

Article original

Prévision de l'énergie du lait de brebis à partir de différents résultats d'analyses : proposition de lait standard pour les brebis laitières

F Bocquier ¹, F Barillet ², P Guillouet ², M Jacquin ²

¹ INRA, laboratoire sous-nutrition des ruminants, 63122 Saint-Genès-Champagnelle;

² INRA Saga, BP 27, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

(Reçu le 6 janvier 1992; accepté le 5 juin 1992)

Résumé — L'objectif de ce travail était de fournir des équations de prévision de l'énergie du lait de brebis à partir des résultats d'analyses et de proposer également une procédure de standardisation du lait de brebis. Des échantillons (365) de lait de brebis Lacaune ont été prélevés à plusieurs stades de lactation : 276 provenaient de brebis adultes à 6 stades différents entre 41 et 118 j après la mise bas, et 89 échantillons provenaient de brebis primipares, à 79 et 99 j après la mise bas. Ces échantillons ont été analysés par des méthodes classiques (taux butyreux : Gerber, taux protéique : noir-amido, énergie : calorimétrie) et par spectrophotométrie infrarouge, adaptées au lait de brebis. Les résultats obtenus par infrarouge pour les taux butyreux et protéique ont été comparés à ceux obtenus par les méthodes de référence. Les méthodes infrarouge se sont avérées fiables pour déterminer la composition chimique du lait de brebis. Plusieurs équations de prédiction de la valeur énergétique du lait de brebis sont présentées, selon les résultats analytiques disponibles, ou selon les méthodes utilisées. Les équations disponibles dans la bibliographie pour différentes espèces de ruminants laitiers (brebis et vache) ont été testées avec nos résultats analytiques. En terme de précision, ces équations sont souvent proches des nôtres (1,8 à 3,0%). Cependant, des biais importants (max: 19%) sont observés avec certaines équations établies pour le lait de vache. Avec les équations de prédiction de l'énergie du lait présentées dans cet article, nous proposons une démarche pour calculer la production laitière standard des brebis en utilisant une valeur énergétique standard de 5,0 MJ/l.

énergie du lait / composition du lait / brebis laitières

Summary — **Prediction of energetic content of ewe's milk from different chemical analyses: proposal for a standard milk for dairy ewes.** *The aims of this study were: 1) to establish equations of prediction for ewe's milk energy from chemical analyses; and 2) to propose a procedure for standardization of milk for dairy ewes. Ewe's milk samples (365) were taken at different stages of lactation from Lacaune dairy ewes (276 from adult ewes at 6 stages of lactation, ie from 41 to 118 d post-lambing and 89 from primiparous ewes at 79 and 99 d). They were analysed by classical (fat: Gerber; protein: amido-black; energy: calorimetry) and infrared methods (Pro-milk or Multispec)*

adapted to ewe milk. For fat and protein, IR methods were reliable when compared to classical methods; and can be used to measure milk composition for routine determination as well as for research purposes. The prediction of milk gross energy has been made using different equations according to available results (fat, protein, lactose) and to the analytical method (classical or IR). Previously published equations for different species (ewe, cow and multi-species) were tested with our data. The range of precision was often close to ours (1.8–3.0%), but there were important biases with some cow's milk equations (max = 19%). Based on these equations (table III) of prediction of milk energy content, we propose a procedure for the calculation of a standard milk for dairy-ewes (eSM), on the basis of a standard caloric value of 5.0 MJ/l.

milk gross energy / milk composition / dairy ewe

INTRODUCTION

La composition chimique du lait de brebis est soumise à de nombreux facteurs de variations liés à l'animal (race, stade et rang de lactation) mais également au milieu (alimentation, conduite d'élevage, santé, photopériode et température ambiante). Ainsi, par exemple, le taux butyreux (TB) du lait de brebis varie fortement (de 55 à 90 g/l) entre le début et la fin de lactation (Bocquier *et al*, 1987). Pour tenir compte, de façon synthétique, des variations de la composition chimique du lait, on peut exprimer la production laitière en lait standardisé, c'est-à-dire ayant le même contenu énergétique (kJ/l). Cette expression en lait standard est particulièrement intéressante pour calculer les besoins énergétiques de lactation et/ou pour comparer les animaux entre eux. L'objectif de ce travail était donc de prédire le contenu énergétique du lait de brebis à partir de sa composition chimique et de proposer une valeur énergétique de référence pour le calcul du lait standard.

