PRODUCTION LAITIÈRE DES VACHES ALLAITANTES ET CROISSANCE DE LEURS VEAUX

I. — RACE *LIMOUSINE*

P. LE NEINDRE, M. PETIT, R. TOMASSONE * et C. ROUX *

avec la collaboration technique de S. BATIOT*, Y. CHATELAIN*

*Laboratoire de la Production de Viande,
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I. N. R. A.,
Theix, Saint Genès Champanelle, 63110 Beaumont*

** Laboratoire de Biométrie,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78350 Jouy en Josas*

RÉSUMÉ

L'étude porte sur 439 lactations, d'ordre 1 à 9, de vaches *Limousines* allaitantes. Les vêlages ont lieu toute l'année. D'avril à novembre, les veaux sont avec leurs mères au pâturage ; durant l'hiver, ils têtent deux fois par jour et reçoivent du foin et 0,8 à 1,8 kg d'aliment concentré après 3 mois.

La production laitière a été estimée chaque mois par pesées des veaux avant et après la tétée deux fois en 24 heures. Elle atteint 730, 1 288 et 1 470 kg respectivement en 90, 180 et 222 jours de lactation. Les veaux mâles pèsent 37,7 kg à la naissance et 204 kg à six mois, les veaux femelles 34,6 et 186 kg.

La production laitière et le gain de poids de 0 à 6 mois sont maximum de la quatrième à la septième lactation. Les vêlages de printemps sont favorables à une production laitière et à un gain de poids élevés. Les courbes de lactation sont très différentes selon la saison de vêlage. Quel que soit l'âge des veaux, leur croissance est maximum au pâturage. Le poids des veaux à la naissance a une influence modérée, mais significative, sur la production laitière et le gain de poids.

La croissance des veaux augmente significativement (et curvilinéairement) avec la production laitière, surtout dans le jeune âge. Cependant, la saison, le sexe et le poids à la naissance conservent une influence significative indépendante de la quantité de lait bue. L'estimation de la production laitière à partir du seul gain de poids reste donc difficile. En revanche, trois mesures par pesée avant et après la tétée, au second, quatrième et sixième mois de la lactation, permettent d'estimer correctement la production laitière moyenne.

INTRODUCTION

La production laitière des vaches allaitantes a fait l'objet d'un nombre croissant d'études au cours des quinze dernières années, avec les races anglo-saxonnes dans la majorité des cas. Son importance pour la croissance des veaux a été mise en évidence depuis longtemps (GIFFORD, 1953 ; DREWRY *et al.*, 1959 ; NEVILLE, 1962), et confirmée depuis par de nombreux auteurs.

Cependant, l'estimation de la production laitière des vaches allaitantes est délicate ; dans de nombreuses expériences, les effectifs observés sont faibles, et la fréquence des mesures au cours de la lactation, limitée et irrégulière. La méthode la plus simple consiste à peser les veaux avant et après la tétée ; pratiquée dans des conditions normalisées, elle donne une estimation suffisamment précise de la production laitière des mères (LE NEINDRE, 1973).

Ces difficultés expliquent que quelques auteurs seulement ont mesuré les variations de la production laitière des vaches allaitantes avec le stade de lactation (GIFFORD, 1949 ; MELTON *et al.*, 1967 ; GLEDDIE et BERG, 1968 ; WISTRAND et RIGGS, 1968 ; LAMOND *et al.*, 1969 ; TOTUSEK *et al.*, 1973), avec le numéro de lactation (DREWRY *et al.*, 1959 ; CRISTIAN *et al.*, 1965 ; MELTON *et al.*, 1967 ; GLEDDIE et BERG, 1968), ou l'époque de vêlage (RUTLEDGE *et al.*, 1971).

Dans la présente étude, grâce aux enregistrements effectués au Lycée Agricole des Vaseix (département de la Haute-Vienne), nous avons pu décrire la production laitière de vaches de race *Limousine*, jusqu'alors peu étudiée sauf par POUJARDIEU (1969). Le nombre important de lactations étudiées (439) nous a permis d'analyser de façon précise l'influence du stade de lactation, du numéro de lactation et de l'époque de vêlage simultanément sur la production laitière des mères et la croissance des veaux durant une période d'allaitement de 6 à 8 mois ; nous avons cherché à préciser les liaisons existant entre ces deux variables.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude porte sur 439 lactations d'ordre 1 à 9, et obtenues de 1960 à 1966, à partir de 145 vaches *Limousines* allaitant leurs veaux. Ces vaches appartiennent à 4 troupeaux d'effectifs différents et variables (tabl. 1). Pour les caractériser, nous ne disposons que de la pesée d'un certain nombre d'entre elles à la fin du mois de décembre de chaque année ; le poids moyen est de 586 kg ; il est minimum pour les vaches n'ayant vêlé qu'une fois (516 kg) et maximum pour celles ayant vêlé cinq fois (623 kg).

Mode de conduite

Dans ces troupeaux, les vêlages ont lieu toute l'année (fig. 1) et les veaux sont sevrés à l'âge de 6 à 8 mois quelle que soit l'époque de leur naissance. L'âge moyen au premier vêlage (connu pour 78 vaches) est de 956 jours. L'intervalle entre vêlages successifs est anormalement élevé (414 jours pour 325 intervalles) ; cela est en majeure partie lié au système d'utilisation des veaux qui sont vendus toute l'année à un âge de 13 à 14 mois (CARRÈRE et LIÉNARD, 1969) et appelés « veaux de Lyon ». Aucune sélection particulière n'a été appliquée lors du choix des taureaux utilisés (insémination artificielle ou monte naturelle), ni lors des décisions de réforme dont les causes principales sont l'infécondité, les accidents ou maladies et la vieillesse.

De la mi-novembre à la mi-avril, les animaux hivernent en stabulation entravée. Les vaches reçoivent du foin de qualité moyenne avec parfois un kg d'orge pour les meilleures laitières. Leurs veaux têtent deux fois par jour et disposent de bon foin ; au-delà de l'âge de 3 mois, ils reçoivent en plus un aliment concentré à base de céréales, en quantités croissantes (de 0,8 à 1,8 kg pour les mâles et de 0,8 à 1,4 kg pour les femelles).

TABLEAU I

Répartition des 439 lactations selon les années et les troupesaux

Troupesaux	Années						TOTAL
	1960	1961	1962	1963	1964	1965	
T ₁	30	32	31	46	16	15	194 (69)
T ₂	14	18	14	14	17	9	99 (30)
T ₃	11	16	14	17	13	10	92 (28)
T ₄	10	13	13	10	8	—	54 (18)
TOTAL	65	79	72	87	54	34	439 (145)

Nota : Entre parenthèses, figurent les nombres de vaches correspondant aux lactations contrôlées.

Durant le reste de l'année, vaches et veaux pâturent ensemble des prairies naturelles améliorées et ne reçoivent aucun aliment complémentaire.

FIG. 1. — Répartition des vêlages dans l'année

□ multipares ▨ primipares

Après le sevrage, les mâles sont engraisés jusqu'au poids d'environ 450 kg (production traditionnelle de « veaux de Lyon »). Les femelles sont destinées à la reproduction, toutes élevées sur l'exploitation, puis conservées ou vendues pleines.

