas de tendance bien nette sinon que la variance génétique est la plus forte dans le niveau bas.

3. — *Héritabilités*a) *Méthode des couples mère-fille*

En théorie, la régression fille/mère fournit la meilleure estimée du coefficient d'héritabilité. Cependant, pour pouvoir tester des différences entre coefficients de régression suivant l'âge ou le niveau de production, il est nécessaire que les variances des écarts aux différentes droites de régression soient constantes avec l'âge et le niveau, ce qui n'est pas le cas. Pour cette raison, les comparaisons d'héritabilité ont été effectuées uniquement à partir des coefficients de corrélation mère-fille.

Effet de l'âge. — Sur l'ensemble des niveaux de production les héritabilités ne varient pas significativement avec l'âge. En effet, pour les âges de 1 an, 3 ans, 4 ans, les estimées respectives sont de 0,31; 0,29; 0,29 pour la production laitière totale et de 0,28; 0,23; 0,24 pour la production au contrôle maximum.

Effet du niveau de production. — Dans les niveaux bas, moyen et haut, l'héritabilité de la production laitière est respectivement de 0,41; 0,22; 0,30. Les différences sont significatives, mais il n'y a pas de tendance continue. Pour la production au contrôle maximum, les valeurs d'héritabilité correspondantes sont de 0,32; 0,26; 0,17 : cette fois, il semble y avoir une décroissance de l'héritabilité quand le niveau s'élève mais elle n'est pas significative.

L'analyse par classe d'âge ne montre en aucun cas de variations significatives des héritabilités de la production au contrôle maximum suivant les niveaux de production. Dans le cas de la production laitière totale, on ne trouve pas de différences significatives entre estimées obtenues à différents niveaux, à 1 et 4 ans quoique l'élévation du niveau semble entraîner une augmentation de l'héritabilité à 1 an et une diminution à 4 ans. Mais à l'âge de 3 ans, les différences sont significatives : comme pour la production au contrôle maximum à cet âge, c'est en niveau bas qu'on obtient l'héritabilité la plus élevée cependant qu'en niveau moyen, la valeur de l'héritabilité est minimale.

b) *Corrélation entre demi-sœurs paternelles*

Les calculs ont été seulement réalisés pour les combinaisons âge-niveau où le nombre de degrés de liberté entre béliers était supérieur à 20. Les valeurs d'héritabilité obtenues pour la production au contrôle maximum sont ici supérieures à celles correspondant à la production totale contrairement aux résultats précédents.

Effet de l'âge. — Pour la production laitière totale, les valeurs obtenues à 1 et 3 ans sont tout à fait comparables. Pour la production au contrôle maximum, l'héritabilité diminue assez fortement de 1 à 3 ans.

Effet du niveau. — L'évolution de l'héritabilité suivant le niveau est différente pour les deux caractères étudiés. Pour la production au contrôle maximum, l'héritabilité tend à augmenter quand le niveau de production s'élève alors que c'est le contraire dans le cas de la production laitière totale.

4. — Corrélations phénotypiques et génétiques

a) *Corrélations phénotypiques intrabélrier entre les productions laitières totale et maximale*

TABLEAU 10

Estimées des corrélations phénotypiques intrabélrier entre production laitière totale et production au contrôle maximum, pour l'ensemble des brebis classées par âge et niveau de production

Age \ Niveau de production	Bas	Moyen	Haut	Tous niveaux
1 an	0,782	0,749	0,774	0,765
3 ans	0,793	0,670	0,706	0,730
4 ans	0,783	0,742	0,709	0,742
Tous âges	0,786	0,711	0,740	

Ces corrélations ont été calculées pour l'ensemble des brebis (mères ou filles) pour chaque combinaison âge-niveau de production. Les valeurs obtenues au tableau 10 sont élevées et de l'ordre de 0,7 — 0,8.

Les valeurs sont plus élevées pour les brebis de 1 an, mais quoiqu'elle soit significative, cette différence est peu importante. On constate également des différences significatives suivant le niveau considéré, les coefficients de corrélation étant en effet maxima en niveau bas, mais là encore la différence n'est pas très importante.

b) *Corrélations génétiques entre productions laitières totale et maximale*

Les résultats du tableau 11 montrent qu'elles sont très élevées. Comme pour les corrélations phénotypiques, les valeurs observées en niveau bas sont les plus élevées. Ces coefficients de corrélation génétique ne semblent pas, par ailleurs, varier systématiquement avec l'âge.

TABLEAU I I

Estimées de corrélations génétiques entre production laitière totale et production au contrôle maximum, par âge et par niveau (± erreur standard, calculée selon la formule de Reeve, avec $r_G = 0,838$).

Age	Niveau	Bas	Moyen	Haut
	1 an		1,008 ± 0,076	0,980 ± 0,056
3 ans		0,927 ± 0,036	0,915 ± 0,068	0,872 ± 0,072
4 ans		0,966 ± 0,055	0,959 ± 0,049	0,896 ± 0,113

c) *Corrélations génétiques entre productions obtenues à des niveaux différents*

La question de l'éventualité d'une interaction génotype-niveau de production a été traitée, en estimant la valeur de la corrélation génétique entre productions obtenues à des niveaux différents (méthode de FALCONER). Une interaction existe alors si la valeur de cette corrélation est significativement différente de 1.

