

## Effet du niveau d'apport azoté à des vaches au début de la lactation sur la production laitière et l'utilisation de l'azote

B. RÉMOND et M. JOURNET

avec la collaboration technique de Jeanne FLÉCHET, Renée LEFAIVRE, A. OLLIER  
et Maryse VÉRITÉ

*Laboratoire de la Production laitière,  
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I.N.R.A.  
St-Genès-Champagnelle, 63110 Beaumont (France)*

---

### Résumé

Nous avons étudié sur 2 lots de 8 vaches l'influence d'une sous-alimentation azotée sévère, associée à une sous-alimentation énergétique, pendant les 7 premières semaines de la lactation, sur la production laitière et l'utilisation de l'azote (cf. schéma expérimental au tabl. 1).

L'apport insuffisant d'azote a entraîné une réduction de la production laitière, qu'il est cependant difficile de préciser car le lot sous-alimenté en azote a aussi été sous-alimenté en énergie (fig. 1 et tabl. 3). Il n'a, semble-t-il, pas limité la mobilisation des réserves corporelles des vaches puisque la perte de poids vif a été de 33 kg dans le lot bien alimenté et de 52 kg dans l'autre lot.

Les vaches sous-alimentées en azote ont reçu en moyenne 198 g d'azote de moins par jour (— 51 p. cent) au cours des 3 périodes de mesures du bilan au début de la lactation. Elles ont diminué leur exportation d'azote dans les fèces de 37 g (— 34 p. cent), dans l'urine de 81 g (— 71 p. cent) et dans le lait de 30 g (— 25 p. cent) (tabl. 4).

La proportion d'azote uréique dans l'azote total urinaire a été beaucoup plus faible dans le lot sous-alimenté en azote que dans l'autre lot (27 p. cent contre 54 p. cent). Il en est de même de la teneur en urée du lait (8,3 mg contre 29,0 mg par 100 ml) et de celle du sang (11,7 mg contre 31,8 mg par 100 ml) (tabl. 5 et 6).

La teneur en urée du sang et celle du lait ont été reliées de façon hautement significative à la teneur en azote de la ration ( $r = 0,748$  et  $r = 0,829$  respectivement). La teneur en urée du lait a aussi été liée de façon hautement significative à la quantité d'azote excrétée dans l'urine ( $r = 0,882$ ) (fig. 2).

Ces résultats montrent qu'une sous-alimentation azotée sévère entraîne une diminution sensible de la production laitière, malgré la capacité importante des vaches à économiser leur azote. Compte tenu d'autres résultats acquis, il apparaît intéressant de bien alimenter en azote les vaches fortes productrices au début de la lactation.

---

## Introduction

En France, pour produire du lait, on cherche généralement à limiter le plus possible la quantité d'aliments concentrés distribuée aux vaches, car leur prix est relativement élevé comparativement à celui du lait. Cela se justifie surtout quand on dispose de fourrages de valeur alimentaire élevée (de l'ensilage de maïs de bonne qualité, par exemple) puisque, dans ce cas, les concentrés se substituent en grande partie à une ration de base dont la concentration énergétique est élevée (VÉRITÉ et JOURNET, 1973). Cette limitation conduit cependant à une sous-alimentation énergétique accrue au début de la lactation, ce qui affecte différemment la production des vaches selon leur état corporel avant le vêlage et leur potentiel de production (BROSTER, 1974).

La sous-alimentation énergétique du début de la lactation s'accompagne généralement d'une sous-alimentation azotée, comme l'indiquent les bilans azotés négatifs enregistrés par différents auteurs (PRATKOWSKI, 1962; LENKERT *et al.*, 1967; SCHIEMANN *et al.*, 1974). Cela résulte des évolutions divergentes de la quantité de protéines sécrétée dans le lait, qui est maximale dès les premiers jours de lactation (JOURNET et JARRIGE, 1960; SCHIEMANN *et al.*, 1974) et de la quantité d'acides aminés absorbée dans l'intestin qui est vraisemblablement la plus faible aux environs du vêlage, et augmente progressivement au début de la lactation. Elle est en effet essentiellement constituée d'acides aminés alimentaires et microbiens, et la quantité de chacune de ces 2 fractions dépend de la quantité d'aliments ingérée qui est minimale et augmente progressivement ensuite (JOURNET et RÉMOND, 1976). En même temps que ses réserves lipidiques, la vache doit donc aussi mobiliser ses réserves protéiques.

Les vaches peuvent-elles mobiliser des quantités importantes de graisses et de protéines sans trop réduire leur production laitière? La capacité des vaches fortes productrices à mobiliser leur énergie est très élevée, supérieure en moyenne à 300 Mcal pendant le début de la lactation (FLATT *et al.*, 1969; SCHIEMANN *et al.*, 1974), ce qui correspond à la production laitière d'au moins 300 kg de lait. L'ampleur des réserves protéiques est moins bien connue. D'après divers résultats tirés de la bibliographie, COPPOCK *et al.* (1968) estiment qu'environ 6 p. cent des protéines corporelles sont mobilisables (ce qui, pour une vache de 600 kg, permettrait la production de 130 kg de lait environ), alors que, d'après les résultats de bilans azotés effectués sur des vaches tariées, PAQUAY, de BAERE et LOUSSE (1972) pensent qu'elle est beaucoup plus élevée, de l'ordre de 20 p. cent. Il est cependant généralement considéré que les réserves protéiques sont plus limitées que les réserves énergétiques (COPPOCK *et al.*, 1968; VAN ES, 1972).

C'est peut-être la raison pour laquelle l'apport supplémentaire d'azote pendant les toutes premières semaines de la lactation semble particulièrement efficace. Ainsi, se fondant sur 3 études récemment publiées, SATTER et ROFFLER (1975) concluent que la production laitière augmente de 10 à 20 p. 100 quand la teneur en MAT de la ration passe de 13-15 p. cent à 16-19 p. cent. BROSTER et BINES (1974) recommandent aussi un apport azoté élevé au début de la lactation. L'amélioration de l'alimentation azotée pendant cette période semble augmenter l'utilisation de l'énergie pour la production laitière. Ainsi, la supplémentation en méthionine (RÉMOND *et al.*, 1971) ou la distribution de tourteaux traités au formol (VÉRITÉ et JOURNET, 1977) ont provoqué un accroissement de la production laitière qui s'expliquait par une perte de poids vif plus importante. SPARROW *et al.*, (1973) au début de la lactation et GORDON et FORBES (1970) au milieu de la lactation ont

aussi observé des résultats qui allaient dans le même sens. L'influence généralement favorable d'une augmentation de l'apport de protéines au début de la lactation pourrait en partie s'expliquer par un accroissement de la fourniture d'oxalo-acétate qui est indispensable pour que les acides gras corporels mobilisés soient utilisés à des fins énergétiques, sans accumulation de corps cétoniques dans le sang.

Dans cet essai, nous avons voulu étudier : 1° la réponse des vaches à une forte sous-alimentation azotée, leurs possibilités de réduire leurs pertes azotées et de mobiliser leurs protéines tissulaires; 2° l'influence du niveau d'apport d'azote au début de la lactation sur la quantité d'énergie mobilisée. Pour cela, 2 lots de vaches qui étaient dans un bon état corporel avant le vêlage ont été soumis à un déficit énergétique important après le vêlage, et tandis qu'un lot était bien alimenté en azote, l'autre était sous-alimenté.

## Matériel et méthodes

### *Schéma expérimental et animaux (tabl. 1)*

Seize vaches multipares ont été utilisées. Elles ont été réparties en 2 lots destinés l'un à être sous-alimenté en azote (lot B) et l'autre bien alimenté (lot H). Les animaux entraient en expérience environ 4 semaines avant la date prévue du vêlage. Pendant la fin de la gestation, ils ont tous été alimentés de la même façon. La différence d'alimentation entre les 2 lots a commencé dès le 1<sup>er</sup> jour du vêlage et s'est terminée à la fin de la 7<sup>e</sup> semaine de la lactation. A partir de la 8<sup>e</sup> semaine, les 2 lots d'animaux ont de nouveau été alimentés de la même façon, à l'étable jusqu'à la semaine 10, puis au pâturage.

