

Maîtrise de la composition du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques ⁽¹⁾

Les producteurs de lait accordent depuis quelques années de plus en plus d'importance à la qualité de leur produit, qu'il s'agisse de sa composition chimique ou de sa qualité bactériologique. Le mode de paiement du lait ainsi que la limitation de la production les ont fortement sensibilisés à ces critères. Jusqu'en 1990, l'objectif essentiel était de produire le lait le plus riche possible en matière utile avec cependant une incitation financière de plus en plus importante accordée à la teneur en protéines. Depuis cette année, avec la mise en application des quotas sur la base de la matière grasse, l'objectif visé est de produire un lait de taux protéique élevé mais de taux butyreux modéré.

Les principaux facteurs de variation de la composition chimique du lait sont bien connus. Ils sont liés à l'animal (facteurs génétiques, stade physiologique, état sanitaire) ou au milieu (saison, alimentation, traite). Parmi ces facteurs, certains agissent dans le même sens sur les taux butyreux et protéique (stade physiologique, saison) et peuvent entraîner des variations de 5 à 7 g/kg entre les mois extrêmes selon les situations (Coulon *et al* 1991). L'éleveur n'a naturellement que peu de moyens

d'action sur cet ensemble de facteurs qui interagissent fortement. Il peut cependant, en choisissant la date de vêlage, modifier l'amplitude des variations saisonnières de la composition du lait (figure 1). Il est donc nécessaire d'avoir une bonne connaissance des phénomènes et mécanismes qui régissent les synthèses de protéines et de matières grasses et leur concentration dans le lait, tout en tenant simultanément compte de l'état sanitaire de l'animal. Les facteurs zootechniques qui sont la génétique et l'alimentation restent les principaux leviers d'action. La sélection peut, selon les critères retenus, entraîner une amélioration, un maintien, ou une dégradation des taux. La mise à la disposition des « index » séparés pour le choix des taureaux permet d'orienter la composition du lait selon le sens souhaité. Mais la sélection, premier facteur zootechnique à prendre en compte, n'a d'effet qu'à long ou moyen terme alors que l'alimentation agit rapidement. D'autre part, pour une race donnée, il existe une liaison génétique positive assez forte entre les taux butyreux (TB) et protéique (TP). Une sélection sur des TP élevés et des TB faibles est donc difficile à mettre en oeuvre (Bonaïti 1985).