La prévision de l'énergie du lait a été étudiée depuis longtemps (Gaines et Davidson, 1923; Tyrrell et Reid, 1965) et continue de susciter des travaux (Sjaunja *et al*, 1991) et des discussions (Bickel, 1988). Deux voies d'approche ont été choisies : l'une est basée sur l'utilisation de coefficients caloriques pour chaque consti-

tuant organique du lait (Perrin, 1958), l'autre repose sur des relations statistiques entre l'énergie mesurée et la composition chimique du lait. L'approche statistique est généralement adoptée. Chez la brebis, les études ont été essentiellement menées sur du lait de femelles allaitantes et parfois sur des échantillons de taille réduite (Valera-Alvarez *et al*, 1970; Brett *et al*, 1972; Geenty et Sykes, 1986). Or la composition chimique du lait de brebis allaitante est fortement dépendante des méthodes de traite (manuelle ou mécanique, avec ou sans injection d'ocytocine; Geenty et Sykes, 1986); ce qui pose des problèmes lors de l'établissement de relations statistiques. Quant aux autres équations de prévision de l'énergie du lait proposées pour différentes espèces animales (Perrin, 1958), elles pourraient également être utilisées, mais elles requièrent des analyses chimiques complètes. De plus, comme le taux butyreux moyen du lait est très différent entre espèces (en moyenne 35, 45 et 75 g/l respectivement pour les vaches, les chèvres et les brebis) (Treacher, 1985), il ne semblait pas réaliste d'utiliser ces équations sans vérifications préalables.

Le premier objectif de ce travail a consisté à établir des équations de prévision de la valeur énergétique du lait de brebis à partir de résultats d'analyses provenant de différentes méthodes. Le second objectif a été de proposer, comme pour les vaches

laitières (Gaines et Davidson, 1923), une formule de standardisation qui permette d'exprimer les productions laitières des brebis sur une base comparable.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Des brebis de race Lacaune, traites mécaniquement, nourries en lots dans des conditions normales d'élevage, ont été choisies selon leur numéro de lactation : 45 brebis multipares et 46 primipares. Les échantillons de lait, respectivement 276 et 89, ont été prélevés à différents stades de la lactation : 41, 62, 76, 90, 104 et 118 j pour les multipares et 79 et 99 j pour les primipares. Ces échantillons prélevés à la traite du matin ont été pour partie congelés à -20°C ou conservés avec du bichromate de potassium. Le même jour, à la traite du soir, la production laitière a été contrôlée et le lait analysé uniquement par spectrophotométrie dans l'infrarouge.

La composition et l'énergie du lait prélevé à la traite du matin ont été déterminées par des méthodes généralement considérées comme des méthodes de référence (Réf) (taux butyreux : Gerber; ETR = ± 1 g/l, taux protéique : noir-amido; ETR = $\pm 0,3$ g/l, matière sèche : étuve à 103°C pendant 24 h; ETR = $\pm 0,5$ g/l, cendres : four 550°C pendant 6 h et énergie : combustion dans un calorimètre adiabatique IRA-C400 après lyophilisation; ETR = $\pm 0,05$ MJ/l).