Quatorze des 16 vaches de l'essai étaient de race Holstein, Frisonne ou résultaient d'un croisement Holstein  $\times$  Frisonne, une vache était de race Normande, et la dernière résultait d'un croisement Frisonne  $\times$  Montbéliarde. Sept allaient entrer en 2<sup>e</sup> lactation, une en 3<sup>e</sup> lactation, et les 8 autres en 4<sup>e</sup> lactation ou plus. L'appariement des vaches en 2 lots s'est effectué en tenant compte du numéro de lactation, de la date prévue du vêlage, et de la production laitière au cours de la lactation précédente : elle était, en ce qui concerne la production moyenne journalière des 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> jours et la production maximale respectivement de 17,5 kg et 23,6 kg dans le lot B, et de 18,7 kg et 23,8 kg dans le lot H.

### *Aliments (tabl. 2)*

Le régime distribué aux animaux avait une composition constante : 10 p. cent de foin de prairie naturelle, 20 p. cent de paille de blé, 40 p. cent de pulpes de betteraves deshydratées, et 30 p. cent d'aliment concentré; ce dernier était constitué uniquement d'orge dans le lot B, et d'un mélange, en proportion variable, de tourteau de soja + orge dans le lot H. De plus, toutes les vaches ont reçu 300 g par jour d'aliment minéral. Les aliments ont toujours été distribués en quantités limitées : le foin et la moitié des pulpes et de l'aliment concentré vers 7 h 30, la paille de blé en fin de matinée, et le reste des pulpes et de l'aliment concentré vers 16 h 30.

TABEAU I. — Schéma expérimental - Experimental scheme

Période <i>Period</i>	Pré-expérimentale <i>Pre-experimental</i>	Expérimentale <i>Experimental</i>										Post-expérimentale <i>Post-experimental</i>
		Hivernale <i>Winter</i>					Pâturage <i>Pasture</i>					
Type d'alimentation <i>Type of feeding</i>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
Semaines avant (—) ou après le vêlage <i>Weeks before (—) or after calving</i>	— 5 — 2 — 1											
Périodes de mesure du bilan azoté . . . <i>Periods of N balance measurements</i>	1	← 2 →		← 3 →		← 4 →		← 5 →				
Rationnement énergétique : <i>Energy feeding</i>	Recommandations <i>Standards</i>	D'après la PL (*) de la lactation précédente <i>According to the MP MP(*) of the prece- ding lactation</i>		D'après la PL des 4 <sup>e</sup> , 5 <sup>e</sup> , 6 <sup>e</sup> jours de la lactation <i>According to the MP of the 4th, 5th, 6th days of lactation</i>		D'après la PL de la semaine précédente <i>According to the MP of the preceding week</i>						
— Calcul des besoins . . . . . <i>Computation of requirements</i>	0	- 5	- 4	- 4	- 3	- 2	- 1	0		0		
— Objectif de sous-alimentation : Apports-besoins (U.F.) : <i>Underfeeding goal :</i> Supply-requirements (F.U.) :		- 6	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	0		0		
(*) PL 4 p. cent MG ≤ 27 kg/j 4 p. cent FCM ≤ 27 kg/d (*) PL 4 p. cent MG > 27 kg/j 4 p. cent FCM > 27 kg/d												
Rationnement azoté : <i>Nitrogen feeding :</i>	Recommandations <i>Standards</i>	D'après la PL, de la lactation précédente <i>According to the MP of the preceding lactation</i>		D'après la PL, à 4 p. cent de MG de la semaine précédente <i>According to the 4 p. cent FCM production of the preceding week</i>		D'après les besoins précédents <i>According to the needs of the preceding week</i>						
— Calcul des besoins . . . . . <i>Computation of requirements</i>	D'après les besoins <i>According to needs</i>	Selon les besoins		Selon les besoins		Selon les besoins						
— Apports <i>Feed Supply</i>		Sous-alimentation « passive » - Concentré = Orge « Passive Underfeeding » - Concentrate = Barley										
(*) Lot bien alimenté <i>High protein diet</i> (*) Lot sous-alimenté <i>Low protein diet</i>												

(\*) PL : Production laitière - 4 p. cent FCM : 4 p. cent fat-corrected milk.  
MP : Milk production.

TABLEAU 2

*Composition chimique et valeur énergétique des aliments*  
*Chemical composition and energy value of the feeds*

	p. cent de la M.S. percent of D.M.			U.F. (par kg de M.S.) F.U. (per kg D.M.)
	Matière organique <i>Organic matter</i>	Cellulose brute <i>Crude fibre</i>	Azote <i>Nitrogen</i>	
Foin de regain de prairie naturelle . . . . .	89,6	26,2	2,53	0,72
<i>Second cut hay of natural pasture</i>				
Paille de blé . . . . .	91,6	42,3	0,44	0,30
<i>Wheat straw</i>				
Pulpes sèches de betteraves <i>Dry beet pulp</i>	95,9	20,6	1,65	1,00
Orge . . . . .	97,3	5,8	2,01	1,13
<i>Barley</i>				
Tourteau de soja . . . . .	93,7	3,3	8,29	1,13
<i>Soya bean meal</i>				
Complément minéral . . . . .	51,8	—	1,26	
<i>Mineral mixture</i>				

Nous avons estimé la valeur énergétique du foin d'après sa digestibilité in vitro, et adopté une valeur de 0,30 UF/kg de MS pour la paille de blé, et les valeurs proposées par les tables hollandaises pour les concentrés.

#### *Alimentation (tabl. 1)*

Pour le calcul des besoins énergétiques, exprimés en unités fourragères (U.F.), nous avons utilisé les valeurs suivantes : entretien = 1,5 U.F. + P/2 (poids vif exprimé en centaine de kg); gestation = 0,3 U.F. par 100 kg de poids vif; Production laitière = 0,38 U.F. par kg de lait à 4 p. cent de M.G. Pour le calcul des besoins azotés, exprimés en matières azotées digestibles (MAD) les recommandations ont été : entretien = 60 g par 100 kg de poids vif; production laitière = 60 g par kg de lait à 4 p. cent de M.G.

Avant le vêlage, les animaux des 2 lots ont été alimentés d'après les recommandations énergétiques et azotées rapportées ci-dessus. Cependant, les quantités d'aliments distribuées à certains animaux ont été modifiées de façon à les amener au vêlage dans un état corporel satisfaisant.

Pendant les 7 premières semaines de la lactation, nous avons essayé de sous-alimenter les 2 lots en énergie de la même façon, par rapport à leurs besoins calculés. Pour ceux de la 1<sup>re</sup> semaine, on a considéré, d'après l'évolution de l'exportation d'énergie dans le lait (JOURNET et JARRIGE, 1960), que la production de lait à 4 p. cent de M.G. représentait 90 p. cent de la production hebdomadaire maxi-

male. Cette dernière était évaluée en multipliant la production hebdomadaire maximale de lait à 4 p. cent de M.G. de la lactation précédente par 1,3, 1,1 ou 1,0 pour les vaches qui allaient entrer respectivement en 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> ou 4<sup>e</sup> lactation et plus. Pour les semaines 2 à 7, on a calculé les besoins théoriques en considérant que la production de lait à 4 p. cent de M.G. serait, pour la raison vue ci-dessus, de 110 p. cent de la production au cours des 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> jours de la lactation expérimentale.

Les vaches du lot H ont été alimentées en azote selon leurs besoins de la semaine précédente; cependant, la 1<sup>re</sup> semaine de lactation, le concentré était uniquement constitué de tourteau de soja. Dans le lot B, le concentré était uniquement constitué d'orge pendant la période expérimentale.

A partir de la semaine 8, les apports énergétiques et azotés ont été ajustés aux besoins de la semaine précédente. Cependant, quand, lors du rajustement, une diminution d'apport énergétique devait avoir lieu, nous l'avons limitée à 1 U.F. par semaine. Par ailleurs, nous avons suralimenté toutes les vaches d'1 U.F. par rapport à leurs besoins. A partir de la semaine 11, et jusqu'à la semaine 14, les vaches ont été mises au pâturage.

### Mesures

Toutes les mesures ont été faites individuellement. Pour chaque vache, nous avons mesuré les quantités de matière sèche ingérées (5 jours par semaine), la quantité de lait produite (chaque jour), la teneur du lait en matières grasses et en protéines sur un échantillon moyen du lait de la journée (pendant les 7 premiers jours de la 1<sup>re</sup> semaine, puis 4 jours par semaine), le poids vif des animaux (une fois par semaine).