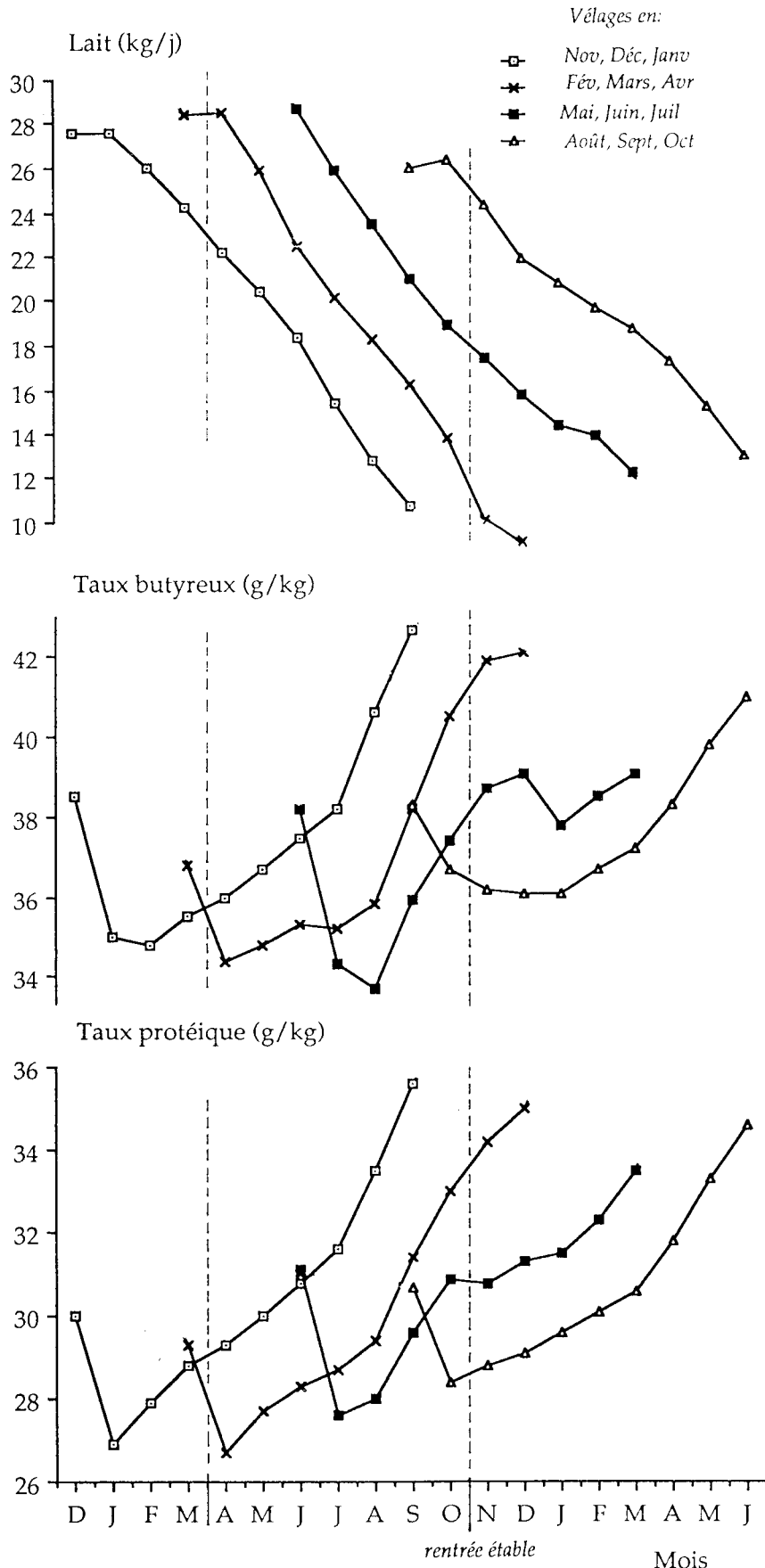
Par ailleurs, les taux butyreux et de protéines résultant de rapports entre les quantités de

Résumé

La composition chimique du lait dépend de facteurs liés à l'animal et au milieu. Parmi ces derniers, l'alimentation joue un rôle important : elle permet d'agir à court terme et de manière différente sur les taux de matières grasses et de protéines. Le taux protéique varie dans le même sens que les apports énergétiques (+ 0,6 g/kg par UFL supplémentaire aux alentours des recommandations). Il peut aussi être amélioré par des apports spécifiques en acides aminés (lysine et méthionine). Il est presque toujours diminué par l'adjonction de lipides, même protégés, dans la ration. Le taux butyreux dépend à la fois de la part d'aliment concentré dans la ration (et, quand celle-ci est élevée, de la nature de ces aliments concentrés), et du mode de présentation et de distribution de la ration (finesse de hachage, nombre de repas, mélange des aliments). Il peut être sensiblement augmenté par l'utilisation de certains aliments (ensilage de maïs, betteraves, lactosérum) ou additifs (substances tampons, monopropylène glycol). Il est donc possible de modifier sensiblement et dans des sens opposés le taux butyreux et le taux protéique. Dans l'avenir, des moyens synthétiques et objectifs d'appréciation de la qualité des rations (indice de fibrosité) devraient permettre d'améliorer la gestion des variations de ces taux.

(1) Ce texte développe une note de synthèse présentée à l'ONILAIT le 15 mars 1991.

Figure 1. Evolution de la production et de la composition du lait selon la période de vêlage (Agabriel et al 1990).



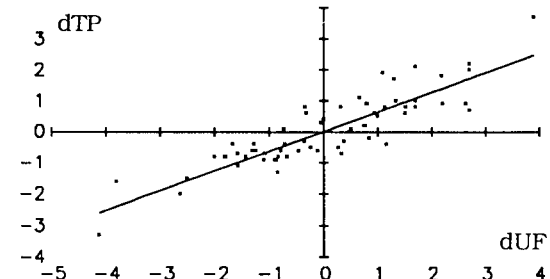
matière utile et la production laitière, il n'est pas possible de dissocier les variations de la composition du lait de celles des productions.