Par ailleurs, tous les échantillons ont été analysés par des méthodes spectrophotométriques dans l'infrarouge. Les taux butyreux et protéique ont été mesurés avec le matériel IR-Pro-Milk/Foss Electric- Danemark, utilisé en routine dans un laboratoire agréé du contrôle laitier ovin (LIAL-Aurillac). La teneur en lactose a été déterminée séparément avec IR-Multispec (Multispec Inst Wheldrate, England). Les instruments ont été calibrés à l'aide d'échantillons de lait de brebis analysés chimiquement par le laboratoire INRA de Poligny pour les taux butyreux et protéique (Grappin, 1986) et à partir d'échantillons analysés par HPLC pour le lactose. La teneur en urée a été déterminée par une méthode enzymatique/colorimétrique (réactif DMBA). Les résultats ont été analysés par le modèle linéaire généralisé (SAS, 1985).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Caractéristiques chimiques des échantillons

La production laitière journalière des brebis de l'échantillon a varié de 0,48 à 3,42 l/j. Pour la traite du matin (tableau I), le taux butyreux (TB) a été compris entre 23,5 et 101,5 g/l, le taux protéique (TP) entre 42,5 et 75,7 g/l, le lactose (TL) entre 37,5 et 57,1 g/l et l'énergie entre 2890 et 6350 kJ/l. Ces valeurs sont conformes à celles habituellement rapportées chez les brebis laitières (Casu *et al*, 1975; Barillet, 1985) ou allaitantes (ARC, 1980; Geenty et Sykes, 1986). Cependant, les amplitudes absolues de ces variations sont importantes, car les mesures ont été faites sur une seule traite (matin); elles sont réduites lorsqu'on considère les variations journalières (deux traites, tableau I).

Relations entre analyses de référence et méthodes infra-rouge

Les résultats obtenus par les deux méthodes ont été comparés par régression simple. Les pentes des droites sont pratiquement égales à 1,00 (TB = 1,003; TP = 0,986) et les erreurs résiduelles sont respectivement de 1,2 g/l et 1,0 g/l. Cela conduit à une légère perte de précision, de l'ordre de 1% et 2%, ce qui est en accord avec les résultats obtenus précédemment (Grappin, 1986). Les analyses ayant été faites en plusieurs fois, nous avons testé un effet inter-séries qui n'est pas significatif (ns). Le lactose a été calculé par différence aux autres constituants, il n'a donc pas été comparé aux déterminations infra-rouge.

Tableau I. Caractéristiques des échantillons de lait de brebis Lacaune.

<i>Variables</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Écart type</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
Stade de lactation (j)	83,50	24,00	36	136
Production laitière journalière (l/j)	1,41	0,56	0,48	3,42
Matières grasses infrarouge (g/l)	69,80	11,60	37,7	104,8
Protéines infrarouge (g/l)	52,80	6,30	41,4	73,9
Traite du matin				
Production laitière (l)	0,85	0,34	0,13	2,00
Matière sèche (g/l)	179,7	16,8	133,3	232,9
Matières grasses				
Gerber (g/l)	64,9	12,9	23,5	101,5
Infra-rouge (g/l)	63,9	12,8	23,5	102,8
Protéines				
Noir-amido (g/l)	53,2	6,2	42,5	75,7
Infrarouge (g/l)	52,7	6,2	39,5	76,9
Urée (g/l)	0,64	0,12	0,10	0,95
Lactose (g/l)	47,9	3,7	37,5	57,1
Cendres (g/l)	9,1	0,6	7,1	11,1
Énergie (kJ/l)	4557	573	2896	6357