Le bilan azoté de 3 à 5 vaches de chaque lot a été mesuré une fois au cours de la gestation (entre les semaines — 5 et — 3) et 4 fois au cours de la lactation (entre les semaines 1 et 3, 4 et 5, 6 et 7, 8 et 10), pendant 5 jours consécutifs à chaque fois. Pour chaque période-vache, un échantillon de chaque aliment, de fèces, d'urine et de lait a été constitué. L'échantillon de fèces est proportionnel aux quantités excrétées (collectées quantitativement) à partir d'un échantillon journalier séché à 85 °C dans une étuve ventilée. A partir du milieu de l'essai, un échantillon de fèces fraîches a aussi été utilisé.

Pour les calculs du bilan azoté, nous avons utilisé les valeurs mesurées sur les fèces fraîches quand elles étaient disponibles (19 dernières périodes-vaches). Quand elles n'étaient pas disponibles (18 premières périodes-vaches), nous avons augmenté les valeurs des concentrations d'azote dans les fèces sèches de 8,7 p. cent qui est le pourcentage dont, en moyenne, la teneur en azote mesurée dans les fèces fraîches (puis rapportées à la M.S.) était plus élevée que celle mesurée sur les fèces sèches. L'urine était collectée en permanence dans un bidon contenant 1 litre d'acide sulfurique à 10 p. cent, grâce à un séparateur souple appliqué autour de la vulve à l'aide de tissu adhésif et de harnais faits de tuyaux en caoutchouc. L'échantillon d'urine a été établi par le prélèvement d'un pourcentage fixe de la quantité d'urine excrétée chaque jour. L'échantillon de lait a été constitué par le prélèvement d'un pourcentage fixe de la quantité de lait produite à chaque traite. Le lait était conservé à 4 °C au réfrigérateur, avec du bichromate de potassium comme conservateur. L'azote a été dosé par la méthode Kjeldahl.

*Autres mesures sur le lait, le sang et l'urine*

Pendant chaque période de mesure du bilan azoté on a dosé à 2 reprises la teneur en urée de l'urine (sur des échantillons journaliers) et du lait (sur des échantillons de la traite du matin), par la méthode à la diphénylmonoxime adaptée sur analyseur automatique (MICHEL, 1971). Sur toutes les vaches, des échantillons de sang ont été prélevés dans la veine jugulaire, le matin juste avant la distribution des aliments, 5 fois au cours de l'essai : environ 2 semaines avant la date présumée du vêlage, puis aux environs du 7<sup>e</sup> jour, entre le 18<sup>e</sup> et le 24<sup>e</sup> jour, entre le 32<sup>e</sup> et le 38<sup>e</sup> jour et pendant la 9<sup>e</sup> ou la 10<sup>e</sup> semaine après le vêlage. Dans le sang déféqué au dixième avec de la baryte 0,3 N — sulfate de zinc 5 p. cent, on a dosé le glucose par la méthode à la glucose-oxydase, l'urée et les corps cétoniques totaux (PROCOS, 1961). Dans le plasma, on a dosé les acides gras non estérifiés (DOLE et MEINERTZ, 1960). Une partie du sang prélevé était immédiatement placée dans un flacon contenant de l'alcool et conservée au congélateur. Les concentrations des acides aminés libres dans le sang ont été mesurées par la méthode de MOORE et STEIN; elles ont été récemment publiées par CHAMPREDON, RÉMOND et PRION (1977).

**Résultats***Quantités ingérées (tabl. 3 et fig. 1)*

TABLEAU 3

*Quantités ingérées, production laitière et poids vif des vaches*  
*Feed intake, milk production and liveweight of the cows*

Niveau d'alimentation azoté <i>Protein feeding level</i>	Haut <i>High</i>			Bas <i>Low</i>		
Nombre de vaches . . . . . <i>Number of cows</i> . . . . .	7			7		
Semaines de lactation . . . . . <i>Weeks of lactation</i>	I-7	8-10	11-14	I-7	8-10	11-14
Production journalière et composition du lait : <i>Daily milk production and composition :</i>						
• lait (kg) . . . . . <i>Milk (kg)</i>	24,4	23,4	19,7	20,2	21,4	20,2
• lait à 4 p. cent de matières grasses (kg) . . . . . <i>4 p. cent fat corrected milk (kg)</i>	24,1	20,9	19,2	19,7	19,5	19,2
• Teneur en matières grasses (g p. mille) . . . . . <i>Fat percentage (g p. thousand)</i>	39,4	32,9	38,1	38,3	34,1	36,6
• Teneur en matières azotées (g p. mille) . . . . . <i>Crude protein percentage (g p. thousand)</i>	32,9	30,8	30,9	31,7	30,0	30,8
• Matières grasses (g) . . . . . <i>Fat (g)</i>	952	770	751	771	728	738
• Matières azotées (g) . . . . . <i>Crude protein (g)</i>	796	720	610	637	640	622

TABLEAU 3 (suite)

Poids vif (kg) :						
<i>Liveweight (kg) :</i>						
• initial (semaine 1) . . . . .		589			594	
• <i>initial (week 1)</i>						
• minimal (n° de semaine) . . . . .		556 (5)			542 (8)	
• <i>minimal (week order)</i>						
Quantités ingérées (par jour) :						
<i>Feed intake (/day) :</i>						
• Poin (kg de MS) . . . . .	1,58	1,81		1,27	1,58	
• <i>Hay (kg DM)</i>						
• Pulpes sèches (kg de MS)	5,71	6,39	Pâtu-	4,64	5,56	Pâtu-
• <i>Dry beet pulp (kg DM)</i>			rage			rage
• Paille (kg de MS) . . . . .	1,83	1,80		1,73	1,70	
• <i>Straw (kg DM)</i>						
• Tourteau de soja (kg de MS)	2,18	1,32	<i>Pasture</i>	0	1,07	<i>Pasture</i>
• <i>Soyabean meal (kg DM)</i>						
• Orge (kg de MS) . . . . .	2,16	3,80		3,52	3,28	
• <i>Barley (kg DM)</i>						
• Total (kg de MS) . . . . .	13,47	15,12		11,16	13,19	
• <i>Total (kg DM)</i>						
• Azote (g) . . . . .	366	345		187	293	
• <i>Nitrogen (g)</i>						
Bilan énergétique (UF/jour) :						
<i>Energy balance (F.U./day) :</i>						
• Apports . . . . .	11,7	13,2		9,7	11,5	
• <i>Intake</i>						
• Besoins . . . . .	13,5	12,3		11,8	11,6	
• <i>Needs</i>						
• Bilan . . . . .	- 1,8	+ 0,9		- 2,0	- 0,2	
• <i>Balance</i>						
Bilan azoté (g mad) . . . . .	- 34	- 20		- 760	- 168	
• <i>Nitrogen balance (g dcp)</i>						

Les proportions relatives des différents aliments ont été quasi identiques entre les 2 lots et d'une semaine à l'autre, comme le voulait le protocole. Les quantités totales d'aliments et d'énergie ingérées par le lot H n'ont été que légèrement supérieures (de 0,65 kg de M.S., soit 0,58 U.F.) à celles du lot B au cours de la 1<sup>re</sup> semaine de lactation, puisque les productions laitières attendues des 2 lots étaient semblables. Puis l'écart entre les quantités de matière sèche et d'énergie ingérées entre les 2 lots s'est accru jusqu'à la semaine 7, car on a alimenté les vaches d'après la production laitière des 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> jours de lactation, et celle-ci était très différente entre les 2 lots (cf. ci-après). En moyenne pour les 7 premières semaines de lactation, le lot H a ingéré par jour 2,31 kg de M.S., soit 2,00 U.F. de plus que le lot B. Entre les semaines 8 et 10, l'écart s'est réduit mais est resté de 1,93 kg de M.S., soit 1,67 U.F.

Les quantités d'azote ingérées ont été très différentes entre les 2 lots et cela dès la 1<sup>re</sup> semaine de lactation : au cours des 7 premières semaines de lactation, le lot H a ingéré en moyenne près de 2 fois plus d'azote que le lot B (366 g contre 187 g/j). Cette différence s'est fortement réduite entre les semaines 8 et 10 (345 g contre 293 g).