FIG. 2. — Définition des saisons de vêlage à partir de l'analyse en composantes principales de l'ensemble des variables initiales

Nota : Les variables utilisées sont les productions laitières mensuelles L_i ($i = 1$ à 6), les gains de poids mensuels G_i ($i = 1$ à 6), et le poids des veaux à la naissance P_0 . Le premier axe est défini par $0,356 L_1 + 0,416 L_2 + 0,381 L_3 + 0,340 L_4 + 0,215 L_5 + 0,149 L_6 + 0,003 G_1 + 0,216 G_2 + 0,286 G_3 + 0,272 G_4 + 0,292 G_5 + 0,235 G_6 + 0,169 P_0$, et exprime 35,9 p. 100 de la variabilité totale ; il indique essentiellement le niveau de la production laitière jusqu'au quatrième mois. Le second axe est défini par $0,278 L_1 + 0,141 L_2 + 0,004 L_3 + 0,283 L_4 + 0,516 L_5 + 0,531 L_6 + 0,102 G_1 + 0,337 G_2 + 0,346 G_3 + 0,093 G_4 + 0,341 G_5 + 0,022 G_6 + 0,031 P_0$, et exprime 19,6 p. 100 de la variabilité totale ; il indique surtout le niveau de la production laitière à la fin de la lactation. Afin de faciliter la lecture des résultats, nous avons tracé deux figures : celle du haut indique dans le plan défini par les deux premiers axes la place des différentes époques de vêlage calculées de 10 j en 10 j (0 à 36) ; celle du bas indique, par rapport à ces mêmes axes, la place des numéros de lactation (N_i , $i = 1$ à 9), du sexe des veaux (♂ et ♀), des troupeaux (T_i , $i = 1$ à 4) et des années d'observation (A_i , $i = 0$ à 6).

Mesures

La production laitière est estimée régulièrement chaque mois ($30,5 \pm 3$ jours), la première mesure ayant lieu entre 15 et 55 jours ($31,7 \pm 9,7$) après le vêlage.

En hiver, les veaux sont pesés avant et après les deux tétées habituelles de la journée. Au pâturage, ils sont séparés de leurs mères le soir et pesés avant et après la tétée, le lendemain, matin et soir.

Dans notre analyse, nous avons utilisé les six premières mesures de production laitière effectuées sur la totalité des vaches ($L_i, i = 1 \text{ à } 6$), les poids ($P_i, i = 1 \text{ à } 6$) obtenus avant la tétée du matin, et le poids à la naissance P_0 ; la durée de lactation étudiée a été ainsi de 184,0 jours pour une durée réelle de 221 jours. Nous avons également calculé les gains de poids journaliers des veaux entre deux pesées consécutives ($G_i, i = 1 \text{ à } 6$), les productions laitières et les gains de poids jusqu'au 90^e jour (L_{0-90} ; G_{0-90}) et 180^e jour (L_{0-180} ; G_{0-180}) de lactation. Pour cela, on a supposé que la production laitière restait constante du vêlage à la première mesure, puisqu'elle variait linéairement entre deux mesures successives.

Méthodes d'analyse et de regroupement des données

Les données ont été analysées au Laboratoire de biométrie de l'I.N.R.A., d'abord avec des analyses multidimensionnelles (LEBART et FÉNELON, 1971; CAILLEZ *et al.*, 1971; TOMASSONE, 1974) puis avec des analyses de variance et de covariance (SEEBECK, 1973).

Nous avons tout d'abord effectué une analyse en composantes principales normées, à partir des variables L_i , G_i et P_0 calculées pour les différents niveaux des facteurs suivants : 7 années, 4 troupeaux, 9 numéros de lactation, sexe des veaux, enfin époques de vêlage de 10 jours en 10 jours. Dans le plan défini par les deux premiers axes indépendants ⁽¹⁾ (représentant 55,4 p. 100 de la variabilité totale), nous avons regroupé les époques de mises bas en quatre saisons homogènes pour l'ensemble des variables L_i , G_i et P_0 (fig. 2) : le début de l'hiver (saison 1, du jour 300 au jour 39 de l'année suivante), la fin de l'hiver (saison 2, jours 40 à 89), le printemps et la première moitié de l'été (saison 3, jours 90 à 199), enfin le reste de l'été et l'automne (saison 4, jours 200 à 299). En revanche, nous n'avons pas regroupé les troupeaux, les années ni les numéros de lactation.

Une première série d'analyses de variance non orthogonales, effectuées sur chacune des variables initiales L_i , P_0 et G_i et sur les productions laitières et gains de poids jusqu'à 3 ou 6 mois, a permis de tester les effets des facteurs année, troupeau, numéro de lactation, saison de vêlage et sexe des veaux (sans leurs interactions). Dans une seconde analyse de variance et covariance effectuée sur L_{0-180} et G_{0-180} nous avons conservé les facteurs saison de vêlage, numéro de lactation, sexe du Veau, et introduit la covariable poids à la naissance, et les interactions entre facteurs (SEEBECK, 1973). Le modèle d'analyse utilisé est de la forme :

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + \dots + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + \dots + D_1(X_{1ijk} - X_{1ijk}) + \dots + A_i D_1(X_{1ijk} - X_{1ijk}) + \dots + e_{ijkl}$$

où μ est la moyenne ajustée ;

$A_i, B_j, C_k, \dots$ représentent les effets principaux des différents facteurs ;

$AB_{ij}, AC_{ik}, BC_{jk}, \dots$ les interactions de premier ordre, entre ces facteurs ;

D_1 le coefficient de régression pour la covariable $X_1, \dots$,

AD_1 la différence de pente par rapport à la pente moyenne (D_1) et liée au facteur A, ...,

e_{ijkl} , le terme aléatoire correspondant à l'animal $ijkl$.

Afin d'étudier les relations existant entre les productions laitières et les gains de poids, nous avons calculé les corrélations simples et canoniques existant entre ces deux types de variables. Enfin, des régressions progressives nous ont permis de mesurer l'intérêt des différents contrôles laitiers ou des différents gains de poids des veaux pour l'estimation de la production laitière totale de leurs mères.

⁽¹⁾ Nous employons le mot « indépendant » dans son acception banale et courante. D'un point de vue strictement statistique, nous devrions employer le mot « non corrélé » dans la mesure où, n'ayant pas fait de test de normalité, nous ne pouvons pas affirmer que les deux mots sont équivalents.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Production laitière

Pour l'ensemble des 439 lactations, la production laitière atteint 1 470 kg pour la période d'allaitement jusqu'au dernier contrôle laitier (221,5 j en moyenne), et 1 288 kg en 180 jours. La moitié est produite au cours des 90 premiers jours (730 kg). Au cours de la lactation, la production journalière moyenne décroît de plus en plus rapidement et sa persistance d'un mois au suivant est en moyenne égale à 89,7 p. 100 (fig. 3). Des formes de courbes de lactation analogues, et comparables à celles de vaches traitées correctement nourries, ont déjà été décrites chez les vaches allaitantes de race anglo-saxonnes (GIFFORD, 1949 ; MELTON *et al.*, 1967 ; WISTRAND et RIGGS, 1968), avec parfois une production journalière maximum se situant au-delà du premier mois de lactation (LAMOND *et al.*, 1969). Elles dépendent fortement des variations du niveau alimentaire au cours de la lactation (FURR et NELSON, 1964 ; HARRIS *et al.*, 1965). L'évolution de la production laitière au cours des premiers mois varie en outre avec la capacité d'ingestion du Veau en regard du potentiel laitier de la mère (PLUM et HARRIS, 1971 ; PETIT, 1971 ; LE NEINDRE et PETIT, 1975). Il ne nous est pas possible de décrire la production laitière au tout début de la lactation, la première mesure étant intervenue en moyenne un peu plus de un mois après la mise bas.