TABLEAU I 2

Estimées des corrélations génétiques entre niveau pour la production laitière et le niveau au contrôle maximum (au-dessus de la diagonale). Différences entre mères et filles en p. 100 de la différence entre niveaux considérés (au-dessous de la diagonale)

Age	Niveau	PL		C. Max	
		Haut × Moyen	Moyen × Bas	Haut × Moyen	Moyen × Bas
1 an		51 % 1,242	52 % 1,525	54 % 1,004	30 % 1,687
3 ans		69 % 0,839	70 % 0,846	34 % 0,669	68 % 0,990
4 ans		87 % 0,873	74 % 1,540	65 % 1,096	79 % 0,118

On n'a effectué le calcul que pour des niveaux adjacents. Il n'y avait en effet pas de couples dont l'un des membres était en niveau bas, l'autre en niveau haut. Le tableau 12 montre que les valeurs obtenues dépassent fréquemment 1, ce qui pourrait indiquer l'absence d'interaction génotype-niveau.

IV. — DISCUSSION

La série d'articles sur les « aspects quantitatifs de la production laitière des brebis » a montré qu'en dépit de différences zootechniques très importantes (pas d'élevage individuel, durée de lactation déterminée très fréquemment par la fermeture des laiteries), on trouve jusqu'à présent pour les productions de brebis, à peu près les mêmes paramètres de variabilité génétique et non génétique que pour celles des vaches laitières. Au cours de la discussion des résultats, on se référera donc aux travaux effectués sur les bovins.

I. — *Les coefficients d'héritabilité*

a) *Considérations générales.*

La méthode de calcul des coefficients d'héritabilité que nous avons adoptée (corrélation mère-fille) suppose en toute rigueur l'absence des phénomènes de sélection. Cette hypothèse n'est certainement pas vérifiée pour les mères, car, dans la pratique de l'élevage ovin dans la zone de Roquefort, on ne retient jamais pour la reproduction les femelles issues de brebis de 1 an, ce qui a éliminé automatiquement de notre échantillon de mères, les antenaises réformées pour production insuffisante. Cela se traduit d'ailleurs par une variance « intra-troupeau-année » plus faible pour les mères, bien que cette variance ne soit pas totalement corrigée pour l'effet troupeau-année. Cependant il y a très peu de différence avec l'héritabilité calculée à partir de la régression fille/mère. Nous allons donc discuter de l'effet de l'âge et du niveau de production sur les coefficients d'héritabilité calculés à partir des corrélations entre mère et fille.

b) *Effet de l'âge.*

Indépendamment du niveau de production. — Sur les bovins laitiers, plusieurs auteurs (JOHNSON et CORLEY, 1961; VAN VLECK et BRADFORD, 1966; SYRSTAD, 1966; BARKER et ROBERTSON, 1966) ont observé que la variance génétique estimée soit à partir de la variance entre pères soit de la covariance entre mères et filles, a tendance à diminuer avec l'âge des animaux. Mais sur les mêmes données, on peut remarquer que l'élimination des effets de la sélection, obtenue en considérant les mêmes animaux suivis pendant plusieurs lactations, permet de mettre en évidence une augmentation effective des variances génétiques avec l'âge, sauf peut-être pour la deuxième lactation. Dans notre échantillon de brebis, on trouve une augmentation des variances génétiques avec l'âge, bien que cette augmentation

soit plutôt sous-estimée par l'effet de la sélection massale. Il semblerait donc que dans le cas de la brebis, l'effet de l'âge sur les variances génétiques soit plus considérable que dans celui de la vache laitière. Il faut toutefois remarquer qu'entre 1 et 3 ans l'augmentation de la production laitière est de 40-50 p. 100 : augmentation considérable en rapport à celle constatée chez la vache (20-30 p. 100 entre première et troisième lactation) et qui s'explique sans doute parce que la durée de lactation des brebis de 1 an est plus courte d'environ 2 mois.

L'augmentation des variances intrapère avec l'âge qui est observée ici correspond bien aux résultats obtenus sur les bovins laitiers, en présence ou en l'absence de sélection.

L'augmentation simultanée avec l'âge de la variance génétique et de la variance intrabélière conduit dans notre cas, à une variabilité très faible du coefficient d'héritabilité de la production laitière totale avec l'âge. En considérant des lactations de brebis *Lacaune* obtenues sur des couples mère-fille, BOYAZOGLU, POLY et POUTOUS (1965) ont trouvé en revanche des différences sensibles avec l'âge : 0,43 à 1 an et 0,26 à 3 ans, mais les couples considérés étaient beaucoup moins nombreux. En ce qui concerne la production au contrôle maximum, les héritabilités sont plus élevées à 1 an, mais beaucoup moins que ne l'indiquaient les auteurs précédents. Chez les bovins laitiers, il semble acquis que la première lactation est plus héritable que les autres, particulièrement la seconde (GRAVERT, 1958; Revue de MOLINUEVO et LUSH, 1964; VAN VLECK et BRADFORD, 1966; SYRSTAD, 1966; BARKER et ROBERTSON, 1966; BUTCHER et FREEMAN, 1968). Plus précisément, quand on effectue les calculs par la méthode des couples mère-fille, la différence entre les coefficients pour la première et la seconde lactation, atteint généralement 0,05-0,10. D'après les auteurs précédents, l'héritabilité en troisième lactation serait inférieure à celle de la première lactation mais supérieure à celle de la seconde.