*Production laitière (tabl. 3 et fig. 1)*

Les quantités d'azote très différentes distribuées aux 2 lots d'animaux pendant les 7 premières semaines de lactation ont fortement influencé la quantité de lait produite : 1<sup>o</sup> la production initiale (4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup>, 6<sup>e</sup> j) de lait à 4 p. cent de matières

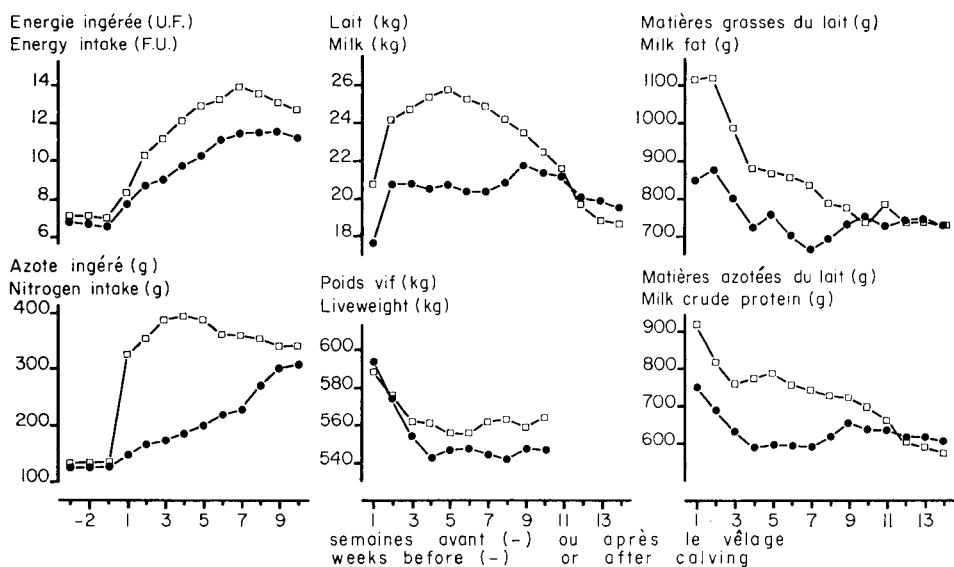


FIG. 1. — Évolution des quantités d'énergie et d'azote ingérées, des quantités de lait, de matières grasses et de matières azotées produites et du poids vif.

Évolution of energy and nitrogen intakes, of milk fat and protein productions, and of liveweight.

- — □ Haut niveau d'alimentation azotée High protein feeding level  
● — ● Bas niveau d'alimentation azotée Low protein feeding level

grasses a été plus élevée de 3,3 kg que la production attendue pour le lot H, mais a été inférieure de 1,6 kg pour le lot B; 2<sup>o</sup> l'évolution de la production laitière des 2 lots a été différente : dans le lot H, elle a augmenté avec l'ingestion d'énergie jusqu'à la 5<sup>e</sup> semaine de lactation, tandis que dans le lot B elle a été maximale dès la 2<sup>e</sup> semaine, bien que les quantités ingérées continuaient d'augmenter. La différence d'apport énergétique (2 U.F. en moyenne au cours des 7 premières semaines de lactation) ne peut expliquer à elle seule la différence de production laitière (4,41 kg de lait à 4 p. cent de M.G.) puisque les meilleurs rendements marginaux au début de la lactation sont de l'ordre de 1,5 kg de lait par U.F. (BROSTER, 1972); 3<sup>o</sup> dès que les animaux du lot B ont été de nouveau correctement alimentés à partir de la 8<sup>e</sup> semaine de lactation, en particulier en azote, leur production laitière a augmenté (de 1,4 kg entre les semaines 7 et 9) et n'était plus inférieure à celle du lot H que de 1,1 kg à la 10<sup>e</sup> semaine de lactation. Après la mise à l'herbe, les productions laitières des 2 lots sont devenues semblables et celle du lot B a même eu tendance à être plus élevée que celle du lot H. Cela permet d'ailleurs de penser que les 2 lots avaient le même potentiel de production laitière.

*Bilans énergétique et azoté calculés — Variation du poids vif*  
(tabl. 3)

Le bilan énergétique qui était négatif au début de la lactation est devenu positif à la 6<sup>e</sup> semaine (lot H) ou à la 7<sup>e</sup> semaine (lot B). Pendant les semaines 1 à 7 et 8 à 10, il a été en moyenne plus élevé pour le lot H que pour le lot B. Le bilan azoté calculé a été négatif, de façon modérée, au cours des 2 premières semaines de la lactation, puis positif dans le lot H, alors qu'il a toujours été négatif dans le lot B.

La perte de poids vif plus importante des vaches du lot B que de celles du lot H au début de la lactation a reflété les bilans énergétique et azoté. La moyenne des pertes de poids vif maximales par rapport à la 1<sup>re</sup> semaine de lactation a été de 52 kg pour le lot B et de 33 kg pour le lot H. La perte de poids vif vide, estimée en corrigeant les pertes de poids vif pour les variations de poids du contenu digestif (variation de 4,5 kg du poids de contenus digestifs pour une variation de 1 kg de la quantité de matière sèche ingérée), a été sensiblement plus élevée : 72 kg pour le lot B contre 59 kg pour le lot H.

*Bilan azoté* (tabl. 4 et 5)

A la fin de la gestation, les vaches des 2 lots, qui étaient alimentées de la même façon, ont eu des bilans azotés comparables : respectivement 35,1 g et 39,1 g pour les lots B et H (compte non tenu des autres pertes d'azote, peau et poils en particulier, estimées à 0,02 g/kg de poids métabolique — Agricultural Research Council, 1965).

En tout début de lactation, le bilan a été positif pour le lot H et négatif pour le lot B; puis il est devenu positif pour ce dernier lot, et il a augmenté dans les 2 lots avec le déroulement de la lactation.

Pendant les 3 périodes successives de mesures de bilan effectuées au début de la lactation (entre les semaines 1 et 7), les vaches du lot B ont reçu la moitié (52 p. cent) de la quantité d'azote reçue par le lot H, et une quantité plus faible d'aliments (11,1 kg contre 13,9 kg de M.S.). Il en est résulté qu'en moyenne la proportion d'azote dans la ration était de 3,43 p. cent pour le lot H et 1,82 p. cent pour le lot B. La plus faible quantité d'azote excrétée dans les fèces par le lot B est due à la plus faible ingestion de ce lot (de 2,5 kg de M.S.) par rapport à l'autre. En moyenne, pour l'ensemble des bilans, la quantité d'azote excrétée dans les fèces (Y) a été liée à la quantité de M.S. ingérée (X) de la façon suivante :  $Y = 8,28 X (\text{kg}/\text{j}) - 18,9$  ( $n = 37$ ;  $r = 0,957$ ;  $P < 0,01$   $S_{yx} = 9,1$ ). Il est possible que la quantité d'azote excrétée dans les fèces ait été légèrement sous-estimée : en effet, leur état assez liquide chez certaines vaches, dû vraisemblablement à la proportion élevée de pulpes dans le régime, n'a pas permis de les récupérer en totalité quand celles-ci tombaient en dehors du bac de collecte. On peut néanmoins remarquer que la quantité d'azote excrétée par kg de M.S. ingérée est normale : 6,91 g et 6,20 g ( $P < 0,10$ ) respectivement pour les lots H et B.