Corrélations entre constituants du lait et/ou avec l'énergie

Pour une approche statistique de la prévision de l'énergie du lait, il est souhaitable de disposer d'un échantillon qui permette d'obtenir des relations générales. Un des moyens de s'en assurer est de vérifier que les corrélations entre constituants sont proches de celles obtenues sur des échantillons beaucoup plus importants, comme ceux étudiés en amélioration génétique. Malheureusement, la plupart des équations de prévision de l'énergie du lait, aussi bien pour le lait de vache que de brebis, ont été établies avec des données qui n'étaient pas toujours satisfaisantes si l'on considère ce critère. Gaines (1928) et Tyrrell et Reid (1965) ont obtenu respectivement des corrélations entre les taux de matières grasses et les taux protéiques de +0,9 et +0,27, alors que Sjaunja *et al* (1991) ont obtenu une valeur de +0,76,

voisine de celles généralement observées. Pour les autres constituants, ces derniers auteurs ont également obtenu des corrélations : $R_{(TL \times TP)} = -0,48$ et $R_{(TL \times TB)} = -0,41$, conformes à celles de la bibliographie (Maijala et Hanna, 1974; Boichard et Bonaiti, 1987).

Pour le lait de brebis, les corrélations publiées sont souvent incomplètes : Valera-Alvarez *et al* (1970) : $R_{(TB \times TP)} = +0,41$ (autres corrélations non rapportées), ou surprenantes : Brett *et al* (1982) :

$$R_{(TB \times TP)} < 0,28, R_{(TL \times TP)} = -0,52 \text{ et } R_{(TL \times TB)} < -0,28$$

Sur notre échantillon, nous avons observé des corrélations négatives entre le lactose et les autres constituants principaux : $R_{(TL \times TB)} = -0,46$ et $R_{(TL \times TP)} = -0,50$ et positive entre TB et TP ($R_{(TB \times TP)} = +0,55$). Ces relations sont conservées dans les deux sous-échantillons d'observa-

tions (tableau II) et elles sont en accord avec les corrélations phénotypiques observées chez les brebis (Barillet, 1985; Barillet et Boichard, 1987 : $R_{(TB \times TP)} = +0,53$). La teneur en énergie du lait est hautement corrélée au taux butyreux ($R = +0,97$) parce que la matière grasse est le constituant le plus énergétique du lait, qu'il est le plus variable et que les taux de matières grasses sont habituellement plus élevés que les taux de protéines ($R = +0,69$) ou de lactose ($R = -0,43$). Les corrélations observées dans notre échantillon correspondent à des valeurs générales, cet échantillon semble donc approprié à une exploitation statistique de la prévision de l'énergie du lait (tableau II).

Méthodes de prévision de l'énergie du lait de brebis

Pour estimer l'énergie du lait à partir d'analyses chimiques, deux approches ont été rapportées dans la littérature. Dans la première, l'énergie est calculée en multipliant la teneur en chacun des constituants par

sa valeur calorifique (Perrin, 1958). Dans la seconde, l'énergie est prédite par calcul statistique. Fréquemment adoptée, cette seconde méthode consiste à calculer des équations de régression entre la valeur énergétique mesurée et les analyses chimiques disponibles; c'est celle que nous avons retenue.

Les équations de prévision de l'énergie du lait que nous avons obtenues en utilisant les différents résultats d'analyses (taux butyreux, taux protéique, lactose), sont reportées au tableau III, selon les méthodes employées (Réf ou IR). Le rang des écart types résiduels confirme que les matières grasses (TB, g/l) sont le constituant qui a le plus de poids (CV = 2,8%) et que l'introduction d'autres résultats analytiques améliore légèrement la précision des équations obtenues (TB et TP; CV = 1,9%). Les précisions de ces équations sont compatibles avec celles qui ont été publiées précédemment (Valera-Alvarez *et al*, 1970; Brett *et al*, 1972; Geenty et Sykes, 1986), cependant, les erreurs résiduelles étaient plus élevées, *ie* respectivement : 3,0%, 2,5% et 6,0%. Dans un cas

Tableau II. Corrélations phénotypiques * entre les teneurs en constituants du lait de brebis ** : lait des brebis multipares au-dessus de la diagonale ($n = 276$) et ensemble des échantillons sous la diagonale ($n = 365$).