La question qui se pose à propos des résultats concernant les brebis *Lacaune* est donc de savoir pourquoi l'héritabilité de la production laitière à 3 et 4 ans est aussi élevée qu'à 1 an (première lactation). On peut expliquer le haut niveau d'héritabilité à 4 ans (ce qui correspond au moins à la 3^e lactation) de 2 manières différentes. D'abord, la durée de tarissement est longue chez la brebis car elle s'étend de juillet à décembre, soit 6 mois alors qu'elle est de 3 mois seulement chez la vache : cette source de variation (par action directe ou indirecte, comme par exemple la minimisation de l'effet d'une mauvaise alimentation au cours de la lactation précédente) est donc moins importante dans le cas de la brebis, fait qui contribuerait à rendre les lactations adultes plus hértables. D'autre part, le traitement des brebis en groupe, au moins pour l'alimentation, peut jouer un rôle. Quand le traitement est plus individuel, comme chez les bovins, il est tentant de traiter les animaux adultes suivant leurs performances antérieures, pratique qui contribue à diminuer l'héritabilité des lactations adultes.

Effet de l'âge en fonction du niveau de production. — A notre connaissance, les seuls résultats obtenus sur les bovins laitiers et concernant ce sujet sont ceux de SYRSTAD (1966) : ce dernier trouve que l'évolution des variances entre taureaux,

des variances intra-taureau, des coefficients d'héritabilité avec l'âge ne dépend pas du niveau de production du troupeau. Les résultats que nous obtenons ici sont les mêmes en ce qui concerne les variances génétiques et phénotypiques, mais différent en ce qui concerne l'héritabilité. En effet, c'est seulement en niveau haut qu'on trouve la baisse de l'héritabilité avec l'âge, généralement rencontrée chez les bovins laitiers : en niveau bas la tendance est en effet tout à fait à l'opposé.

1. *En niveau haut.* — On peut penser que cette divergence selon les niveaux provient d'un accroissement de l'influence des facteurs non génétiques sur les performances des brebis adultes du niveau haut. On peut souligner d'abord que 50 p. 100 de la durée totale des lactations adultes sont effectués en bergerie par rapport à 25 p. 100 seulement pour les lactations d'agnelles. Le haut niveau de complément alimentaire et (ou) le haut niveau de qualité des fourrages qu'on peut supposer dans les troupeaux à haut niveau de production ont donc davantage d'influence sur les lactations adultes. A cause du traitement en groupe, les plus mauvaises brebis adultes ont alors la possibilité de consommer autant que les meilleures et d'extérioriser une production plus importante, ce qui contribue à diminuer l'estimée de l'héritabilité. Un fait qui nous semble confirmer cette hypothèse est que la production au contrôle maximum, pratiquement toujours obtenue en bergerie, est moins héritable que la production totale, en niveau haut, à tous les âges, alors que ce n'est pratiquement pas le cas en niveau bas.

D'autre part, on a pu remarquer au tableau 1, que la traite à la main est encore généralement pratiquée dans les troupeaux à haut niveau contrairement aux troupeaux à bas niveau, ce fait étant lié à la grande différence de taille entre les troupeaux des deux catégories. Compte tenu de la faible progression annuelle (1-2 p. 100 des troupeaux) de la traite à la machine en niveau haut, pratiquement la totalité des couples mère-fille de ce niveau a été traitée à la main. On peut peut-être penser qu'avec ce système de traite plus long et plus pénible, la traite de brebis fortes productrices, c'est-à-dire en général de brebis adultes, a pu être abrégée, ce qui a entraîné une réduction des différences entre animaux. Cette hypothèse n'est nullement exclusive de la première, car on peut très bien imaginer en niveau haut une surestimation des brebis adultes les plus mauvaises et une sous-estimation des meilleures, contribuant toutes les deux à rendre moins héritable les lactations adultes.

2. *En niveau bas.* — L'augmentation de l'héritabilité avec l'âge en niveau bas nous paraît s'expliquer essentiellement parce qu'en première lactation, certaines des brebis de ce niveau peuvent avoir encore un format insuffisant, avec des réserves corporelles et une taille de la mamelle réduite : ce facteur de variation disparaîtrait à l'état adulte.

c) *Effet du niveau.*

On remarque qu'à tous les âges, les variances phénotypiques s'accroissent quand le niveau s'améliore. Ce fait a été généralement constaté chez les bovins laitiers (MASON et ROBERTSON, 1956; ROBERTSON et O'CONNOR, 1960; VAN VLECK,

1963; VAN VLECK et BRADFORD, 1964; SYRSTAD, 1966; BURNSIDE et RENNIE, 1968). Il suggère un effet d'échelle. De ce fait, la comparaison directe des variances génétiques entre niveaux est peut-être biaisée. La seule discussion que nous ferons concerne les coefficients d'héritabilité, qui sont sans doute moins sensibles à ce phénomène.