La plus faible quantité d'azote excrétée dans le lait du lot B que dans celui du lot H est essentiellement due à la réduction de la production laitière puisque la teneur du lait en azote n'a diminué que de 4,6 p. cent, dont environ la moitié était due à l'urée : sa concentration était, en moyenne pour les 3 périodes expérimentales, de 29,0 mg/100 ml dans le lot H et de 8,3 mg/100 ml dans le lot B. Ces résultats ne sont pas étonnants : la teneur du lait en protéines est indépendante du

TABLEAU 4. — Bilan azoté Nitrogen balance

Vache Cow	Lot sous-alimenté <i>Underfed group</i>					Lot bien alimenté <i>Well fed group</i>					Bilan azoté (g/j) Nitrogen balance (g/d)		
	Semaines avant (—) ou après le vêlage <i>Weeks before (—) or after calving</i>	Azote ingéré (g/j) <i>Nitrogen intake (g/d)</i>	Azote excrété (g/j) <i>Nitrogen excretion (g/d)</i>		Bilan azoté (g/j) <i>Nitrogen balance (g/d)</i>	Vache Cow	Semaines avant (—) ou après le vêlage <i>Weeks before (—) or after calving</i>	Azote ingéré (g/j) <i>Nitrogen intake (g/d)</i>	Azote excrété (g/j) <i>Nitrogen excretion (g/d)</i>				
			Fèces <i>Faeces</i>	Lait <i>Milk</i>					Urine <i>Urine</i>	Fèces <i>Faeces</i>		Lait <i>Milk</i>	Urine <i>Urine</i>
65 144	— 3	127,1	40,7	55,0	31,4	66 703	— 5	146,9	56,5	—	58,3	32,1	
	— 2	167,7	70,5	30,2	— 53,4		3	496,4	111,1	135,2	197,8	52,3	
	— 5	211,3	86,9	25,0	— 8,6		5	415,5	133,8	129,7	139,4	12,6	
	— 7	257,8	96,7	26,1	— 22,2		7	448,6	165,2	133,4	76,3	73,7	
	— 10	379,6	111,8	95,5	— 45,2		9	449,3	153,3	124,7	88,6	73,7	
	— 4	144,3	51,5	56,1	— 36,7		— 4	128,8	47,1	—	54,8	26,9	
	— 4	229,0	71,4	33,9	— 6,8		— 2	370,8	92,1	126,9	74,8	77,0	
	— 7	215,7	69,7	27,6	— 14,2		— 4	437,0	104,2	147,5	125,3	60,0	
	— 9	270,9	84,9	75,2	— 2,7		— 6	400,1	107,6	123,7	123,6	45,2	
	— 4	137,1	57,9	69,9	— 9,3		— 9	385,5	111,4	117,5	104,8	51,8	
69 046	— 3	144,3	46,6	44,0	— 11,9	70 047	— 3	145,0	64,3	—	26,0	54,7	
	— 5	178,9	57,3	33,6	— 20,3		— 1	395,5	51,8	107,4	144,6	1,7	
	— 7	222,4	70,9	77,2	— 41,8		— 3	322,9	75,0	94,4	100,1	53,4	
	— 9	317,1	80,7	68,1	— 93,9		— 5	338,0	88,8	103,1	100,4	45,7	
	— 5	127,1	50,9	39,4	— 36,8		— 8	352,7	109,9	117,1	59,4	66,3	
	— 2	160,4	64,8	53,6	— 30,7		— 4	119,4	46,3	—	30,6	42,5	
	— 5	191,6	75,8	22,6	— 10,7		— 3	248,6	43,3	70,6	84,0	50,7	
	— 7	166,4	69,7	23,8	— 1,4								
	— 10	290,6	92,0	59,2	— 49,9								
	— 2	126,4	40,2	25,1	— 61,1								
Moyenne	— 5 à — 2	132,4	48,2	49,1	— 35,1	Moyenne	— 5 à — 3	135,0	53,6	—	42,4	39,1	
Mean	— 2-3	157,5	60,6	42,6	— 3,0	Mean	— 1-3	348,8	74,7	106,9	120,3	47,0	
	— 4-5	202,7	72,9	28,8	— 5,8		— 4-5	396,8	108,9	126,8	121,7	39,4	
	— 7	215,6	76,8	27,5	— 19,9		— 6-7	424,4	136,4	128,6	99,9	59,5	
	— 9-10	314,6	92,4	74,5	— 46,6		— 8-9	392,8	124,9	119,8	84,3	63,9	

TABLEAU 5  
Teneur en azote et en urée de l'urine et du lait  
Concentration of nitrogen and urea in urine and milk

Lot Group	Sous-alimenté en azote <i>Underfed in nitrogen</i>					Bien alimenté en azote <i>Well fed in nitrogen</i>				
	— 5 à — 2	2-3	4-5	7	9-10	— 5 à — 3	1-3	4-5	6-7	8-9
Semaines avant (—) ou après le vêlage . . . . . <i>Weeks before (—) or after calving</i>	5	3	4	4	4	4	5	3	2	3
Nombre de vaches . . . . . <i>Number of cows</i>	5	3	4	4	4	4	5	3	2	3
Urine : Teneur en azote (g p. cent) . . . . . <i>Urine N concentration (g p. hundred)</i>	0,73	0,70	0,47	0,44	0,92	0,59	0,98	1,07	0,99	0,83
N urée p. cent N total (*) . . . . . <i>N-urea p. cent total N (*)</i>	62	43	17	21	71	53	59	54	49	73
Lait : Teneur en azote (mg/100 g) . . . . . <i>Milk N Concentration (mg/100 g)</i>	—	469	423	419	433	—	489	452	433	449
Teneur en urée (mg/100 ml) (*) . . . . . <i>Urea concentration (mg/100 ml) (*)</i>	—	9,7	7,8	7,4	21,0	—	29,6	30,5	26,9	25,7

(\*) La teneur de l'urine et du lait en urée a été mesurée pour chaque vache dans deux échantillons journaliers. (*The urea concentration in the urine and the milk was measured for each cow in two daily samples.*)

niveau des apports azotés (cf. revue de ROOK, 1961), alors que la teneur du lait en urée est très étroitement liée à celle du plasma en urée, qui est elle-même en étroite relation avec le niveau d'apport azoté de la ration (JOURNET, VÉRITÉ et VIGNON, 1975).

Les quantités d'azote excrétées dans l'urine ont été à peu près les mêmes avant le vêlage (respectivement 49,1 g et 42,4 g pour les lots B et H). Mais pour les 3 premières périodes de mesures effectuées au début de la lactation elle a été beaucoup plus faible dans le lot B que dans le lot H (respectivement 33,0 et 114,0 g). La plus faible quantité d'azote excrétée dans l'urine par les vaches du lot B que par celles du lot H (— 71 p. cent) est due à la réduction d'une part de la quantité d'urine produite (7460 ml contre 10 970 ml, soit — 32 p. cent) et d'autre part de la concentration de l'azote dans l'urine (0,54 g contre 1,01 g p. cent, soit — 47 p. cent). Les quantités d'urine produites ont été normales (LEITCH et THOMSON, 1944); le fait qu'elles aient été moins importantes dans le lot B que dans le lot H est à relier à l'excrétion urinaire d'azote ou à la teneur plasmatique en urée plus faibles chez les vaches du lot B que chez celles du lot H, comme l'ont déjà observé PAQUAY, de BAERE et LOUSSE (1970) et THORNTON (1970b). La concentration de l'azote dans l'urine chez le lot H a été semblable aux valeurs enregistrées par LENKEIT *et al.* (1964) sur des vaches.

La proportion d'azote uréique dans l'azote total a été semblable dans les 2 lots quand ils recevaient la même alimentation (1<sup>re</sup> et dernière périodes de mesure). Mais elle a été beaucoup plus faible dans le lot B que dans le lot H, pendant les 3 périodes intermédiaires (27 p. cent contre 54 p. cent). Au début de la lactation, LENKEIT *et al.* (1964) ont observé des valeurs presque toujours supérieures à 60 p. cent, et souvent à 70 p. cent. Cependant, HUTCHINSON et MORRIS (1936) ont observé dans l'urine de vaches tarées recevant des quantités d'azote réduites des proportions d'azote uréique dans l'azote total de l'ordre de 30 p. cent, et LENKEIT et BECKER (1938, cités par LENKEIT *et al.*, 1964) ont observé chez des moutons qui ingéraient des quantités d'azote très faibles (4,5 g/j) une diminution progressive jusqu'à 1 p. cent de la proportion d'azote uréique dans l'azote total de l'urine.

La plus faible quantité d'azote excrétée dans l'urine par le lot B que par le lot H est due d'une part à une plus faible excrétion d'azote non uréique (environ 23 g/j contre 52 g), mais surtout à une plus faible excrétion d'azote uréique (10 g/j contre 62 g).

#### *Teneurs du sang en différents constituants (tabl. 6)*

Les teneurs du sang en urée ont été assez semblables dans les 2 lots pendant les 2 périodes au cours desquelles les vaches étaient alimentées de façon semblable (pendant la gestation et pendant la dernière période de mesures effectuée au cours de la lactation). Pendant les 3 périodes de mesures au cours desquelles l'alimentation azotée des 2 lots a été différente, la teneur du sang en urée a été 2,7 fois plus élevée en moyenne dans le lot H que dans le lot B (31,8 contre 11,7 mg/100 ml).