	Lait	Matières grasses	Protéines	Lactose	Urée	Cendres	MS	Énergie
Lait	1	-0,33	-0,30	0,28	0,10	-0,20	-0,32	-0,34
Matières grasses	-0,34	1	0,57	-0,43	-0,10	0,28	0,94	0,96
Protéines	-0,31	0,55	1	-0,46	-0,01	0,40	0,76	0,71
Lactose	0,33	-0,46	-0,50	1	-0,005	-0,39	-0,35	-0,39
Urée	0,09	-0,19	-0,06	0,02	1	0,005	-0,08	-0,07
Cendres	-0,25	0,26	0,37	-0,43	0,01	1	0,31	0,28
MS	-0,33	0,95	0,75	-0,39	-0,16	0,27	1	0,98
Énergie	-0,35	0,97	0,69	-0,43	-0,17	0,25	0,99	1

* Corrigé des effets du stade de lactation.

** Analyses en référence pour les matières grasses et les protéines (g/l ou kJ/l).

Tableau III. Prédiction de l'énergie brute du lait de brebis à partir de la composition chimique obtenue par des analyses de référence ($n = 365$) ou par infrarouge ($n = 276$).

Équation	Méthode	Coefficient de régression constante				R ²	ETR
		TB (g/l)	TP (g/l)	TL (g/l)	cte		
1	Ref	43,16 (±0,53)	—	—	1756,14 (±35,22)	0,948	±131,32
2	IR	43,97 (±0,62)	—	—	1721,52 (±41,92)	0,947	±140,42
3	Ref	35,54 (±0,57)	21,37 (±1,19)	—	1112,64 (±44,08)	0,972	±95,63
4	IR	36,06 (±0,72)	22,02 (±1,53)	—	1060,29 (±55,70)	0,970	±105,98
5	Ref	37,38 (±0,53)	24,23 (±1,07)	16,66 (±1,54)	41,60 (±106,49)	0,979	±83,30
6	IR	37,22 (±0,72)	25,83 (±1,56)	16,80 (±2,76)	-5,29 (±183,41)	0,974	±99,66

* Le lactose a été analysé par infrarouge uniquement.

(Brett *et al*, 1972), la meilleure équation avait été obtenue en incluant le stade de lactation des brebis (jours). Cela était éventuellement transposable à d'autres brebis allaitantes, mais certainement pas à des brebis laitières. En effet, les durées de lactation sont très différentes : 40 à 60 j pour les brebis allaitantes et 100 à 180 j pour les brebis laitières. En fait, si l'amplitude des variations de TB est analogue pour les 2 types de brebis, les effets du stade de lactation sur la composition du lait ne se manifestent pas au même stade de lactation (Bocquier *et al*, 1987).

Utilisation d'équations déjà publiées

L'utilisation d'équations établies pour des brebis allaitantes ou pour d'autres espèces

de ruminants avec des compositions chimiques moyennes du lait assez différentes peut conduire à des biais importants. Nous avons comparé l'énergie prédite par ces équations à l'énergie mesurée en utilisant les résultats de nos analyses chimiques. L'énergie ainsi calculée avec les équations obtenues avec du lait de brebis allaitantes est assez proche de nos résultats. Cependant, comme dans certaines études les échantillons étaient de taille réduite, nous voulions le vérifier ($n = 285$: Valera-Alvarez *et al*, 1970; $n = 68$: Brett *et al*, 1972; $n = 28$: Geenty et Sykes, 1986). Avec des équations établies pour du lait de vache, en utilisant dans nos données seulement le TB, il y a une surestimation de l'énergie prédite qui est respectivement de +19% (Tyrrell et Reid, 1965), de +18% (Crovetto et Van Der Honing, 1984) et de

+1% (Sjaunja *et al*, 1991). Que ce soit pour le lait de brebis ou de vache, lorsqu'on utilise simultanément le TB, le TP et le lactose (TL), le biais est toujours réduit : +2,5% (Brett *et al*, 1972) et -1% (Sjaunja *et al*, 1991).