Sans perdre de vue cet ensemble de facteurs qu'il convient de hiérarchiser dans chacune des situations (Coulon 1991), nous nous intéressons essentiellement aux moyens nutritionnels dont disposent les éleveurs pour produire un lait relativement pauvre en matières grasses et riche en matières protéiques afin d'améliorer son aptitude technologique.

MOYENS D'ACTION

L'objectif recherché est de produire un lait dont le rapport TP/TB soit le plus élevé possible (0,79 en moyenne en France mais variant de 0,87 à 0,75 selon les départements - CNIEL 1990). Le taux de protéines est lié positivement au niveau général d'alimentation (augmentation d'environ 0,6 g par UFL aux alentours des recommandations ; Coulon et Rémond 1991) (figure 2). En conséquence, il est indispensable d'assurer la couverture des besoins des animaux et d'agir sur la possibilité de synthèse des matières grasses du lait par l'intermédiaire de la nature des apports nutritifs ou/et de la forme de présentation des aliments. Ce mode d'intervention ne devra cependant pas nuire à l'état sanitaire (acidose, indigestion...) de l'animal ni à sa carrière (reproduction). Il s'effectuera en infléchissant les orientations fermentaires au niveau du rumen (acides gras volatils) vers une réduction du rapport : acides acétique et butyrique/propionique et/ou en améliorant la qualité de la nutrition azotée (Rulquin et al 1991). De manière pratique, des facteurs généraux et spécifiques sont à envisager.

Figure 2. Réponse du taux protéique du lait (dTP, g/kg) aux variations des apports énergétiques (dUF, UFL/j) (synthèse de 33 essais en milieu de lactation, Coulon et Rémond 1991).



1 / Facteurs généraux

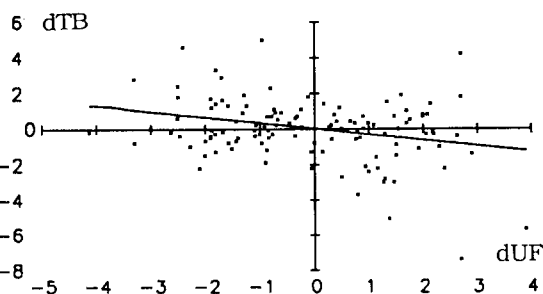
1.1 / La proportion d'aliment concentré

Dans les conditions normales de présentation des aliments de la ration de base (hachage des ensilages, absence de fourrages broyés et agglomérés), le taux butyreux est peu modifié jusqu'à environ 35-40 % de concentré dans la matière sèche de la ration totale (Journet et Chilliard 1985). La nature de l'aliment complémentaire utilisé (diverses céréales, co-produits celluloseux...) a dans ces conditions peu d'in-

fluence sur la composition du lait (Coulon *et al* 1989, Hoden *et al* 1990) (tableau 1).

Ce n'est qu'avec des proportions plus importantes d'aliments concentrés (40 à 65 %) que le taux butyreux peut diminuer de façon importante (3 à 10 g/kg) selon le type d'aliment complémentaire et/ou la nature du fourrage utilisé. La diminution sera plus sensible avec des céréales qu'avec des co-produits celluloseux (sons, pulpes de betteraves) (Coulon *et al* 1989), surtout avec les régimes à base de foin ou d'ensilage d'herbe. Simultanément, le taux protéique est alors généralement amélioré mais avec une amplitude de variation plus faible (3 à 4 fois moins), en raison le plus souvent de l'augmentation de niveau des apports énergétiques. Il est important de noter que la liaison entre les apports énergétiques et le taux butyreux peut être très variable selon la nature et la modalité des apports (figure 3). Ainsi, une augmentation de ces apports via un accroissement de la part de l'ensilage de maïs dans une ration conduira plutôt à une augmentation du taux butyreux.

Figure 3. Réponse du taux butyreux du lait (dTB, g/kg) aux variations des apports énergétiques (dUF, UFL/j) (synthèse de 66 essais, Coulon et Rémond 1991).