FIG. 3. -- Évolution de la production laitière moyenne des vaches et du poids de leurs veaux

La production laitière totale et la production laitière journalière aux différents stades de la lactation varient significativement avec la saison de mise bas (tabl. 2). Pour la production laitière totale, les saisons de vêlage se classent dans l'ordre décroissant suivant : S_3 (début avril à mi-juillet), S_2 (début février à fin mars), S_1 (début novembre à début février), S_4 (de la mi-juillet à fin octobre). Les lactations suivant

TABLEAU 2

Variations de la production laitière des vaches et de la croissance de leurs veaux

Effets de l'année, du troupeau, de la saison de vêlage, du numéro de lactation, et du sexe des veaux

a) *Signification des effets des différents facteurs au cours de la lactation*

	Production laitière (kg)						Poids à la naissance (kg) et gain de poids (kg) des veaux									
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₀₋₁₈₀	P ₀	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆	G ₀₋₁₂₀	
Année	0	1	0	1	0	0	2	2	2	0	2	2	2	0	2	
Troupeau	2	0	0	1	2	2	2	2	0	2	0	0	1	0	2	
Saison de vêlage	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2	
N° de lactation	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	0	2	
Sexe veau	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	2	2	2	2	
Moyenne générale ...	8,42	7,99	7,26	6,53	5,74	4,88	1 288	36,24	0,93	0,90	0,84	0,86	0,88	0,90	159,3	
Écart-type total	2,14	2,14	2,06	2,10	2,08	2,07	275	4,73	0,32	0,41	0,19	0,20	0,24	0,25	23,9	
Écart-type résiduel ...	1,90	1,84	1,82	1,79	1,78	1,79	223	3,93	0,31	0,39	0,17	0,18	0,22	0,23	19,1	

0 : non significatif

1 : peu significatif (seuil 5 p. 100)

2 : significatif (seuil 1 p. 100)

P₀ — poids des veaux à la naissance.

L_i (i = 1 à 6) : mesures mensuelles de la production laitière des vaches.

G_i (i = 1 à 6) : gain de poids journalier des veaux entre chaque mesure.

L₀₋₁₈₀ et G₀₋₁₂₀ : production laitière totale et gain de poids total de 0 à 6 mois.

TABLEAU 2 (suite)

b) Estimées des effets des différents facteurs sur la production laitière des vaches et le poids des veaux à âges types									
Saison de vêlage :	Effectifs	L ₀₋₉₀ (kg)	L ₀₋₁₈₀ (kg)	L ₉₀₋₁₈₀ L ₀₋₉₀	P ₀ (kg)	P ₉₀ (kg)	P ₁₈₀ (kg)	G ₉₀₋₁₈₀ G ₀₋₉₀	
27-10/8-2	90	655	1 247	0,903	35,8	107,4	183,8	1,066	
9-2/30-3	65	711	1 336	0,878	35,9	112,4	194,1	1,068	
30-3/18-7	143	804	1 416	0,761	36,4	121,1	205,5	0,996	
19-7/26-10	144	714	1 182	0,654	36,6	119,5	194,2	0,900	
1	71	600	1 068	0,779	32,6	101,4	174,2	1,059	
2	67	668	1 186	0,775	35,6	113,2	189,5	0,983	
3	69	726	1 267	0,744	36,3	114,9	195,6	1,027	
4	64	769	1 365	0,775	37,4	118,8	199,9	0,995	
5	52	789	1 375	0,744	37,8	123,9	205,5	0,946	
6	41	824	1 439	0,746	37,0	122,6	205,0	0,963	
7	36	786	1 432	0,755	38,6	127,8	212,4	0,947	
8	23	786	1 394	0,775	37,4	117,6	198,3	1,006	
9	16	727	1 335	0,836	36,4	123,1	203,0	0,923	
Sexe									
du veau	Mâle	733	1 294	0,767	37,7	119,3	203,9	1,036	
	Femelle	727	1 280	0,761	34,6	112,9	185,8	0,932	
Moyenne générale		730	288	0,764	36,2	116,5	195,5	0,985	

L₀₋₉₀, L₉₀₋₁₈₀, L₀₋₁₈₀ : productions lactières respectivement, de 0 à 90 jours, de 90 à 180 et de 0 à 180 jours de lactation.P₀, P₉₀, P₁₈₀ : poids des veaux respectivement à la naissance, à 90 et à 180 jours.G₀₋₉₀, G₉₀₋₁₈₀ : gains de poids des veaux, respectivement de 0 à 90 jours et de 90 à 180 jours.

des vêlages en S_3 et S_4 ont une mauvaise persistance (fig. 4) et le rapport $\frac{I_{90-180}}{I_{0-90}}$ peut varier de façon importante selon la saison de mise bas (tabl. 2). Ces variations de production laitière semblent liées en grande partie à celles du niveau d'alimentation des vaches qui est médiocre en stabulation hivernale et satisfaisant au pâturage. Le pâturage de printemps permet aux vaches vêlant en hiver (S_1 et S_2) de maintenir ou d'accroître leur production, à celles qui vêlent au printemps (S_3) d'avoir la production laitière totale la plus importante. Les variations de production laitière lors de la mise au pâturage pourraient également résulter d'une augmentation du nombre de tétées journalières qui est passé de 2 (à l'étable) à 3, 4 ou 5 en liberté à l'herbe (LE NEINDRE, 1973). L'automne enfin apparaît défavorable, provoque une chute importante de la production des vaches vêlant au printemps, et n'assure à celles qui

FIG. 4. — Évolution de la production laitière des vaches et du gain de poids de leurs veaux selon la saison de vêlage

N.B. : S_1 : courbes correspondant à des vêlages compris entre le 27-10 et le 8-2 (en moyenne le 11-12)
 S_2 : entre le 9-2 et le 30-3 (en moyenne le 8-3)
 S_3 : entre le 31-3 et le 18-7 (en moyenne le 30-5)
 S_4 : entre le 19-7 et le 26-10 (en moyenne le 8-9)

vêlent en automne qu'une lactation médiocre, encore réduite lors de la rentrée à l'étable (fig. 4).

Le niveau de la production laitière varie significativement avec le numéro de vêlage pour l'ensemble et à tous les stades de la lactation (tabl. 2). La production laitière totale augmente de façon importante (+ 28 p. 100) de la première à la quatrième lactation, mais surtout entre la première et la seconde lactation (+ 11 p. 100) ; elle s'accroît encore, mais plus modérément, entre la 4^e et la 6^e lactation, puis diminue au-delà de la 7^e. Ces variations de production sont très comparables à celles observées chez les vaches laitières traites, mais sont d'amplitudes plus limitées. Des effets analogues du numéro de lactation ou de l'âge des vaches allaitantes ont été rapportés par DREWRY *et al.* (1959) ; CRISTIAN *et al.* (1965) ; MELTON *et al.* (1967) ; GLEDDIE et BERG (1968) ; NEVILLE *et al.* (1974) ; la production laitière serait maximum entre la 4^e et la 6^e lactation et diminuerait par la suite (GIFFORD, 1953 ; DAWSON *et al.*, 1960 ; RUTLEDGE *et al.*, 1971). Dans notre étude, la persistance de la production a légèrement

tendance à évoluer en sens inverse du niveau de la production mais le rapport $\frac{L_{90-180}}{L_{0-90}}$ varie relativement peu (tabl. 2) et les courbes de lactation tracées pour chaque numéro de lactation sont très semblables. CRISTIAN *et al.* (1965) indiquent une meilleure persistance en première qu'en seconde et troisième lactation chez des vaches allaitantes *Hereford*.