La teneur du plasma en acides gras non estérifiés a fortement augmenté dans les 2 lots entre la gestation et la première période de lactation pour atteindre 1 200  $\mu$ eq/l, et elle a diminué ensuite, mais de façon plus importante dans le lot H. Elle a été reliée de façon hautement significative ( $r = -0,373$ ;  $n = 56$ ) au bilan énergétique de la même semaine; cette liaison a cependant été beaucoup moins étroite que celles précédemment rapportées (DECAEN et JOURNET, 1967; RÉMOND, TOULLEC et JOURNET, 1973).

TABLEAU 6  
*Teneur du sang en urée, en glucose, en corps cétoniques et en acides gras non estérifiés*  
*Concentration of urea, glucose, ketone bodies and non esterified fatty acids in blood*

Semaines avant (—) ou après le vêlage Weeks before (—) or after calving	1-2	3-4	5-6	8-9	1-2	3-4	5	8-9
Nombre de vaches Number of cows	7	7	7	7	7	7	7	7
Urée (mg/100 ml de sang) Urea (mg/100 ml of blood) :								
Moyenne (Mean) . . . . .	10,1	11,9	13,0	19,2	39,7	30,1	25,7	21,0
Écart-type (Standard deviation) . . . . .	3,6	6,2	8,6	10,0	7,7	6,9	10,3	6,5
Corps cétoniques totaux (mg acétone/100 ml de sang) Ketone bodies (mg acetone/100 ml of blood) :								
Moyenne (Mean) . . . . .	1,7	4,4	1,8	2,0	5,1	2,8	2,2	1,8
Écart-type (Standard deviation) . . . . .	0,7	3,2	0,9	0,6	2,8	1,4	0,8	0,9
Glucose (mg/100 ml de sang) :								
Moyenne (Mean) . . . . .	423	347	387	462	377	442	419	415
Écart-type (Standard deviation) . . . . .	30	62	52	42	64	73	57	35
Acides gras non estérifiés ( $\mu$ -eq. l. de plasma) :								
Moyenne (Mean) . . . . .	534	1 158	730	645	1 262	770	570	404
Écart-type (Standard deviation) . . . . .	96	814	323	345	385	277	177	129

La teneur du sang en corps cétoniques a varié de façon semblable à celle en acides gras non estérifiés. Pendant la lactation, ces deux teneurs ont été liées de façon hautement significative ( $r = 0,521$ ;  $n = 56$ ).

La teneur du sang en glucose a varié en sens inverse de celle en acides gras non estérifiés et en corps cétoniques, ce que nous avons déjà observé (REMOND, TOUILLEC et JOURNET, 1973).

*Liaisons entre les quantités d'azote ingérées et la composition du sang,  
de l'urine et du lait*

La teneur du sang en urée mesurée pendant la lactation a été liée de façon hautement significative à la quantité d'azote ingérée ( $r = 0,578$ ;  $n = 56$ ; 14 vaches) et à la teneur de la ration en azote ( $r = 0,748$ ;  $n = 56$ ; 14 vaches). Ces résultats sont en accord avec nos propres résultats antérieurs (JOURNET, VÉRITÉ et VIGNON, 1975) et avec les liaisons plus étroites mais obtenues dans des conditions différentes et avec des moutons, présentées par d'autres auteurs (PRESTON, SCHNAKENBERG et PFANDER, 1965; THORNTON, 1970 *b*; EGAN et KELLAWAY, 1971).

La teneur du lait en urée a été liée de façon hautement significative ( $r = 0,829$ ;  $n = 28$ ) à la teneur de la ration en azote, ce qui n'est pas étonnant puisque les teneurs en urée du sang et du lait sont étroitement liées (JOURNET, VÉRITÉ et VIGNON, 1975). Cela confirme les résultats précédemment acquis (cf. revue de ROOK, 1961; ROOK et LINE, 1962). Pour une augmentation de la teneur en MAT de la ration de 1 point pour cent, la concentration de l'urée dans le lait augmente de 2,7 mg pour 100 ml de lait.

La teneur en urée du lait a aussi été liée de façon hautement significative à la quantité d'azote uréique ( $r = 0,812$ ) et d'azote total ( $r = 0,882$ ) excrétée dans l'urine (fig. 2). Compte tenu de l'étroite liaison entre la teneur en urée du lait et

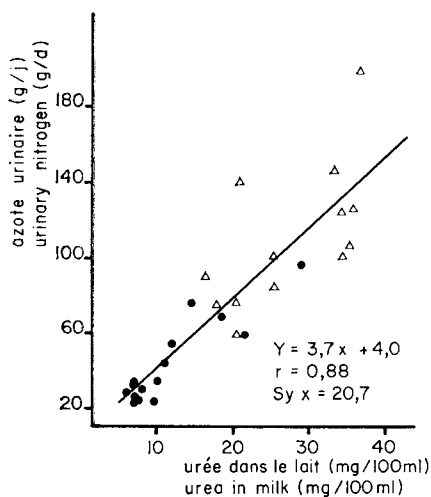


FIG. 2.

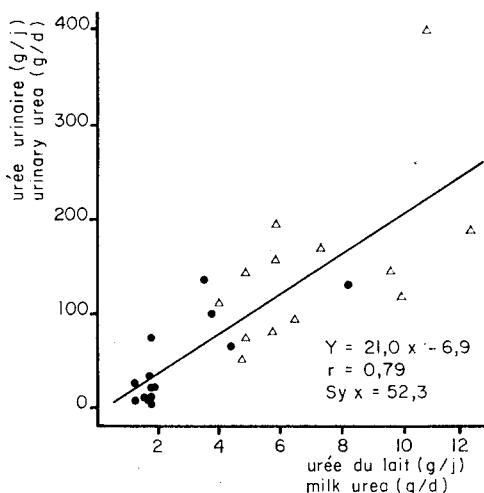


FIG. 3.

FIG. 2 et 3. — Liaisons entre l'urée du lait et l'azote total ou l'urée de l'urine.  
*Relationships between milk urea and total nitrogen or urinary urea.*

- △ Haut niveau d'alimentation azotée; high protein feeding level.
- Bas niveau d'alimentation azotée; low protein feeding level.

celle du sang, ce résultat est en accord avec ceux de EGAN et KELLAWAY (1971) et de THORNTON (1970 *a* et *b*) qui, avec des moutons, ont observé des liaisons hautement significatives entre la teneur du plasma en urée et l'excrétion urinaire d'azote uréique ou total. Le fait que la liaison existe aussi bien avec l'azote uréique qu'avec l'azote total provient de ce que l'azote uréique est le principal facteur de variation de la quantité d'azote excrétée dans l'urine (cf. résultats de HUTCHINSON et MORRIS 1936; THORNTON, 1970*b*).

Les teneurs du lait et de l'urine en urée ont été étroitement liées ( $r = 0,765$ ;  $P < 0,01$ ) et la quantité d'urée excrétée dans le lait a été liée de façon hautement significative à la quantité d'urée excrétée dans l'urine ( $r = 0,791$ , fig. 3). L'excrétion d'urée par l'urine a été beaucoup plus élevée que celle par le lait. La régression indique en effet que pour une augmentation de 1 g de la quantité d'urée excrétée dans le lait, celle excrétée dans l'urine augmente de 21 g.

### Discussion

Le faible nombre d'animaux, le fait que les rations n'ont pas été distribuées en quantités identiques, et la durée relativement courte de la période expérimentale obligent à la prudence. Cependant, les différences importantes entre les quantités de lait produites et celles qui étaient attendues (positives dans le lot bien alimenté en azote et négatives dans l'autre lot) d'une part, et le fait que les productions soient devenues semblables pendant la période post-expérimentale d'autre part, indiquent que l'alimentation azotée a eu une influence importante sur la production laitière dès la 1<sup>re</sup> semaine de lactation. Pendant les semaines suivantes, bien que le lot sous-alimenté en azote ait aussi reçu moins d'énergie, il est raisonnable de penser que la réduction de l'apport azoté a fortement contribué à la diminution de la quantité de protéines sécrétée. Cela confirme les résultats obtenus par VÉRITÉ et JOURNET (1977). Comme l'indiquent les variations de l'aminocidémie libre effectuée sur ces animaux et exposées par ailleurs (CHAMPREDON, RÉMOND et PION, 1977), les acides aminés indispensables les plus limitants ont vraisemblablement été la lysine et la méthionine dont la teneur n'a pas été plus élevée dans le lot H que dans le lot B.