Il est bien évident que les résultats concernant l'effet du niveau suivant l'âge ne sont pas du tout indépendants de ceux relatifs à l'effet de l'âge suivant le niveau. Nous avons essayé d'expliquer précédemment pourquoi l'héritabilité avait telle ou telle tendance avec l'âge suivant le niveau, mais le point qui reste à discuter dans ce paragraphe est la valeur de l'héritabilité à 1 an, en fonction du niveau. On constate qu'il n'y a pratiquement pas de différences. On peut penser que cette égalité est la résultante de plusieurs phénomènes jouant en sens contraire. Le format des animaux a probablement contribué à augmenter l'héritabilité en niveau haut par rapport au niveau bas, cependant que le mode de traite a eu probablement un effet contraire.

Il convient de signaler que les résultats concernant l'effet du niveau de production sur l'héritabilité à 1 an sont les mêmes que ceux concernant la première lactation chez les bovins laitiers. En effet, dans ce cas, on trouve généralement une faible augmentation du coefficient d'héritabilité avec le niveau (tabl. 13). D'après les éléments de discussion que nous avons indiqués, ce n'est peut-être que pure coïncidence. Pour les autres lactations chez les bovins laitiers, les données sont moins nombreuses mais il est peu probable que l'héritabilité de ces lactations baisse quand le niveau augmente (tabl. 13). Nous pensons que les résultats que nous obtenons sur les lactations adultes de brebis, sont liés à certaines particularités de l'élevage ovin dans la zone de Roquefort, qui n'ont pas, ou moins joué chez les bovins : il s'agit des pratiques d'élevage que nous avons décrites et aussi de l'importance des différences de production entre niveaux pour les troupeaux ovins (différence de 60 p. 100 entre niveaux extrêmes par rapport à 30 p. 100 chez les bovins, tabl. 13).

d) *Comparaison entre méthode des couples mère-fille et méthode des demi-sœurs paternelles.*

Production laitière totale. — Les héritabilités calculées à partir de la corrélation entre demi-sœurs sont moins élevées (en général de moitié). Sans oublier que ces estimées sont ici peu précises, en raison du petit nombre de béliers utilisés par troupeau et par campagne, on peut rappeler qu'une telle divergence a été remarquée sur des productions de vaches laitières (VAN VLECK et BRADFORD, 1964) et au moins pour les deux premières lactations (VAN VLECK et BRADFORD, 1966). Il paraît peu probable dans notre cas qu'une sélection efficace des béliers sur ascendance ait réduit à ce point leur variabilité génétique, car les premiers index de production laitière, qui permettent cette sélection, n'ont été calculés qu'en 1966. De plus, la parenté entre béliers n'est probablement pas assez élevée pour expliquer ce résultat. D'autre part, la valeur de l'héritabilité obtenue par la méthode des couples mère-fille n'est très probablement pas surestimée, car avec les effectifs

TABLEAU 13

Variations d'hérabilité avec le niveau pour la production laitière
ou la production de matière grasse chez les bovins laitiers

Auteur	Méthode (1)	Niveaux (ordre croissant)							D (2)	D % (2)	Matériel animal	effectif
		1	2	3	4	5	6	7				
JOHANSSON (1953)	2 b	0,32	0,39						> 21 kg MG (troupeau)	> 18 (troupeau)	<i>Pie-Rouge Suédoise</i> (1 ^{re} lactation)	412
KORKMAN (1953)	2 b	0,50	0,37	0,30					41 kg MG (troupeau)	40 (troupeau)	<i>Pie-Rouge Suédoise</i>	618 couples
MASON et ROBERTSON (1956)	4 t	0,05	0,12	0,22					944 kg lait (troupeau)	24 (troupeau)	<i>Rouge Danoise</i> (1 ^{re} lactation)	13 000
GRAVERT (1958)	4 t 2 b	0,21 0,13	0,24 0,21	0,19 0,30					77 kg MG (filles)	46	<i>Pie-Noire Allemande</i> (1 ^{re} lactation)	3 042 couples
POLY et VISSAC (1959)	4 t 2 b	0,14 0,10	0,24 0,24	0,41 0,46	0,09 0,28	0,10			> 2 500 kg (troupeau)	> 46 (troupeau)	<i>Normandes</i> (1 ^{re} lactation) Lactations corrigées pour l'âge	822 571 couples
ROBERTSON et O'CONNOR (1960)	4 t	0,31	0,37	0,31					1 470 kg lait	38	<i>Pie-Noire Anglaise</i> (1 ^{re} lactation)	2 974
		0,54	0,40	0,36					1 115 kg lait	34	<i>Ayrshire</i> (Angleterre)	18 193
		0,75	0,53	0,60					965 kg lait	28	<i>Ayrshire</i> (Écosse) (1 ^{re} lactation)	22 522