C'est l'équation de prévision qui utilise les coefficients caloriques moyens publiés par Perrin (1958), qui provoque le biais le plus faible (-0,3%). Cela n'est pas totalement surprenant, puisque lorsque les équations sont établies avec seulement TB et TP, les coefficients de régression partiels ne peuvent pas être considérés comme des valeurs caloriques : ils ne sont que l'ajustement statistique de variables qui sont auto-corrélées (tableau II) et ils peuvent n'avoir aucune signification biologique (voir équations 1 et 2; tableau III). Alors que lorsqu'on utilise les 3 constituants majeurs du lait (TB, TP et TL) ces coefficients sont proches de ceux proposés par Perrin (1958) et discutés par Brett *et al* (1972) : matières grasses 37,38 ($\pm 0,53$) vs 37,67; protéines 24,23 ($\pm 1,07$) vs 23,18 et lactose 16,66 ($\pm 1,54$) vs 16,53 (kJ/g). La même remarque pourrait s'appliquer aux équations récemment proposées par Sjaunja *et al* (1991). Cependant, cette approche calorifique n'est pas applicable lorsqu'on ne dispose que des taux butyreux et protéique. En revanche, elle peut être utilisée, ainsi que nous l'avons fait, comme validation de la méthode statistique.

Standardisation du lait de brebis

La correction ou la standardisation des productions laitières des vaches ont été fréquemment appliquées dans la bibliographie. Cependant, Bickel (1988) a discuté le fait que la formule de Gaines and Davidson (1923) pour la transformation du lait en *fat-corrected milk* (FCM) est en

fait une correction pour la valeur énergétique (ECM). Il a proposé d'utiliser un lait standard (LS) basé sur une valeur énergétique de référence de 3,14 MJ/kg (soit 750 kcal/kg) pour le lait de vache. Le lait corrigé pour les matières grasses (FCM) doit être évité, car même si les matières grasses sont le constituant énergétique majeur du lait, les corrélations avec les autres constituants (TP) sont variables; parfois faibles : 0,27 (Tyrrell et Reid, 1965), d'autres fois anormalement élevées : 0,90 (Gaines et Davidson, 1923), voire opposées avec des rations extrêmes (Nelson *et al*, 1968).

Si l'on excepte plusieurs propositions de corrections pour la matière grasse (FCM) : 6,0% (Molina, 1984) et 6,5% (Pulina *et al*, 1989), il n'y a pas eu, à notre connaissance, de propositions de lait standard pour les brebis laitières. En accord avec les propositions et remarques de Bickel (1988), le lait standard de brebis ne doit pas être confondu avec le lait corrigé pour la matière grasse, qui peut se calculer directement en rapportant le taux butyreux à un taux de référence, sans utiliser de conversion en énergie.

Pour calculer la production laitière standard des brebis, il faut disposer d'équations de prévision de l'énergie du lait et d'une valeur énergétique de référence pour ce lait de brebis. Pour choisir cette valeur énergétique de référence, nous avons utilisé les résultats de composition chimique du lait, obtenus chez différentes races de brebis laitières, afin que les corrections que nous proposons ne modifient pas fondamentalement les performances moyennes exprimées en production laitière brute. Bien que les conditions d'échantillonnage et les niveaux de production ne soient pas rapportés, nous avons utilisé les valeurs du BDF (1986, 16 références) qui conduisent à une concentration énergétique

moyenne de 4,99 MJ/l pour les brebis laitières. En ce qui concerne les brebis allaitantes, la concentration énergétique moyenne calculée à partir des données de l'ARC (1980, 18 références) est de 4,77 MJ/l. En raison des grandes variations observées au sein de notre échantillon (tableau I), nous proposons de retenir la valeur arrondie de 5,0 MJ/l (soit 1195 kcal/l) comme contenu énergétique du lait standard pour les brebis laitières.