Nous avons retenu 20 vaches *Limousines* pour lesquelles nous disposons des 4 premières lactations. Les productions laitières correspondantes (non corrigées pour les autres facteurs de variation) sont de 1 070, 1 207, 1 290 et 1 332 kg au cours des 6 premiers mois d'allaitement. L'augmentation de la production de la première à la troisième lactation est donc similaire à celle observée pour l'échantillon global, mais plus faible de la troisième à la quatrième ; ceci pourrait indiquer que les décisions de réforme au sein des troupeaux tenaient compte du potentiel laitier des vaches.

L'année a peu ou pas d'influence sur chaque mesure L_i prise individuellement, mais seulement sur la production laitière totale L_{0-180} . Le niveau des productions laitières varie également avec les troupeaux, au tout début et surtout à la fin de la lactation ; pour les troupeaux T₁ et T₄ correspondant respectivement aux plus faibles et plus fortes productions laitières, la différence entre les estimées de ces productions est passée de 0,7 kg pour L_1 à 1,2 kg pour L_6 . Ces variations de production pourraient résulter à la fois de potentiels laitiers et de conditions alimentaires différents selon les troupeaux et les années (influence des conditions climatiques, notamment lors de la récolte des fourrages).

Finalement, le pourcentage total de variance expliquée reste faible (37,3 p. 100 pour L_{0-180}). Mais nous n'avons pas étudié les interactions entre les facteurs, en raison des effectifs parfois trop restreints (troupeau T₄ par exemple). Cependant, une part sans doute non négligeable de la variance résiduelle peut être attribuée aux variations intratroupeaux du potentiel génétique, du niveau d'alimentation des vaches, de l'état de leurs réserves corporelles lors de la mise bas (lié à l'intervalle entre vêlages). Enfin, la méthode et la fréquence des mesures, l'intervalle entre la mise bas et la première estimation contribuent à cette variabilité. Il est par ailleurs vraisemblable que les mesures effectuées au pâturage aient donné une valeur surestimée de la production laitière journalière à cette époque (LE NEINDRE, 1973).

Nous avons pu mettre en évidence une influence significative ($p < 0,01$) du

TABIEAU 3

*Effets de la saison de vêlage, du numéro de lactation, du sexe et poids à la naissance des vaches
sur la production laitière des vaches et le gain de poids des veaux de 0 à 6 mois*

		DL	Carrés moyens	Effets des différents facteurs et coefficients de régression (kg)
Gain de poids 0-180 (kg)	Numéro de lactation ⁽¹⁾	8	1 864,4 ($p < 0,0001$)	— 12,8 ; — 5,6 ; — 2,6 ; — 1,4 ; + 3,3 ; + 6,2 ; + 8,1 ; + 1,5 ; + 3,3
	Saison de naissance ⁽²⁾	3	7 175,4 ($p < 0,0001$)	— 10,2 ; + 0,6 ; + 12,1 ; — 2,6
	Sexe	1	6 089,9 ($p < 0,0001$)	Mâles : + 5,6 ; Femelles : — 5,6
	Sexe × poids naissance	1	1 100,4 NS ($p < 0,1$)	Mâles : — 0,38 ($P_{0i} - \bar{P}_0$) ; Femelles : + 0,38 ($P_{0i} - \bar{P}_0$)
	Poids naissance (kg)	1	3 377,8 ($p < 0,001$)	+ 0,92 ($P_{0i} - \bar{P}_0$)
Produc- tion laitière 0-180 (kg)	Tous facteurs étudiés	20	4 271,5	
	Résiduelle	418	390,4	
	Numéro de lactation ⁽¹⁾	8	5 051,4 ($p < 0,0001$)	— 20,4 ; — 9,9 ; — 6,7 ; + 3,6 ; + 5,1 ; + 1,7 ; + 8,5 ; + 7,3 ; + 9
	Saison de vêlage ⁽²⁾	3	12 101,4 ($p < 0,0001$)	— 66 ; + 43 ; + 113 ; — 89
	Sexe	1	259,8 NS	
	Poids naissance (kg)	1	3 600,0 ($p < 0,01$)	+ 10 ($P_{0i} - \bar{P}_0$)
	Tous facteurs étudiés	20	5 562,5	
	Résiduelle	418	526,4	

Nota : Le pourcentage de la variance totale expliquée est égal à 33,6 pour la production laitière et à 34,9 pour le gain de poids. La moyenne ajustée est égale à 1 309 kg pour la production laitière, et à 159,7 kg pour le gain de poids des veaux. Les interactions de premier ordre entre les facteurs, et les interactions entre ces facteurs et la covariable poids à la naissance n'ont pas d'effet significatif.

⁽¹⁾ 9 numéros de lactation.

⁽²⁾ 4 saisons de vêlage, du 27-10 au 8-2, du 9-2 au 30-3, du 31-3 au 18-7 et du 19-7 au 26-10.

poids des veaux à la naissance sur la production laitière de leurs mères, en l'introduisant comme covariable dans un modèle d'analyse ne conservant que certains facteurs (numéro de lactation, saison de vêlage, sexe des veaux et leurs interactions) (tabl. 3). Pour un même numéro de lactation et une même saison de vêlage, à une augmentation du poids à la naissance de 1 kg correspond une augmentation de la production laitière totale L_{0-180} de 10 kg. Cette influence est assez limitée, ce qui est normal chez les vaches *Limousines* dont la production laitière journalière, mesurée au-delà du premier mois de lactation, est inférieure à la capacité d'ingestion de leur veau. Enfin, à poids de naissance égal, le sexe des veaux n'a pas d'effet significatif. L'influence du seul sexe des veaux est d'ailleurs très controversée (GLEDDIE et BERG, 1968 ; MELTON *et al.*, 1967 ; RUTLEDGE *et al.*, 1971). En revanche, l'influence possible du poids à la naissance, suggérée par GIFFORD (1953) et DREWRY *et al.* (1959), a été observée par RUTLEDGE *et al.* (1971), quoique BRUMBY *et al.* (1963), FURR et NELSON (1964), CRISTIAN *et al.* (1965), MELTON *et al.* (1967) n'aient pu la mettre en évidence.

Croissance des veaux

Les veaux mâles pèsent 37,7 kg à la naissance, 119 kg à l'âge de 3 mois, 204 kg à 6 mois (moyennes ajustées pour les différents facteurs de variation) et 253 kg au sevrage. Les femelles ont un gain de poids constamment plus faible, et significativement ($P < 0,01$) sauf au cours du premier mois (tabl. 2) ; aux mêmes époques, elles pèsent respectivement 34,6 ; 113 ; 186 et 222 kg. Pour l'ensemble des veaux, la vitesse de croissance est maximum au début de la lactation, minimum au 3^e et 4^e mois, puis augmente de nouveau de 4 à 6 mois, spécialement chez les mâles. Les croissances moyennes sont sensiblement inférieures à celles enregistrées lors du contrôle de croissance dans les élevages limousins (BOUGLIER *et al.*, 1972) (— 9 p. 100 pour le poids à 6 mois) ou par POUJARDIEU (1969) sur des veaux de boucherie limousins.