MITCHELL et CORLEY (1961)	2 b	0,19	0,24	0,20						> 1 071 kg lait (troupeau)	> 19 (troupeau)	Holstein U.S.A. (lactations corrigées pour l'âge)	11 370 couples
JE LEGATES (1962)	2 b	0,36	0,14	0,23	0,18	0,23				44 kg MG (mères)	25	Guernsey U.S.A.	1 825 couples
		0,05	0,22	0,23	0,30	0,16				45 kg MG (mères)	23	Holstein	5 458 couples
		0,14	0,21	0,25	0,26	0,45				118 kg MG (mères)	60	Jersey	3 465 couples
VAN VLECK (1963)	4 t	0,19	0,25	0,28	0,28	0,28				> 908 kg lait (troupeau)	> 17 (troupeau)	Holstein U.S.A. (1 ^e lactation)	45 876
VAN VLECK et BRADFORD (1964)	4 t	0,17	0,25	0,30	0,42	0,42				1 675 kg lait (mères)	28	Holstein U.S.A. (1 ^e lactation)	2 568 couples
		0,53	0,47	0,38	0,48	0,48							
SYRSTAD (1966)	4 t	0,09	0,14	0,18						1 439 kg (troupeau)	30 (troupeau)	Pie-Rouge Norvégienne (3 ans)	12 935
GONUL, VOS, POLITEK (1966)	4 t	0,19	0,21	0,20						> 1 kg lait/jour (région)		Pie-Noire Hollandaise (1 ^e lactation)	12 959 couples
		0,69	0,65	0,80									
BURNSIDE et RENNIE (1968)	4 t	0,24	0,33	0,30	0,32	0,35	0,26	0,36	0,35	35,3	35	Holstein Canadienne (lactations corrigées pour l'âge)	40 374

(1) $\left\{ \begin{array}{l} b \\ t \end{array} \right.$ = régression fille/mère
 = variance père / variance totale
 (2) $\left\{ \begin{array}{l} D \\ D \% \end{array} \right.$ = différence entre niveaux extrêmes
 = différence relative.

importants impliqués par l'élevage ovin, il est pratiquement impossible de traiter les filles en fonction des performances des mères.

Production au contrôle maximum. — Les valeurs d'héritabilités obtenues à partir de la corrélation entre demi-sœurs sont élevées, particulièrement à l'âge de 1 an. A cet âge, en effet, les estimées de variance génétique obtenues par cette méthode ont été pratiquement doublées. On peut avoir des raisons de penser que cela correspond à une surestimation. En effet, MOCQUOT, FLAMANT et POUTOUS (1970) trouvent que les liaisons entre index des fils et index des ascendants (pères ou mères) sont bien plus faibles dans le cas de la production laitière maximale que dans celui de la production totale, alors qu'elles devraient être supérieures compte-tenu des héritabilités calculées par BOYAZOGLU, POLY et POUTOUS (1965) ou au moins du même ordre, si l'on se réfère à nos propres résultats.

On voit difficilement quels pourraient être les facteurs du milieu qui seraient confondus avec le facteur « bélier » pour expliquer de tels résultats. Le bélier père a peut-être une influence plus prépondérante au niveau de la production laitière maximum, par des effets indirects sur le format ou l'aptitude au passage de l'allaitement à la traite, facteurs qui ont plus d'importance en première lactation. En ce qui concerne le premier point, RONNINGEN (1966) trouve en effet sur des vaches laitières en première lactation, que la production maximum est plus liée que la production totale au format mesuré par le tour de poitrine, le pourcentage de variance ainsi expliqué se trouvant doublé. Une telle hypothèse serait certainement à vérifier sur les brebis *Lacaune* tout comme celle concernant l'aptitude à la traite.

2. — Les corrélations phénotypiques et génétiques

Les valeurs de coefficients de corrélation phénotypique entre productions laitières totale et maximale que nous obtenons, sont en accord avec celles fournies par BOYAZOGLU, POLY et POUTOUS (1965), sur des brebis *Lacaune* de la zone de Roquefort. Les différences significatives et faibles suivant l'âge et le niveau sont probablement des artéfacts liés à la méthode de calcul de la production totale. En effet on remarque que des coefficients élevés sont associés à une durée de lactation courte. D'une part, il est bien connu que les lactations de brebis de 1 an sont environ de 2 mois plus courtes que celles de brebis adultes; d'autre part, les lactations obtenues en niveau bas sont plus courtes car il existe une corrélation de 0,62 entre la production moyenne du troupeau et la durée moyenne de lactation (ROMER, FLAMANT, POUTOUS, 1969). Comme la production totale est évaluée arithmétiquement en fonction des différents contrôles, il est évident qu'un contrôle particulier, le contrôle maximum par exemple, a plus d'influence quand le nombre total de contrôles est plus faible, comme dans le cas d'une lactation plus courte.

Les valeurs de corrélations génétiques entre productions laitières totale et maximale sont en général inférieures à la valeur de 0,95 indiquée par BOYAZOGLU, POLY et POUTOUS (1965). Les valeurs élevées du niveau bas sont peut-être biaisées,

parce que le nombre total de contrôles dans la lactation est plus faible. Pour la même raison, les coefficients obtenus à 1 an sont peut-être surestimés. Cependant il semble peu probable qu'à cet âge, les problèmes d'adaptation à la traite qui s'y posent fréquemment, aient diminué la valeur de la corrélation génétique entre production maximum et production totale par rapport à l'âge adulte. C'est là un résultat un peu étonnant, peut-être aurait-on observé une différence entre brebis de 1 an et brebis adultes si l'on avait plutôt calculé la corrélation génétique entre le premier contrôle et la production totale, car souvent chez les brebis de 1 an, le contrôle maximum n'est pas le premier comme chez les brebis adultes en raison précisément des difficultés d'adaptation à la traite.