Par ailleurs, pour des raisons sanitaires, l'utilisation de régimes à fortes proportions d'aliments concentrés nécessite de mettre en œuvre tous les moyens permettant de régulariser les apports au cours de la journée (augmentation du nombre de distributions, mélange des aliments...).

1.2 / La structure fibreuse de la ration

De façon générale, la réduction des aliments en particules de plus en plus fines se traduit par une diminution du taux butyreux comme dans le cas des régimes riches en aliments concentrés (Journet et Hoden 1973, Grant *et al* 1990) (tableau 2). Ceci peut se produire avec des ensilages finement hachés, voire broyés, surtout s'ils sont associés à une forte complémentation et à des aliments concentrés broyés et agglomérés. En vue de préserver l'état de santé de l'animal, il sera nécessaire, dans certains cas, d'apporter une petite quantité (1 à 2 kg) de fourrage long tel que du foin. La possibilité de maîtriser le taux butyreux à partir d'un critère simple et synthétique de la fibrosité de la ration n'est malheureusement pas encore disponible (Sauvant *et al* 1990), même si le taux butyreux diminue assez souvent en dessous de 18 % de cellulose brute dans la ration totale.

Tableau 1. Effets de la nature du concentré (riche en parois ou en amidon) sur les performances des vaches laitières, selon la proportion de concentré dans la ration (d'après Coulon *et al* 1989).

% de concentré dans la ration	< 50	> 50
Nombre d'essais	26	5
Ecart entre les lots « parois » et « amidon » :		
lait 4 % (kg/j)	+ 0,3	+ 1,3
taux butyreux (g/kg)	+ 0,1	+ 3,3
taux protéique (g/kg)	- 0,3	- 0,8

Tableau 2. Effets de la finesse de hachage d'une ration (55 % de foin de luzerne - 45 % de concentré) sur les performances des vaches laitières (d'après Grant *et al* 1990).

Hachage	fin	grossier
lait (kg/j)	28,3	28,0
taux butyreux (g/kg)	29,0	37,0
taux protéique (g/kg)	30,0	31,0
Quantités ingérées (kg MS/j)	23,0	22,4

Ces types de critères (ligno-cellulose ou ADF, parois cellulaires ou NDF, amidon...) à eux-seuls, ne donnent généralement pas satisfaction parce qu'ils n'intègrent pas l'ensemble des phénomènes (Hoden *et al* 1990, Sauvant *et al* 1991). Ils ne tiennent pas compte de la nature des glucides de la paroi ni de la taille des particules pour assurer une rumination suffisante. Des travaux actuels sont en cours au travers d'un concept de la fibrosité (temps de mastication/kg MS) mais il n'est pas encore possible de prendre en compte ce critère dans les recommandations alimentaires.

1.3 / La qualité de la nutrition azotée

Les vaches laitières de haut niveau ont des besoins spécifiques en certains acides aminés (lysine, méthionine...) qu'il convient d'apporter en vue d'améliorer l'efficacité d'utilisation des protéines (PDI) et d'extérioriser leurs potentialités. Dans ce cas, les récents travaux sur la nutrition azotée démontrent qu'il est possible d'augmenter le taux protéique (d'environ 1 g/kg) sans modifier le taux butyreux (amélioration du rapport TP/TB) (Rulquin 1992, tableau 3). Les effets positifs de cette technique ont été observés essentiellement avec des animaux bien alimentés en énergie et en azote et recevant des rations à base d'ensilage de maïs. D'un point de vue pratique, l'apport des acides aminés les plus limitants s'effectuera de manière raisonnée à partir de sources de protéines (tourteaux de soja et colza protégés, protéines animales) riches en ces éléments. A l'avenir, il devrait être possible de disposer d'acides aminés de synthèse correctement protégés de la dégradation dans le rumen.

1.4 / L'apport de lipides alimentaires

La supplémentation en lipides des rations entraîne presque toujours une diminution du taux protéique (Morand-Fehr *et al* 1986), même lorsqu'ils sont protégés (tableau 4) ; celle-ci est cependant moins marquée en début qu'en

Le hachage fin des fourrages conduit à une diminution du TB, surtout lorsqu'il est associé à un apport important de concentré.