Seule, la saison de vêlage n'a pas d'influence significative sur le poids des veaux à la naissance (tabl. 2). Jusqu'à 5 mois, les gains de poids mensuels varient significativement avec le numéro de lactation, et à partir de 1 mois avec la saison de naissance.

Le gain de poids total est maximum en 5^e, 6^e et 7^e lactations, puis diminue légèrement. Ce résultat est en accord avec ceux observés par de nombreux auteurs (parmi lesquels KOCH et CLARK, 1955 ; BROWN et FRANKS, 1964 ; FITZHUGH *et al.*, 1967 ; ...), pour qui le poids maximum au sevrage est atteint lorsque les vaches sont adultes (6 à 9 ans).

Comme la production laitière, le gain de poids de 0 à 6 mois est maximum pour des vêlages d'avril à juillet (S_3) ; mais il est minimum pour les vêlages de novembre à février (S_1) et non de juillet à novembre. Les variations de la croissance des veaux selon leur saison de naissance sont en effet légèrement différentes de celles de la production laitière. Ainsi, les veaux nés de juillet à novembre (S_4) ont de 0 à 3 mois une croissance supérieure à celle des veaux nés à la fin de l'hiver (S_2) bien qu'ils boivent la même quantité de lait ; de 3 à 6 mois, ils ont une croissance similaire à celle des veaux nés au début de l'hiver (S_1) alors qu'ils disposent de beaucoup de lait. Toutefois, le gain de poids vif des veaux âgés lors de la mise à l'herbe (nés en S_1) peut être perturbé, en particulier par des variations de contenu digestif (fig. 4). D'une façon générale cependant, les conditions de milieu jouent un rôle important, et pour des

veaux de même âge, les croissances observées à l'herbe sont généralement les plus élevées.

Le troupeau et surtout l'année ont une influence significative sur certains des gains de poids successifs des veaux (tabl. 2). Cela peut refléter en partie des différences de potentiel de croissance (liées à l'emploi de taureaux différents) ou de niveaux d'alimentation (production laitière des mères et qualité des fourrages disponibles) ; en particulier 1960 fut une année également favorable à la production laitière et à la croissance ; 1966, et à un moindre degré 1965, furent défavorables aux deux.

Au total, 20 taureaux au moins ont été utilisés de façon très inégale entre années et entre troupeaux. Nous ne connaissons malheureusement pas toujours la paternité des veaux. Cet effet est sans doute important puisque, pour 6 taureaux dont nous connaissons plus de 20 descendants, le poids moyen à la naissance de leurs veaux a varié suivant le taureau de 34,7 à 40,6 kg et le poids moyen à 6 mois de 180 à 212 kg.

Afin de tenir compte partiellement de la variabilité génétique de potentiel de croissance, nous avons testé l'influence possible du poids à la naissance par une analyse de variance-covariance où figurent les facteurs sexe, numéro de lactation et saison de vêlage, les interactions entre ces facteurs, la covariable poids à la naissance et les interactions entre les facteurs et la covariable (tabl. 4). Un kg de plus à la naissance augmente significativement le gain de poids G_{0-180} d'un kg mais pour un même poids à la naissance, le gain de poids des mâles reste significativement supérieur de 11 kg à celui des femelles. On note une certaine interaction ($P < 0,1$) sexe $\times$ poids à la naissance, semblant indiquer que la différence de gain de poids entre sexes est plus élevée pour les veaux légers à la naissance ; il est possible cependant qu'en vue de la production de veaux de Lyon, l'apport d'aliment complémentaire ait été plus important pour les petits veaux mâles.

TABLEAU 4

Relations entre le gain de poids des veaux et la production laitière de leurs mères

a) Corrélations simples de 0 à 3 mois et de 3 à 6 mois						
$x \backslash y$	G_{0-90}		G_{90-180}		G_{0-180}	
	r	b	r	b	r	b
L_{0-90}	+ 0,68	0,0565	+ 0,43	0,0405	+ 0,65	0,0970
L_{90-180}	—	—	+ 0,43	0,0433	+ 0,50	0,0793
L_{0-180}	—	—	—	—	+ 0,66	0,0572
$(p < 0,0001)$						

G_{0-90} , G_{90-180} , G_{0-180} : gain de poids en kg, respectivement de 0 à 90, 90 à 180 et 0 à 180 jours.
 L_{0-90} , L_{90-180} , L_{0-180} : production laitière en kg, pour les mêmes périodes.
 r : coefficient de corrélation ; b : coefficient de régression de y en fonction de x .

TABLEAU 4 (*suite*)

b) *Corrélations canoniques entre les différentes mesures du gain de poids et de la production laitière*
(premier couple d'axes,
combinaisons linéaires des variables normées réduites) $r = 0,73$

Axe des gains de poids		Axe des productions laitières (et poids à la naissance)	
G_1	$b = 0,598$	L_1	$b = 0,598$
G_2	0,612	L_2	0,609
G_3	0,431	L_3	0,248
G_4	0,217	L_4	0,286
G_5	0,184	L_5	0,060
G_6	0,042	L_6	0,049
		P_0	0,350

$L_i (i = 1 \text{ à } 6)$: productions laitières journalières des vaches du premier au sixième mois.

$G_i (i = 1 \text{ à } 6)$: gains de poids journalier des veaux du premier au sixième mois.

P_0 : poids des veaux à la naissance.

c) *Variations du gain de poids de 0 à 6 mois avec la production laitière, la saison de naissance, le sexe et le poids à la naissance*

	Df.	Carrés moyens	Effets des facteurs et coefficients de régression (kg)
Sexe	1	9 891,2 ($p < 0,0001$)	Mâles : + 6,9 ; Femelles : - 6,9
N° de lactation (1)	8	208,7 NS	
Saison de naissance (2)	3	1 395,9 ($p < 0,001$)	- 3,3 ; - 2,3 ; + 5,8 ; + 1,7
Poids naissance (kg)	1	1 656,3 ($p = 0,01$)	+ 0,5 ($P_{0i} - \bar{P}_0$)
L_{0-180} (kg)	1	9 390,5 ($p < 0,0001$)	+ 0,121 ($L_i - \bar{L}_{0-180}$)
$(L_{0-180})^2$	1	3 322,8 ($p < 0,001$)	- $0,27 \times 10^{-4} (L_i^2 - \bar{L}^2)_{0-180}$
Tous facteurs étudiés	18	8 015,4	
Résiduelle	420	253,21	

Nota : Ces résultats sont à rapprocher de ceux du tableau 3. En tenant compte de la production laitière en plus des autres facteurs, le pourcentage de variance expliquée est passé de 34,9 à 57,6 p. 100. La moyenne ajustée des gains de poids de 0 à 6 mois est égale à 158,1 kg. L_{0-180} est la production laitière de 0 à 180 jours de lactation, en moyenne égale à 1 288 kg. Les interactions de premier ordre entre les facteurs, ou les interactions entre facteurs et covariables n'ont pas d'effets significatifs.

(1) 9 numéros de lactation.

(2) 4 saisons de naissance : du 27-10 au 8-2, du 9-2 au 30-3, du 31-3 au 18-7 et du 19-7 au 26-10.