Il semblerait d'après les valeurs de corrélations génétiques « entre niveaux » pour un même caractère, qu'il n'y ait pas d'interaction génotype-niveau de production. Ce résultat doit être accueilli avec une certaine réserve. En effet, les mères et les filles impliquées dans les calculs, n'ont aucunement été choisies au hasard dans les niveaux dont elles proviennent. L'écart entre les moyennes des mères et des filles ne représente que 30 à 87 p. 100 de l'écart entre les moyennes des niveaux d'origine. Cela peut s'expliquer par le fait que ces brebis sont issues de troupeaux fluctuant de part et d'autre des limites des classes de troupeaux-années. Seuls des troupeaux utilisant l'insémination artificielle auraient pu apporter dans cette analyse des données utiles, les filles des béliers étant alors disséminées au hasard dans des troupeaux de niveaux différents.

3. — *Conséquences pour la sélection*

a) *Testage des béliers sur la descendance.*

Les résultats concernant l'âge de 1 an, âge auquel est réalisé la majorité des premières lactations, semblent indiquer qu'il n'y a pas lieu de concentrer les opérations de testage dans certains troupeaux, ou plus exactement d'exiger des effectifs de filles variables suivant le niveau de production des troupeaux où s'est effectuée la lutte.

Cependant on peut remarquer que les variances intratroupeau varient considérablement avec le niveau de production, pratiquement du simple au double. En situation de monte naturelle, la méthode actuelle d'indexation des béliers qui est une adaptation de la méthode de comparaison aux contemporaines de ROBERTSON (FLAMANT, POLY et POUTOUS, 1966) ne permet donc pas d'éliminer l'effet de ces différences sur les variances des index de production laitière. Cela correspond d'ailleurs à l'observation courante selon laquelle les index les plus élevés sont souvent obtenus dans des troupeaux à haut niveau. Dans cette situation de monte naturelle, les index les plus efficaces sont probablement ceux construits non à partir de déviations brutes mais de déviations réduites, comptées en unités d'écart-type pour la classe de troupeaux considérée. L'intérêt d'une telle modification diminuerait avec le développement de l'insémination artificielle.

Certaines constatations nous ont permis de confirmer les doutes de МОСҚОУТ,

FLAMANT et POUTOUS (1970), sur l'efficacité du choix des béliers d'après leur index de production au contrôle maximum, bien que ce caractère soit pratiquement aussi héritable que la production totale, mais l'explication de ce fait n'apparaît pas. Il serait sans doute plus prudent d'effectuer une sélection précoce des béliers d'après des lactations partielles de leurs filles : cette méthode étant nécessaire dans le cas d'un contrôle laitier alterné (FLAMANT et POUTOUS, 1970) le schéma de sélection et les programmes de calcul conserveraient leur unité.

b) *Le choix des béliers sur ascendance maternelle.*

Nos résultats concernant l'héritabilité suivant l'âge montrent qu'on aurait intérêt à choisir les « mères à béliers » sur toutes les lactations connues. Ils vont d'ailleurs dans le sens des travaux de MOCQUOT, FLAMANT et POUTOUS (1970) qui trouvent que l'index sur descendance d'un bélier est plus lié à la moyenne des 3 premières lactations de sa mère qu'à la première. En toute rigueur, et si nos résultats sont corrects, le choix des mères à béliers sur une ou plusieurs lactations devrait tenir compte des variations d'héritabilité avec l'âge et le niveau de production du troupeau.

En outre, il serait souhaitable de prendre en considération l'augmentation de la variance phénotypique avec le niveau du troupeau et d'exprimer les performances en écarts réduits. La pratique actuelle de la sélection pour les brebis laitières en première lactation correspond au moins en partie à ces besoins. En effet, on retient les mères à bélier non d'après un seuil d'élimination, qu'il soit établi sur performances brutes ou corrigées pour l'effet troupeau mais dans une certaine fraction des femelles classées par ordre de production. Toutefois cette fraction n'est pas rigoureusement constante suivant le niveau de production du troupeau.

V. — CONCLUSION

Les valeurs d'héritabilité de la production laitière totale et de la production au contrôle maximum que nous obtenons sur les brebis *Lacaune* semblent globalement d'une part ne pas varier de façon sensible avec l'âge, d'autre part décroître quand le niveau de production du troupeau s'améliore, deux tendances qui sont à l'opposé de celles trouvées généralement chez les bovins laitiers. Nous avons avancé quelques hypothèses pour expliquer ces résultats : elles font appel à certaines différences dans les méthodes d'élevage entre brebis et vaches laitières et à certains facteurs comme le taux d'utilisation de la machine à traire qui diffèrent suivant le niveau de production. Ces hypothèses permettraient également de mieux comprendre l'hétérogénéité de l'effet de l'âge suivant le niveau considéré (décroissance en niveau haut, croissance en niveau bas) ainsi que celle de l'effet du niveau suivant l'âge (aucun à 1 an, décroissance quand le niveau augmente pour l'âge de 4 ans). D'une façon générale, il nous semble que dans le cas de la zone de Roquefort, une théorie unique sur le milieu optimum de sélection, comme celle de HAMMOND ou celle de FALCONER a peu de chances d'être vérifiée dans toutes les situations.