Procédure de standardisation du lait de brebis

Pour un calcul précis de la production laitière standard en énergie (PLSE), il faut d'abord choisir des équations de prévision de l'énergie du lait qui soient fiables. Ce choix dépend des méthodes d'analyses utilisées (référence ou infrarouge, tableau III) et des résultats analytiques disponibles (TB, TP, TL). Les taux butyreux et protéique étant fréquemment disponibles, il est préférable de les utiliser simultanément. Ainsi, l'équation suivante, qui est dérivée

de l'équation 3 du tableau III, permet un calcul direct du lait standard.

$$PLSE (l) = PLbrute (l) \times (0,0071 \times TB (g/l) + 0,0043 \times TP (g/l) + 0,2224)$$

La figure 1 illustre les effets de la standardisation de la production laitière, avec la formule ci-dessus, dans le cas d'une comparaison de deux races de brebis (Lacaune et East-Friesian) conduites dans un même milieu d'élevage (Segessemann, 1992). La production laitière brute totale en 168 j est respectivement de 241 et 234 l (différence +3%), alors qu'en lait standard elle est respectivement de 240 et 198 l (soit +21%). Cela traduit des écarts de composition du lait entre ces 2 races de brebis. L'expression en lait standard permet donc une comparaison directe des quantités d'énergie exportées par la mamelle.

La procédure de standardisation du lait de brebis à 5 MJ/l permet d'exprimer de manière synthétique les niveaux de production. Elle ne saurait remplacer d'autres expressions de la production en fonction de constituants spécifiques; matières grasses ou matières protéiques du lait.

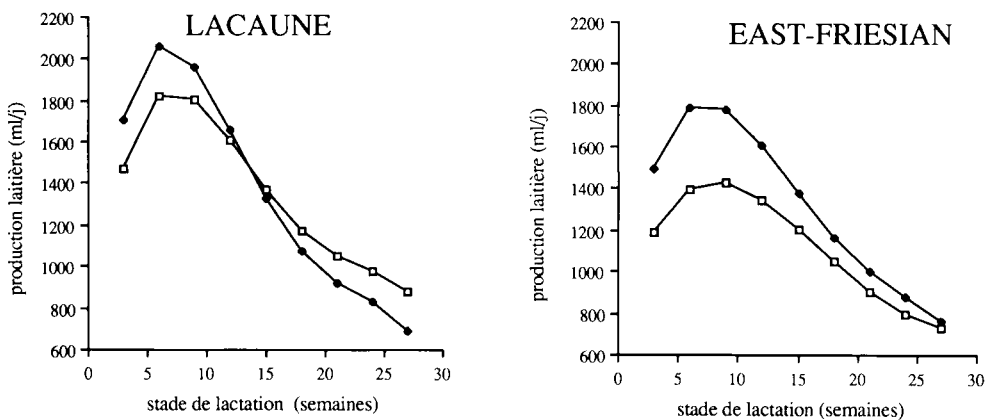


Fig 1. Production laitière brute (■) ou standardisée (□) de 2 races de brebis laitières (d'après Segessemann, 1992).

REMERCIEMENTS

Ce travail a été financé dans le cadre d'une AIP-INRA sur la qualité du lait de brebis. Nous remercions M Retière, directeur du Lial-Aurillac, pour les analyses du lait. Nous remercions également Marie-Rose Aurel pour la collecte des échantillons et P Lebecque pour la détermination de l'énergie du lait.