La part de la variance expliquée par les différents facteurs étudiés reste faible (39,4 p. 100 pour G_{0-180}). Les gains de poids les plus élevés, au cours des deux premiers et du sixième mois, sont les plus indépendant de ces facteurs (tabl. 2). A ces

mêmes âges, les différences de potentiels de croissance s'expriment sans doute mieux (quantité de lait suffisante au tout début de la lactation, alimentation complémentaire des veaux peu avant le sevrage). Une part importante de la variance résiduelle peut vraisemblablement être attribuée à ces variations du potentiel de croissance et à celle du niveau d'alimentation (variations individuelles de la quantité de lait bu en particulier).

Influence de la production laitière sur la croissance des veaux

Jusqu'à l'âge de 5 mois, les gains de poids des veaux augmentent significativement avec la production laitière de leurs mères aux mêmes époques. La corrélation simple obtenue sur l'ensemble de la population varie selon l'âge des veaux entre 0,26 et 0,47, et est maximum au cours du 3^e mois (G_3 avec L_3). Entre les productions laitières et les gains de poids calculés par périodes de 3 mois, la corrélation est plus élevée de 0 à 3 que de 3 à 6 mois, et le gain de poids total jusqu'à 6 mois est aussi bien lié à L_{0-30} qu'à L_{0-180} (tabl. 4 a). La pente de la droite de régression nous indique l'augmentation prévisible du gain de poids pouvant résulter de l'augmentation de la production laitière, soit 56 g de 0 à 3 mois et 43 g de 3 à 6 mois par kg de lait supplémentaire. A la moyenne de la population, le gain de poids par kg de lait est égal à 110 g de 0 à 3 mois et à 142 g de 3 à 6 mois.

L'analyse de corrélation canonique, effectuée sur les gains de poids G_i (1^{er} groupe), les productions laitières L_i et le poids à la naissance P_0 (second groupe) fait apparaître un premier couple d'axes très significativement corrélés (tabl. 4 b) ; cette corrélation maximum est obtenue essentiellement entre les trois premiers gains de poids et les deux premières mesures de productions laitières et à un moindre degré, le poids à la naissance.

Cependant, en tenant compte du numéro de lactation, de la saison de vêlage, du sexe et du poids à la naissance des veaux en plus de la production laitière, on améliore sensiblement la part expliquée de la variance du gain de poids G_{0-180} (57,6 au lieu de 43,6 p. 100) (tabl. 4 c). Le sexe du veau et la saison de naissance ont toujours une influence significative indépendante de celle de la quantité de lait bue (et du poids à la naissance), mais l'influence du numéro de lactation sur le gain de poids des veaux est uniquement due aux variations concomitantes de la production laitière (comparaison des tabl. 3 et 4 c). Il n'existe aucune interaction significative entre les facteurs principaux ni entre ces facteurs et la production laitière. Enfin, la liaison entre gain de poids et production laitière est curvilinéaire, l'efficacité d'un accroissement de la production laitière étant réduite pour les fortes productrices ; pour un supplément de 10 kg de lait ingéré, l'estimation du gain de poids des veaux s'accroît de 0,673 ou de 0,353 kg selon que la production laitière totale est inférieure ou supérieure de 300 kg à la moyenne.

Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par de nombreux auteurs, la production laitière des vaches permettant d'expliquer de 30 à 70 p. 100 de la variance du poids au sevrage ou du gain de poids jusqu'au sevrage des veaux qu'elles allaitent. La production laitière au début de la lactation a une importance primordiale et l'intensité de la liaison décline avec l'âge du veau (GIFFORD, 1949 ; BRUMBY *et al.*, 1963 ; MELTON *et al.*, 1967 ; GLEDDIE et BERG, 1968 ; POUJARDIEU, 1969 ; JEFFERY et BERG, 1971 ; RUTLEDGE *et al.*, 1971), sauf lorsque les conditions d'alimentation sont sévères

TABLEAU 5
Estimation de la production laitière totale au cours des six premiers mois à partir du gain de poids des veaux

Facteurs	DL	Carrés moyens	Effets des facteurs et coefficients de régression (kg)
Numéro de lactation ⁽¹⁾	8	1 983,5 ($p < 0,0001$)	— 119; — 66; — 38; + 43; + 27; + 67; + 27; + 78; — 21
Saison de vêlage ⁽²⁾	3	4 688,6 ($p < 0,0001$)	— 16; + 63; + 32; — 79
Sexe du veau	1	2 182,4 ($p < 0,025$)	Mâles : — 33; Femelles : + 33
Sexe $\times$ saison de vêlage ⁽³⁾	3	825,3 ($p = 0,06$)	Saison 1 (mâles : — 56; femelles : + 56) Saison 2 (mâles : + 55; femelles : — 55)
G_1 (kg/j)	1	22 025,9 ($p < 0,0001$)	+ 281,2 ($G_{11} - \overline{G_1}$)
G_2	1	6 782,7 ($p < 0,0001$)	+ 165,5 ($G_{21} - \overline{G_2}$)
G_3	1	11 404,2 ($p < 0,0001$)	+ 342,6 ($G_{31} - \overline{G_3}$)
G_4	1	5 134,7 ($p = 0,0001$)	+ 200,8 ($G_{41} - \overline{G_4}$)
G_5	1	5 287,7 ($p = 0,0001$)	+ 165,6 ($G_{51} - \overline{G_5}$)
Tous facteurs étudiés	20	9 400,8	
Résiduelle	418	342,7	

Nota : Le modèle permet d'expliquer 56,7 p. 100 de la variance totale de la production laitière de 0 à 6 mois. La moyenne ajustée de cette production est égale à 1 314 kg. Les covariables introduites G_1 à G_6 (gains de poids au cours du premier au sixième mois) et P_0 (poids à la naissance), pouvaient ne pas être pris en compte dans le modèle final d'analyse lorsque leurs effets n'étaient pas significatifs.

⁽¹⁾ 9 numéros de lactation.

⁽²⁾ 4 saisons de vêlage : du 27-10 au 8-2, du 9-2 au 30-3, du 31-3 au 18-7 et du 19-7 au 26-10.

⁽³⁾ Les estimées des interactions sont nulles pour les saisons de vêlage 3 et 4.

TABEAU 6

Estimation de la production laitière totale à partir des différentes mesures mensuelles

		Numéro des contrôles laitiers					
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
		(kg/j)					
Corrélation simple $r =$		0,75	0,78	0,76	0,76	0,65	0,59
		Équations de régression					
L ₀₋₁₈₀ (kg)	Nombre de mesures ⁽¹⁾	Coefficients de régression				Constantes	
							R
Régression progressive	1	—	100,6	—	—	—	476
	2	—	66,7	—	63,6	—	333
	3	48,1	42,3	—	56,4	—	169
	4	48,4	38,8	—	38,3	35,4	109
	5	44,5	31,2	30,7	27,1	32,6	69
	6	44,2	31,8	20,5	26,0	20,8	57
Corrélation simple $r =$		0,68	0,76	0,78	0,81	0,73	0,63
Somme des L _i (i = 1 à 6) (kg)	1	—	—	—	3,56	—	17,6
	2	—	1,96	—	2,48	—	9,0
	3	—	1,91	—	1,89	—	5,9
	4	1,10	1,35	—	1,74	—	1,48
	5	1,13	1,25	—	1,35	1,05	1,2

Nota: L_i(i = 1 à 6) : production laitière journalière du premier au sixième mois ; L₀₋₁₈₀ : production laitière totale durant les 6 premiers mois ; r : coefficient de corrélation simple ; R : coefficient de corrélation multiple. Toutes les mesures L_i introduites successivement améliorent significativement l'estimation des productions laitères totales.