Nous avons étudié l'interaction génotype-niveau de production et constaté son absence apparente. Cependant, en raison de la structure de l'échantillon, il n'est pas possible d'être affirmatif. Les résultats obtenus par de nombreux auteurs sur les bovins laitiers montrent que le classement des taureaux ne dépend pas du niveau de l'étable où se trouvent leurs filles, même en considérant les niveaux les plus éloignés. Par contre, des analyses récentes (MAO et BURNSIDE, 1969) semblent montrer que des différences entre élevages pour des techniques bien précises, telles le niveau de supplémentation en concentré pendant la période de pâturage, peuvent donner lieu à des interactions. *A priori*, on peut donc penser qu'on n'aurait pas trouvé d'interaction génotype-niveau de production dans la zone de Roquefort. Si l'on en avait trouvé, ce résultat aurait été intéressant car il aurait indiqué que l'effet de certaines techniques d'élevage interfère avec celui du niveau proprement dit. Le développement de l'insémination artificielle aura l'avantage de permettre des études concernant l'interaction génotype-technique d'élevage, comme le mode de traite (main ou machine), ce qui contribuera à éclaircir davantage (sur les plans théorique et pratique à la fois) les deux problèmes des variations d'héritabilité selon le milieu et des interactions génotype-milieu.

Reçu pour publication en mars 1971

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement M. BOYAZOGLU (Ambassade d'Afrique du Sud, Paris) et MM. VIS-SAC et POUTOUS (Station de Génétique quantitative et appliquée, 78-Jouy-en-Josas) qui ont bien voulu relire le texte et y apporter des suggestions.

SUMMARY

QUANTITATIVE ASPECTS OF EWE MILK PRODUCTION :

VIII. — VARIATION OF GENETIC PARAMETERS WITH THE AGE AND PRODUCTION LEVEL, OF THE FLOCK.

We have analyzed the effect of age and flock production level on the heritability of the milking performance of *Lacaune* ewes in the Roquefort region (PL = total milk production at milking; cMAX = production at maximum testing). Three ages were studied : 1 year, 3 years, and 4 years. Annual flock averages were divided into 3 classes determining production levels (Table 1). A total of 8 926 mother-daughter lactation couples were analyzed. Distribution by age-production level combination is shown in Table 3.

Heritability does not vary significantly with age :

	1 year	3 years	4 years
PL	0.31	0.29	0.29
cMAX	0.28	0.23	0.24

Heritability decrease as the level increases :

	Low level	Average	High
PL	0.41	0.22	0.30 (1)
cMAX	0.32	0.26	0.17

Analysis of the effect of age per level and of the effect of level per age class shows that there is considerable interaction between the two factors under consideration (Tables 7 and 8).

(1) Significant differences.