Les bilans azotés que nous avons mesurés pendant la fin de la gestation sont comparables à ceux publiés par PIATKOWSKI (1962) et PIATKOWSKI et RASCH (1964). Mais nos bilans au début de la lactation sont sensiblement plus élevés que ceux enregistrés par d'autres auteurs à des périodes comparables (PIATKOWSKI, 1962; LÉNKEIT *et al.*, 1967; SCHIEMANN *et al.*, 1974), et que le laisseraient supposer les bilans azotés calculés. Cela donne à penser qu'ils sont surévalués. Quelle en est la raison? Compte tenu de nos installations expérimentales pour l'alimentation et des analyses effectuées sur les aliments distribués et refusés, une erreur systématique sur les quantités d'azote ingérées est peu probable. Il en est de même des mesures sur le lait. La quantité d'azote excrétée dans les fèces a pu être légèrement sous-estimée (cf. ci-avant). La perte n'est pas chiffrable mais a été faible. C'est surtout la quantité d'azote excrétée dans l'urine qui paraît faible puisque dans le lot B elle s'est abaissée jusqu'à 27 g/j au cours de la semaine 7 (soit environ 0,23 g/kg de poids métabolique), ce qui correspond environ à la moitié des apports recommandés pour l'entretien (de l'ordre de 0,5 g d'N digestible par kg de poids métabolique pour LEROY, et 0,48 g pour HENSELER *et al.*, 1973); mais ce chiffre est supérieur toutefois à l'excrétion d'azote urinaire endogène qui est de

0,12 g/kg de poids métabolique (ARC, 1965). Les quantités d'azote urinaire que nous avons enregistrées sont du même ordre de grandeur que celles excrétées par des vaches tarées recevant peu d'azote (HUTCHINSON et MORRIS, 1936; PAQUAY, de BAERE et LOUSSE, 1972). Elles sont à relier à la très faible proportion de l'urée dans l'azote total de l'urine. Les quantités journalières d'azote excrétées dans l'urine par les animaux bien alimentés en azote sont supérieures de 40 à 50 g aux valeurs observées par LENKEIT *et al.* (1967) qui distribuaient des quantités plus faibles d'azote à leurs animaux (250 à 260 g/j), mais elles sont inférieures de 10 à 50 g aux valeurs enregistrées par PIATKOWSKI (1962) et SCHIEMANN *et al.* (1974) pour des quantités d'azote ingérées et un stade de lactation semblables.

Bien que les bilans azotés paraissent élevés, la comparaison des 2 lots n'en est pas moins intéressante. Elle montre en effet que pour une ingestion d'azote inférieure de 198 g/j (— 51 p. cent), les vaches sous-alimentées en azote ont, par rapport aux autres animaux, diminué leur excrétion d'azote dans les fèces de 37 g (— 34 p. cent), dans l'urine de 81 g (— 71 p. cent) et dans le lait de 30 g (— 25 p. cent). Mais le bilan des vaches sous-alimentées a été moins favorable que celui des autres vaches de 51 g. En cas de sous-alimentation azotée, la vache est donc capable de réduire considérablement son excrétion d'azote, en particulier dans l'urine et de mobiliser ses réserves protéiques corporelles. Cela est attesté par la teneur très élevée du sang en glycine (cf. CHAMPREDON, RÉMOND et PION, 1977) qui est considérée comme une indication de la mobilisation des protéines corporelles musculaires et osseuses (HALFPENNY, ROOK et SMITH, 1969; CHAMPREDON et PION, 1972). Cependant, cette économie d'azote et la mobilisation des protéines corporelles ne sont pas suffisantes pour empêcher la réduction de la production laitière.

Les liaisons entre la quantité d'azote ingérée et l'urée du sang, du lait et de l'urine sont intéressantes à considérer. Comme la concentration de l'urée dans le sang à laquelle elle est étroitement corrélée, la teneur en urée du lait est liée d'une part à la teneur en azote de la ration, et d'autre part, à la quantité et à la concentration de l'urée excrétée dans l'urine. Comme l'ont déjà suggéré ROOK et LINE (1962), la teneur en urée du lait pourrait donc être un critère particulièrement intéressant de l'état de satisfaction des besoins azotés des vaches en lactation. Par rapport à la concentration de l'urée sanguine, la concentration de l'urée dans le lait pourrait présenter l'avantage, outre le fait de ne pas nécessiter de prise de sang, de mieux refléter l'état de nutrition azotée moyen. La teneur du sang en urée peut en effet varier de façon importante au cours de la journée, en fonction, en particulier, de l'heure de la prise de sang par rapport à l'ingestion des aliments (COGGINS et FIELD, 1976).

Un bon démarrage de la lactation nécessite donc que les sous-alimentations énergétique et azotée soient limitées. D'ailleurs, divers auteurs (cf. introduction) ont récemment recommandé une augmentation de la teneur en azote de la ration pendant les premières semaines de la lactation. Un des moyens de limiter la sous-alimentation azotée sans apporter des quantités trop importantes de tourteaux est de distribuer du tourteau traité au formol en quantité décroissante au cours des 5 à 6 premières semaines de lactation. Cette méthode a déjà donné des résultats très intéressants (VÉRITÉ, HODEN et JOURNET, 1974) et est appelée à se développer pour l'alimentation des vaches fortes productrices.

## Summary

### *Effect of the dietary level of protein during early lactation on milk production and nitrogen utilization in cows*

Using 2 groups of 8 cows, the influence of a severe protein underfeeding (associated with an energy underfeeding) during early lactation on nitrogen metabolism and milk production, was studied. All the animals received a restricted amount of a diet of constant composition (40 p. cent dry beet pulp, 30 p. cent concentrate, 20 p. cent straw and 10 p. cent hay). During the last month of pregnancy, the feeding schedule, established according to requirements, was the same for all animals. During the first 7 weeks of lactation, one group (H) received a high protein level (by a partial substitution of soyabean meal for barley) and the other group (B) a low level (protein underfeeding). From the 8th week, all cows were again fed according to requirements and were kept in the cow-shed until the 10th week and then on pasture.

We measured the milk production and composition, the liveweight of the animals, the nitrogen balance in 9 of them 5 times (once at the end of pregnancy, 3 times between the 2nd and the 7th week, once at the 9th or the 10th week) as well as the concentration of several constituents, especially urea, in the milk, the blood and the urine. The experimental scheme is given in Table 1.

The principal results were the following:

1) Protein underfeeding led to a decrease in the milk production which could not, however, be accurately determined since the protein underfed group was also energy underfed (fig. 1 and Table 3).

2) Underfeeding did not limit the mobilization of body reserves since the liveweight loss during early lactation was 33 kg in group H and 52 kg in group B (Table 3).

3) The protein underfed cows received daily 198 g protein less (— 51 p. cent) than the other cows during the first 3 periods of nitrogen balance measurements at the beginning of lactation. The nitrogen output in the faeces decreased by 37 g (— 34 p. cent) in the urine by 81 g (— 71 p. cent) and in the milk by 30 g (— 25 p. cent) (Table 4).

4) The urea concentrations in the blood and the milk were much lower in the underfed group than in the other one (11.7 versus 31.8 mg/100 ml blood and 8.3 mg versus 29.0 mg/100 ml milk, respectively). The proportion of urea N in the total urinary N was lower in the underfed group than in the other one (27 p. cent versus 54 p. cent) (Table 5).

5) The urea concentrations in the blood and the milk were highly correlated with the dietary protein level ( $r = 0.748$  and  $0.829$ , respectively). The urea concentration in the milk was also highly correlated ( $r = 0.882$ ) with the urinary excretion of nitrogen (fig. 2).

These results show that in spite of the capacity of the cows to spare nitrogen, in particular by reducing the urinary N-excretion, a severe protein underfeeding leads to a substantial decrease in the milk production. Accordingly, on the basis of these and other results it seems advisable to feed high yielding cows with a high protein diet during early lactation.