RÉFÉRENCES

- ARC (1980) Agricultural Research Council: composition of ruminants body and its products. In: *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Slough, 43-50
- Barillet F (1985) Amélioration génétique de la composition du lait des brebis : l'exemple de la race Lacaune. Thèse de doctorat d'ingénieur, INA Paris-Grignon, 144 p
- Barillet F, Boichard D (1987) Studies on dairy productions of milked ewes. I. Estimates of genetic parameters for total milk composition and yield. *Genet Sel Evol* 19, 459-474
- BIDF (1986) Bulletin of the International Dairy Federation, n° 202, Brussels. Proceedings of the IDF seminar on production and utilization of ewes' and goats' milk. Athens, Greece, 23-25 Sept 1985
- Bickel H (1988) Fat-corrected milk (FCM) an unaccurate and confusing term. *Livest Prod Sci* 18, 311-313
- Bocquier F, Thériez M, Brelurut A (1987) Recommendations alimentaires pour les brebis en lactation. *Bull Tech CRZV-Theix INRA* 70, 199-211
- Boichard D, Bonaïti B (1987) Genetic parameters for first lactation dairy traits in Friesian, Montbéliarde and Normande breeds. *Genet Sel Evol* 19, 337-350
- Brett DJ, Corbett JL, Inskip MW (1972) Estimation of the energy value of ewe milk. *Proc Austr Soc Anim Prod* 9, 286-291
- Casu S, Carta R, Flamant JC (1975) Amélioration génétique de la production laitière des brebis Sardes. *Ann Genet Sel Anim* 7, 73-90
- Crovetto GM, Van Der Honing Y (1984) Prediction of the energy content of milk from Friesian ad Jersey cows with normal and high fat concentration. *J Anim Phys Nutr* 51, 88-97
- Gaines WL (1928) The energy basis of measuring milk yield in dairy cows. *Ill Agric Exp Stn Bull* 308
- Gaines WL, Davidson FA (1923) Relation between percentage fat content and yield of milk. *Univ Ill Agric Exp Stn Bull* 245, 577-621
- Geenty KG, Sykes AR (1986) A note on the estimation of milk production in sheep. *Anim Prod* 43, 171-174
- Grappin R (1986) Application of indirect instrumental methods to the measurement of fat and protein content of ewe and goat milk. Proceedings of IDF seminar on production and utilization of ewe and goat milk, Sept 1985, Athens (Bull of IDF, 1986 n° 202)
- Majjala K, Hanna M (1974) Reliable phenotypic and genetic parameters in dairy cattle. *1st world congress on genetics applied to livestock production*, Madrid, 7-11 October 1974, vol 1, 541-563
- Molina MP (1984) Influence of lactation type and milking practise on productivity of dairy ewes of Manchega breed (Spanish). Tesina de grado, Facultad Farmacia, Universidad de Valencia, 144 p
- Nelson BD, Ellezey HD, Morgan EB, Allen M (1968) Effects of feeding lactating dairy cows varying forage-to-concentrate ratios. *J Dairy Sci* 51, 1796-1800
- Perrin DR (1958) The calorific value of milk of different species. *J Dairy Res* 25, 215-220
- Pulina G, Serra A, Cannas A, Rossi G (1989) Determinazione e stima del valore energetico di latte di pecore di razza sarda (Ital). SISVI
- Segessemann V (1992) *Wirtschaftlichkeit des Milkschafhaltung in der Schweizerischen Landwirtschaft*. PhD thesis, ETH-Zürich (à paraître)
- Sjaunja LO, Baevre L, Junkkarinen L, Pedersen J, Setala J (1991) A nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. Proceeding of the 27th biennial session of the International Committee for Animal Recording (ICAR). Paris, France, 2-6 July 1990. *EAAP Publ* 50, 156-157

- Statistical Analysis System Institute, Inc (1985) *SAS User's guide*. SAS Institute, Inc, Cary NC
- Treacher TT (1985) Dairy sheep production. *In: Milk production in developing countries* (AJ Smith, ed). University Press, Edinburgh, 388-402
- Tyrrell HF, Reid JT (1965) Prediction of energy value of cow's milk. *J Dairy Sci* 48, 1109-1223
- Valera-Alvarez H, Wilson LL, Ruch MC, Garcia-Garza E, Simpson MJ (1970) Prediction of the energy value of ewe milk from amount and composition characters. *J Dairy Sci* 53, 1783-1786