Over-all effects of age and level differ in particular from those which are usually found for milk cows. This difference may be explained by certain characteristics particular to Roquefort sheep farming, such as a long drying-off period (influence on the age effect), or the development of mechanical milking at a low level contrary to a high level (influence on level effect). Some of these particularities may also account for the effect of the age-level interaction on heritability value.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLAIRE Fr., GAUNT S. N., 1965. First lactation contemporary comparisons as indicators of environmental influence on daughter records used for sire evaluation. *J. Dairy Sci.*, **48**, 454-461.
- BARKER J. S. F., ROBERTSON A., 1966. Genetic and phenotypic parameters for the first three lactations in *friesian* cows. *Anim. Prod.*, **8**, 221-240.
- BOYAZOGLU J. G., POLY J., POUTOUS M., 1964. Aspects quantitatifs de la production laitière des brebis. II-Estimation des différences d'origines génétique et non génétique entre troupeaux. *Ann. Zootech.*, **13**, 289-297.
- BOYAZOGLU J. G., POLY J., POUTOUS M., 1965. Aspects quantitatifs de la production laitière des brebis. III- Coefficients d'héritabilité. *Ann. Zootech.*, **14**, 53-63.
- 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.
- BURDICK J. M., Mac GILLIARD I. D., 1963. Interactions between sires in artificial insemination and management of dairy herds. *J. Dairy Sci.*, **46**, 452-458.
- BURNSIDE E. B., RENNIE J. C., 1968. Sire evaluation and herd level of milk production. *Can. J. Anim. Sci.*, **48**, 97-102.
- BUTCHER D. F., FREEMAN A. E., 1968. Heritabilities and repeatabilities of milk and milk fat production by lactations. *J. Dairy Sci.*, **51**, 1387-1391.
- FAIRCHILD T. P., TYLER W. J., BARR G. R., CORLEY E. L., 1966. Estimating transmitting abilities of artificial insemination dairy sires. *J. Dairy Sci.*, **49**, 1416-1425.
- FALCONER D. S., 1952. The problems of environment and selection. *Amer. Nat.*, **86**, 293-298.
- FALCONER D. S., LATYSZEWSKI, 1952. The environment in relation to selection for size in mice. *J. Genet.*, **51**, 67-80.
- FALCONER D. S., 1960. Selection of mice for growth on high and low planes of nutrition. *Gen. Res.*, **1**, 91-113.
- FLAMANT J. C., POLY J., POUTOUS M., 1966. Calcul des index génotypiques des béliers utilisés dans la zone de Roquefort. Rep. 9th *Int. Congr. Anim. Prod.*, Edimburgh.
- GAUNT S. N., BARTLETT M. A. G., COMSTOCK W. L., 1964. Comparison of five methods of adjusting for environmental differences in evaluating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **47**, 1243-1248.
- GÓNÜLT, VOS M. P. M., POLITIEK R. D., 1966. Genetical and certain environmental influences on the milk yield and fat percentage of *friesian* cows in Friesland. *Neth. Milk. Dairy J.*, **20**, 272-282.
- GRAVERT M. O., 1958. Untersuchungen über die Heritabilität der Butterfettleistung. *Z. Tierz. Züchtbiol.*, **71**, 155.
- HAMMOND J., 1947. Animal breeding in relation to nutrition and environmental conditions. *Biol. Rev.*, **22**, 195-213.
- HARVILLE D. A., HENDERSON C. R., 1967. Estimates of variance components associated with the first lactation of New-York State Holsteins (Abstr.). *J. Dairy Sci.*, **50**, 985-986.
- HENDERSON C. R., CARTER H. W., 1957. Improvement of progeny tests by adjusting for herd, year, and season of freshening. *J. Dairy Sci.*, **42**, 638.
- HICKMAN C. G., HENDERSON C. R., 1955. Components of the relationship between level of production and rate of maturity in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **38**, 883-890.
- JOHANSSON, 1953. The manifestation and heritability of quantitative characters in dairy cattle under different environmental conditions. *Acta. Genet. Stat. Med.*, **4**, 221-231.
- JOHNSON I. A., CORLEY E. L., 1961. Heritability and repeatability of first, second, third and fourth records of varying duration in Brown Swiss cattle. *J. Dairy Sci.*, **44**, 535-541.
- KORKMAN N., 1953. Versuch einer vergleichender Nachkommenschaftsuntersuchung von Bullen die in Herden mit verschieden starker Fütterung wirken. *Z. Tierz. Zücht Biol.*, **61**, 375.
- LEGATES J. F., 1962. Heritability of fat yields in herds with different production levels. *J. Dairy Sci.*, **45**, 990-993.
- LEGATES J. E., VERLINDEN F. J., KENDRICK J. F., 1956. Sire by herd interaction in production traits in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **39**, 1055-1063.
- LUSH J. L., 1945. Animal breeding plans. Iowa State College Press, Ames.
- LYTTON V. H., LEGATES J. E., 1966. Sire by region interaction for production traits in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **49**, 874-878.
- Mac DANIEL B. T., CORLEY E. L., 1967. Relationships between sire evaluations at different herdmate levels. *J. Dairy Sci.*, **50**, 735-741.
- MAO J. L., BURNSIDE E. B., 1969. Sire by herd environment interaction for milk production. *J. Dairy Sci.*, **52**, 1055-1062.
- MASON J. L., ROBERTSON A., 1956. The progeny testing of dairy bulls at different levels of production. *J. Agric. Sci.*, **47**, 367-375.

- MITCHELL R. G., CORLEY E. L., TYLER W. J., 1961. Heritability, phenotypic and genetic correlations between type ratings and milk and fat production in Holstein Friesian cattle. *J. Dairy Sci.*, **44**, 1502-1510.
- 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.
- MOLINUEVO H. A. et LUSH, 1964. Reliability of first, second and third records for estimating the breeding value of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **47**, 890-893.
- POLY J., VISSAC B., 1959. Interprétation des résultats de contrôle laitier en vue du testage des taureaux d'insémination. *Bull. techn. Ing. serv. Agric.*, **145**, 841-862.
- REEVE E. C. R., 1955. The variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics*, **11**, 357.
- ROBERTSON A., O'CONNOR L. K., EDWARDS J., 1960. Progeny testing dairy bulls at different management levels. *Anim. Prod.*, **2**, 141-152.
- ROMER J., FLAMANT J. C., POUTOUS M., 1969. Aspects quantitatifs de la production laitière de brebis. VI- Estimation des effets troupeaux et années et des interactions troupeaux-années. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **1** 79-91.
- RONNINGEN K., 1967. Phenotypic and genetic parameters for characters related to milk production in cattle. *Acta Agric. Scand.*, **17**, 83-100.
- SYRSTAD O., 1966. Studies on dairy records. IV- Estimates of phenotypic and genetic parameters. *Acta Agric. Scand.*, **16**, 79-96.
- VAN VLECK L. D., 1963. Genotype and environment in sire evaluation. *J. Dairy Sci.*, **46**, 983-987.
- VAN VLECK L. D., BRADFORD G. F., 1964. Heritability of milk yield et different environmental levels. *Anim. Prod.*, **6**, 285-290.
- VAN VLECK L. D., BRADFORD G. F., 1966. Genetic and maternal influences on the first three lactations of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, **49**, 45-52.
-