## Références bibliographiques

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1965. The nutrient requirements of farm animals. N° 2 : *Ruminants*, p. 187.
- BROSTER W. H., 1972. Effect on milk yield of the cow of the level of feeding during lactation. *Dairy Sci. Abstr.*, **34**, 265-288.
- BROSTER W. H., 1974. Response of the dairy cow to level of feeding. *Bien. Rev. Nat. Inst. Res. Dairy.*, 14-34.
- BROSTER W. H., BINES J. A., 1974. Meeting the protein requirements of the dairy cow. *Proc. Br. Soc. Anim. Prod.*, **3**, 59-67.
- CHAMPREDON C., PION R., 1972. Évolution de l'aminocidémie libre de chèvres au début de la lactation. *C. R. Soc. Biol.*, **166**, n°s 2-3, 378-381.
- CHAMPREDON C., RÉMOND B., PION R., 1977. Influence d'une sous-alimentation énergétique et azotée sur l'aminocidémie libre de vaches laitières en début de lactation. *C. R. Soc. Biol.*, **171**, (1), 60-66.

- COGGINS C. R. E., FIELD A. C., 1976. Diurnal variation in the chemical composition of plasma from lactating beef cows on three dietary energy intakes. *J. agric. Sci.*, **86**, 595-602.
- COPPOCK C. E., TYRREL H. F., MERRILL W. G., REID J. T., 1968. The significance of protein reserve to the lactating cow. *Proceed. Cornell Nutr. Conf. for Feed manufacturers*, p. 86-94.
- DECAEN C., JOURNET M., 1967. Évolution, au début de la lactation, de la sécrétion des principaux acides gras du lait et de la concentration en acides gras libres du sang chez la vache. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **7**, 131-143.
- DOLE V. P., MEINERTZ H., 1960. Determination of long chain fatty acids in plasma and tissues. *J. Biol. Chem.*, **235**, 2595-2599.
- EGAN A. R., KELLAWAY R. C., 1971. Evaluation of nitrogen metabolites as indices of nitrogen utilization in sheep given frozen and dry mature herbage. *Br. J. Nutr.*, **26**, 335-351.
- FLATT W. P., MOE P. W., MUNSON A. W., COOPER T., 1969. Energy utilization by high producing dairy cows. II. Summary of energy balance experiments with lactating Holstein cows. *Proceed. 4th Symposium held at Warsaw. Oriel Press Limited*, p. 235-251.
- GORDON F. J., FORBES T. J., 1970. The associative effect of level of energy and protein intake in the dairy cow. *J. Dairy Res.*, **37**, 481-491.
- HALFPENNY A. F., ROOK J. A. F., SMITH G. H., 1969. Variations with energy nutrition in the concentrations of amino acids of the blood plasma in the dairy cow. *Br. J. Nutr.*, **23**, 547-557.
- HENSELER G., JENTSCH W., SCHIEMANN R., WITTENBURG H., 1973. Die Verwertung der Futterenergie für die Milch Produktion. 6. Der Energieumsatz von Hochleistungskühen in der Endphase der Trächtigkeit. *Arch. Tierernähr.*, **23**, 353-384.
- HUTCHINSON J. C. D., MORRIS S., 1936. The digestibility of dietary protein in the ruminant. I. Endogenous nitrogen excretion on a low nitrogen diet and in starvation. *Biochem. J.*, **30**, 1682-1695.
- JOURNET M., JARRIGE R., 1960. Évolution de la sécrétion des matières grasses, des matières azotées et du lactose au cours du premier mois de lactation. *Ann. Zootech.*, **9**, 133-155.
- JOURNET M., VERITE R., VIGNON B., 1975. L'azote non protéique du lait : facteurs de variation. *Le Lait*, **543-544**, p. 212-223.
- JOURNET M., REMOND B., 1976. Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows: a review. *Livest. Prod. Sci.*, **3**, 129-146.
- LEITCH I., THOMSON J. S., 1944. The water economy of farm animals. *Nutr. Abstr. Rev.*, **14**, 197-223.
- LENKEIT W., MOLNAR S., FRIEDE H. J., RISTO G., 1964. Veränderung der Harnzusammensetzung während des Graviditäts — Laktations — Zyklus bei Milchkühen. I. Verlauf der Harnstoffausscheidungen während des Graviditäts — Laktations — Zyklus bei Milchkühen. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, **19**, 205-220.
- LENKEIT W., FRIEDE H. J., HELFFERICH B., GUTTE J. O., 1967. Langfristige Untersuchungen über den Umsatz von N, P und Ca und über die energetische Futterverwertung bei zwei Milchkühen. III. — Der stickstoffumsatz. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, **23**, 181-186.
- MICHEL M. C., 1971. Analyse quantitative de quelques substances azotées et glucidiques en milieu biologique. Essai de rationalisation. Thèse Docteur d'Université de Clermont-Ferrand.
- PAQUAY R., DE BAERE R., LOUSSE A., 1970. Statistical research on the fate of water in the adult cow. 2. The lactating cow. *J. agric. Sci.*, **75**, 251-255.
- PAQUAY R., DE BAERE R., LOUSSE A., 1972. The capacity of the mature cow to lose and recover nitrogen and the significance of protein reserves. *Br. J. Nutr.*, **27**, 27-37.
- PIATKOWSKI B., 1962. Untersuchungen über den Stoffwechsel an Hochleistenden Kühen während der Trockenperiode und Laktation. I. Proteinstoffwechsel. *Arch. Tierernähr.*, **12**, 75-92.
- PIATKOWSKI B., RASCH D., 1964. Untersuchungen über den Proteinstoffwechsel an hochträchtigen Zwillingsfärsen. *Arch. Tierernähr.*, **14**, 47-54.
- PRESTON R. L., SCHNAKENBERG D. D., PFANDER W. H., 1965. Protein utilization in ruminants. I. Blood urea nitrogen as affected by protein intake. *J. Nutr.*, **86**, 281-288.
- PROCS J., 1961. Modifications of the spectrophotometric determination of ketone bodies in blood enabling the total recovery of beta-hydroxybutyric acid. *Clin. Chem.*, **7**, 97-106.
- REMOND B., CHAMPREDON C., DECAEN C., PION R., JOURNET M., 1971. Influence d'un apport de DL-méthionine à des vaches au début de la lactation sur la production laitière et la composition du sang. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **11**, 455-469.
- REMOND B., TOULLEC R., JOURNET M., 1973. Évolution chez la vache laitière des teneurs de différents constituants du sang à la fin de la gestation et au début de la lactation. Relations avec la sécrétion des matières grasses du lait. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **13**, 363-380.

- ROOK J. A. F., 1961. Variations in the chemical composition of the milk of the cow. *Dairy Sci. Abstr.*, **23**, 251-258.
- ROOK J. A. F., LINE C., 1962. The influence of the level of dietary protein on the yield and chemical composition of milk. In: 16<sup>e</sup> Congrès International de Laiterie, Copenhague, Vol. A, Section I, 57-63.
- SATTER L. D., ROFFLER R. E., 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **58**, 1219-1237.
- SCHIEMANN R., HENSELER G., JENTSCH W., WITTENBURG H., 1974. Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion. 8. Energieumsatzmessungen an Hochleistungskühen im Frühstadium der Laktation. *Arch. Tierernähr.*, **24**, 105-137.
- SPARROW R. C., HEMKEN R. W., JACOBSON D. R., BUTTON F. S., ENLOW C. M., 1973. Three protein percents on nitrogen balance, body weight change, milk production and composition of lactating cows during early lactation. *J. Dairy Sci.*, **56**, 664 (Abstr.).
- THORNTON R. F., 1970a. Urea excretion in ruminants. I. Studies in sheep and cattle offered the same diet. *Aust. J. agric. Res.*, **21**, 323-336.
- THORNTON R. F., 1970b. Factors affecting the urinary excretion of urea nitrogen in cattle. II. The plasma urea nitrogen concentration. *Aust. J. agric. Res.*, **21**, 145-152.
- VAN ES A. J. H., 1972. Energy and protein intake and requirements of dairy cattle, on a whole year basis. Study commissions. Meeting EAAP Verona, 1972, 1-15.
- VERITE R., JOURNET M., 1973. Complémentation des rations à base d'ensilage de maïs en début de lactation. *Bull. Techn. C.R.Z.V.*, Theix, I.N.R.A., **11**, 41-46.
- VERITE R., HODEN A., JOURNET M., 1974. Utilisation des tourteaux traités au formol par les vaches laitières. *Bull. Techn. C.R.Z.V.*, Theix, I.N.R.A., **18**, 5-10.
- VERITE R., JOURNET M., 1977. Utilisation des tourteaux traités au formol par les vaches laitières. II. Effets sur la production laitière du traitement des tourteaux et du niveau d'apport azoté au début de la lactation. *Ann. Zootech.* **26**, 183-205.
-