⁽¹⁾ Si, par exemple, on choisit de faire 3 mesures pour estimer la production L₀₋₁₈₀, il convient de les effectuer au cours du premier (L₁), second (L₂), et quatrième (L₄) mois de la lactation ; L₀₋₁₈₀ (kg) est alors égale à 48,1 L₁ (kg) + 42,3 L₂ (kg) + 56,4 L₄ (kg) + 169 et le coefficient de corrélation multiple correspondant (R) est de 0,927.

peu avant le sevrage (HOLMES *et al.*, 1968). Cela ne signifie pas que le lait soit mal utilisé par les veaux âgés, mais simplement que la variabilité de croissance résultant des autres facteurs est plus importante que dans le jeune âge. Par ailleurs, la diminution de l'efficacité d'un accroissement de la production laitière avec le niveau de production est très controversée et seuls JEFFERY et BERG (1971) ont réussi à la mettre en évidence.

Finalement, la liaison entre la production laitière et le gain de poids des veaux est d'autant plus étroite que la quantité de lait disponible est le facteur limitant la croissance. C'est en particulier le cas lorsque les veaux sont jeunes, que les conditions sanitaires sont satisfaisantes et que la quantité de lait produite est modérée. Pour des veaux plus âgés, la part du lait dans l'alimentation du Veau est réduite et les variations du gain de poids sont plus indépendantes de la quantité de lait bu.

Estimation de la production laitière

Même au cours des trois premiers mois, le seul gain de poids des veaux ne peut donner qu'une estimation assez imprécise du niveau de production laitière de leurs mères. Celle-ci dépend en effet d'un certain nombre de facteurs fixes, dont le plus important est, dans notre étude, l'époque de mise bas (tabl. 5) ; tenant compte à la fois de ces facteurs et des différents gains de poids mensuels des veaux, on peut expliquer 56,7 p. 100 de la variance totale de la production L_{0-180} .

Pour estimer correctement la production laitière, il faut donc avoir recours à des pesées avant et après la tétée ; on peut alors chercher à réduire le nombre de mesures au cours de la lactation. La production laitière totale durant les 6 premiers mois de la lactation est très liée à chacune des mesures mensuelles, particulièrement de L_1 à L_6 . L'analyse en régression progressive indique les combinaisons de mesures mensuelles, en nombre croissant, permettant d'estimer le mieux possible la production laitière totale L_{0-180} (tabl. 6).

Cependant, le calcul de L_{0-180} suppose que la production laitière est constante de la mise bas à la première mesure, effectuée un mois après le vêlage ; il donne une trop grande importance à cette première mesure L_1 . Aussi, peut-on préférer estimer la somme des 6 contrôles laitiers. Les mesures du milieu de la lactation sont les meilleurs estimateurs de la somme des 6 contrôles. En limitant le nombre de mesures à trois, L_2 , L_4 et L_6 sont essentielles.

Comme l'ont souligné RUTLEDGE *et al.* (1972) et TOTUSEK *et al.* (1973), il semble que la meilleure estimation de la production laitière totale soit obtenue en espaçant régulièrement les mesures au cours de la lactation ; trois mesures paraissent suffisantes.

CONCLUSION

La Vache *Limousine* a la réputation d'être la moins bonne laitière des vaches de race à viande française. Avec en moyenne un peu plus de 7 kg de lait par jour durant les 6 premiers mois de la lactation, elle a cependant, dans les conditions de nos observations, une production laitière voisine ou supérieure à celle obtenue par la plupart des auteurs sur les races à viande anglo-saxonnes.

Une part importante de la variation du gain de poids des veaux *Limousins* peut être attribuée à celle de la production laitière de leurs mères, surtout jusqu'à l'âge de 3 mois. Un accroissement du potentiel laitier de leurs mères est donc souhaitable, bien que son efficacité diminue avec le niveau de production laitière.

Les variations de gain de poids des veaux selon le numéro de lactation de leur mère peuvent être attribuées uniquement aux variations concomitantes de la production laitière, qui sont analogues à celles observées chez les vaches laitières traites, mais de plus faible amplitude. Mais les variations de croissance indépendantes de la production laitière et liées au sexe et à la saison de naissance sont importantes ; ainsi la distribution aux veaux de plus de 3 mois d'une quantité limitée d'aliment concentré en hiver ne leur permet pas d'atteindre une croissance analogue à celle de veaux de même âge et disposant d'herbe. Enfin, la mesure de la production laitière par pesées des veaux avant et après la tétée reste préférable à l'estimation de cette production laitière par le seul gain de poids des veaux.

Reçu pour publication en décembre 1975.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier particulièrement :

— M. COMBE, Inspecteur Pédagogique National de l'Enseignement Agricole, à l'instigation de qui ont été effectuées les mesures sur le troupeau de race *Limousine* du Lycée Agricole des Vaseix (Haute-Vienne) ;

— M. le Directeur du Lycée Agricole qui nous a permis d'utiliser les données ; ainsi que toutes les personnes qui ont participé à la collecte des données ayant servi dans cette étude.

SUMMARY

MILK PRODUCTION OF SUCKLING COWS AND GROWTH OF THEIR CALVES.

I. — LIMOUSIN BREED

Milk production of 145 suckling cows belonging to 4 herds was measured on the basis of 439 lactations (1st-9th) over a period of six years (table 1). Calvings took place all over the year and the first one occurred at a mean age of 31 months and a half. During winter the cows received hay inside. Their calves suckled twice a day and received hay and 0.8 to 1.8 kg concentrate feed beyond the age of 3 months. Cows and calves were grazing together from mid-April to mid-November and did not receive any supplementary feed.

Milk production was estimated every month, from about day 32 to day 222 of lactation, by weighing the calves before and after the two sucklings per 24 h. Periods of calving were grouped in 4 homogeneous seasons : S₁ (27/10-8/2), S₂ (9/2-30/3), S₃ (31/3-18/7) et S₄ (19/7-26/10) (fig. 2).

Total milk yield reached 730, 1 288 and 1 470 kg respectively within 90, 180 and 222 days. Daily milk yield decreased rather regularly with the stage of lactation (fig. 3). The level and persistence of milk production varied with lactation order, calving season, year and herd (table 2). Lactation curves were very different according to calving season, and seemed to reflect the various feeding levels of the cows (fig. 4). The 180 days milk production increased from lactation 1 to 4 and then decreased from lactation 7 (table 2). The birth weight of the calves had a slight but significant effect on the milk production of the dams (table 3).

In this study, the *Limousin* male calves weighed on an average 37.7 kg at birth and 204 kg at six months, the female calves 34.6 and 186 kg, respectively. Weight gains were minimum

during the 3rd and 4th month when the milk intake decreased and the appetite for other feeds was still insufficient. Total weight gain and growth rate varied mainly with the sex of the calves, lactation order and calving season of the dams. Maximum weights at birth, at 3 and 6 months were recorded for cows in 5th, 6th and 7th lactation (table 2). Whatever the age of the calves, they exhibited maximum growth on pasture (fig. 4).

The weight gain of the calves significantly increased with the milk production level of their dams, mainly during early lactation (tables 4 *a* and 4 *b*). However the influence of season, sex and birth weight of the calves remained significant whatever the milk intake level (table 4 *c*). In particular, the high weight gains obtained on pasture resulted not only from the high milk production of the grazing cows, but also from the other environmental conditions (grazing of the calves). Conversely, weight gain variations with lactation order could only be explained by variations in the amount of milk consumed. When all parameters except birth weight were the same, 1 kg more at birth led to a supplementary weight gain of 0.5 kg between 0 and 6 months (1 kg if the model of analysis does not take into account the amount of milk consumed). Furthermore, the weight gain of the calves varied in a curvilinear way with the milk yield of the cows (table 4 *c*).

Estimation of total milk production only on the basis of weight gain is difficult because of the corrections to be made for lactation order, birth season and sex of the calves (table 5). On the other hand, the average monthly production from 0 to 6 months can be accurately estimated by weighing the calves before and after suckling three times during the course of lactation (2nd-4th-6th month) (table 6).

The results are compared with those obtained by other authors on *Anglo-Saxon* breeds. The close relationship observed between weight gain and milk production leads to the assumption that the latter is often a growth restricting factor in the *Limousin* breeds.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUGLER J., FERRAND C., FREBLING J., GAILLARD J., HENNEQUIN M., LELIBOUX P., MALTERRE C., MENISSIER F., RÉGIS R., VISSAC B., 1972. Description et potentialités des races bovines françaises pour la production de viande. *Document I.N.R.A.-C.N.R.Z.*, Jouy en Josas, mars 1972.
- BROWN C. J., FRANKS L., 1964. Influence of year, season of birth, sex, sire and age of dam on weight of beef calves. *J. Anim. Sci.*, **23**, 665.
- BRUMBY F. J., WALKER D. K., GALLAGHER R. M., 1963. Factors associated with growth in beef cattle. *N.Z.J., Agric. Res.*, **6**, 526-537.
- CAILLET F., MAILLES J. P., NAKACHE J. P., PAGES J. P., 1971. *Analyse des données multidimensionnelles*. C3 E. Paris, 3 tomes.
- CARRÈRE G., LIÉNARD G., 1969. Quelques aspects de l'économie de la production bovine *Limousine* dans le département de la Corrèze. Document ronéoté, Laboratoire d'Économie de l'Élevage de l'I.N.R.A., août 1969.
- CHRISTIAN L. L., HAUSER E. R., CHAPMAN A. B., 1965. Association of preweaning and postweaning traits with weaning weight in cattle. *J. Anim. Sci.*, **24**, 652-659.
- DAWSON W. M., COOK A. C., KNAPP B. Jr, 1960. Milk production of beef Shorthorn cows. *J. Anim. Sci.*, **19**, 502-508.
- DREWRY K. J., BROWN C. J., HOWE R. S., 1959. Relationships among factors associated with mothering ability in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, **18**, 938-946.
- FITZHUUGH H. A. Jr, CARTWRIGHT T. C., TEMPLE R. S., 1967. Preweaning gains of beef calves with special reference to the effect of weight of dam. *Beef cattle research in Texas*, Consolidated Progress Report 2483-2500.
- FURR R. D., NELSON A. B., 1964. Effect of level of supplemental winter feed on calf weight and on milk production of fall-calving range beef cows. *J. Anim. Sci.*, **23**, 775-781.
- GIFFORD W., 1949. Importance of high milk production in beef cows overestimated. *J. Anim. Sci.*, **8**, 605 (Abstr.).
- GIFFORD W., 1953. Records and performance tests for beef cattle in breeding herd. Milk production of dams and growth of calves. *Bull. Ark Agric. Exp. Sta.* (531), 34.
- GLEDDIE V. M., BERG R. T., 1968. Milk production in range beef cows and its relationship to calf gains. *Can. J. Anim. Sci.*, **48**, 323-333.
- HARRIS R. R., BROWN V. L., ANTHONY W. B., 1965. Effect of winter nutrition upon performance of beef cows and their calves. *J. Anim. Sci.*, **24**, 280 (Abst.).
- HOLMES J. H. G., TAKKEN A., SEIFERT G. W., 1968. Milk production and calf growth rate in Hereford, Africander-Shorthorn and Brahman-Shorthorn cattle in Queensland. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, **7**, 163-171.

- JEFFERY H. B., BERG R. T., 1971. Evaluation of milk variables as measures of milk effect on pre-weaning performance of beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, **51**, 21-30.
- KOCH R. M., CLARK R. T., 1955. Influence of sex, season of birth, and age of dam on economic traits in range beef cattle. *J. Anim. Sci.*, **14**, 386.
- LAMOND D. R., HOLMES J. H. G., HAYDOCK K. P., 1969. Estimation of yield and composition of milk produced by grazing beef cows. *J. Anim. Sci.*, **29**, 606-611.
- LEBART L., FÉNELON J. P., 1971. *Statistique et informatique appliquées*. Dunod, Paris 432 p.
- LE NEINDRE P., 1973. Observations sur l'estimation de la production laitière des vaches allaitantes par la pesée du veau avant et après la tétée. *Ann. Zootech.*, **22**, 413-422.
- LE NEINDRE P., PETIT M., 1975. Note sur l'estimation de la production laitière des vaches allaitantes au début de la lactation. *Ann. Zootech.*, **24**, 559-563.
- MELTON A. A., RIGGS J. K., NELSON L. A., CARTWRIGHT T. C., 1967. Milk production, composition and calf gains of Angus, Charolais and Hereford cows. *J. Anim. Sci.*, **26**, 804-809.
- NEVILLE W. E. Jr, 1962. Influence of dam's milk production and other factors on 120 and 240 day weight of Hereford calves. *J. Anim. Sci.*, **21**, 315-320.
- NEVILLE W. E. Jr, WARREN E. P., GRIFFEY W. A., 1974. Estimates of age effects on milk production in Hereford cows. *J. Anim. Sci.*, **38**, 1-5.
- PETIT M., 1971. Variations de la production laitière de vaches *Salers* et *Limousines* allaitant leurs veaux. *X^e Congrès intern. de Zootechnie* (Versailles), Thème VII.
- PLUM M., HARRIS L., 1971. Holstein cows and calves under beef management. *J. Dairy Sci.*, **54**, 1086-1089.
- POUJARDIEU B., 1969. Recherche d'une méthode d'estimation de la production laitière des femelles ovines et bovines pendant la phase d'allaitement. *Ann. Zootech.*, **18**, 299-315.
- RUTLEDGE J. J., ROBISON O. W., AHLSCHEDE W. T., LEGATES J. E., 1971. Milk yield and its influence on 205 day weight of beef calves. *J. Anim. Sci.*, **33**, 563-567.
- RUTLEDGE J. J., ROBISON O. W., AHLSCHEDE W. T., LEGATES J. E., 1972. Estimating milk yield of beef cows. *J. Anim. Sci.*, **34**, 9-13.
- SEEBECK R. M., 1973. The effect of body weight loss on the composition of Brahman cross and Africander cross steers. I. Empty body weight dressed carcass weight and offal components. *J. Agric. Sci.*, **80**, 201-210.
- TOMASSONE R., 1974. Présentation générale des méthodes d'analyse multidimensionnelle (Aspects pragmatique et heuristique). Note 74/11 du Laboratoire de Biométrie C.N.R.Z. 78350 Jouy en Josas.
- TOTUSEK R., ARNETT D. W., HOLLAND G. L., WAITEMAN J. V., 1973. Relation of estimation method sampling interval and milk composition to milk yield of beef cows and calf gain. *J. Anim. Sci.*, **37**, 153-158.
- WISTRAND G. L., RIGGS J. K., 1968. Milk production of Santa Gertrudis cows as measured by calf nursing and machine milking methods. *Beef cattle research in Texas*, consolidated Progress Report 2557-2567.