Tableau 3. Effets de l'association d'apports post-ruminaux de méthionine ou de lysine sur les performances des vaches laitières (d'après Rulquin 1992). Réponses par rapport au lot non complétement.

Apport postruminal	Met ou Lys	Met et Lys	(ETR)
Essais	25	96	
Productions			
lait (kg/j)	- 0,1	0,2	(0,9)
protéines (g/j)	5	35	(34)
matières grasses (g/j)	13	3	(49)
Composition du lait			
protéines (g/kg)	0,4	1,1*	(0,7)
matières grasses (g/kg)	0,4	- 0,2	(1,6)

* = les réponses d'une même ligne sont différentes à $P < 0,05$.

milieu de lactation (Doreau et Chilliard 1991). Les effets sur le taux butyreux sont beaucoup plus variables et dépendent en particulier du type de régime utilisé et de la nature des sources de lipides (Morand-Fehr *et al* 1986, Doreau et Chilliard 1991). Les augmentations sont d'autant plus fortes que les rations sont pauvres en acides gras (foins et ensilages d'herbe). Les réponses diminuent puis deviennent négatives dès que la teneur en acides gras (non protégés) de la ration dépasse en moyenne 6 %. Lorsque différentes sources lipidiques sont comparées, le taux butyreux est plus élevé avec les matières grasses pauvres en acides gras polyinsaturés (suif, huile de palme) qu'avec les riches et, parmi celles-ci, avec les graines oléagineuses qu'avec les huiles correspondantes.

Un apport de lipides, même protégés, entraîne une diminution du taux protéique.

2 / Facteurs spécifiques : les aliments

2.1 / Le maïs plante entière

Sous forme d'ensilage, le maïs plante entière est un aliment favorable à la synthèse des matières grasses en raison essentiellement des orientations fermentaires dans le rumen (l'amidon fermenté est favorable à la production d'acide butyrique) et à la richesse en lipides du grain de maïs. Il est probablement le principal responsable alimentaire du maintien, voire de l'amélioration du taux butyreux au cours de la dernière décennie. Dans les conditions classiques d'utilisation de l'ensilage de maïs, et lorsque celui-ci représente une part importante des fourrages de la ration de base (plus des deux-

tiers), il sera donc difficile de produire des laits à faibles teneurs en matières grasses.

Présenté sous forme sèche, après broyage et agglomération, le maïs plante entière n'induit pas les mêmes orientations fermentaires qu'ensilé et constituerait au contraire un moyen efficace de réduire la synthèse des matières grasses. Ceci est à attribuer à la proportion élevée de grains de maïs non fermentés (amidon en l'état) dans la plante (45 à 50 % de la matière sèche) et à l'apport de fines particules.

2.2 / Autres fourrages conservés

Les graminées et les légumineuses présentées sous forme de foins ou d'ensilages conduisent globalement à des taux butyreux plus faibles (de 3 à 4 g/kg en moyenne) que les régimes à base d'ensilage de maïs. Les apports d'aliments concentrés généralement plus élevés avec ces régimes expliquent aussi une part des orientations fermentaires ruminales moins favorables à la synthèse des matières grasses. En pratique, le taux protéique observé avec ces rations est généralement aussi plus faible (1 à 2 g) mais essentiellement en raison d'un niveau d'apports nutritifs souvent plus réduit qu'avec l'ensilage de maïs.

2.3 / Le pâturage

L'herbe verte a des effets comparables sur le taux butyreux à ceux observés avec les fourrages conservés autres que le maïs. Dans ces conditions, il est classique d'observer une chute relativement importante (2 à 3 g/kg), mais parfois de courte durée, du taux butyreux lors de la mise à l'herbe lorsque les vaches recevaient préalablement une ration à base d'ensilage de maïs, mais, à l'inverse, des augmentations sensibles lorsque cette ration était à base de foin ou d'ensilage d'herbe (Hoden *et al* 1985) (figure 4). Simultanément, quel que soit le régime de base utilisé en fin d'hiver, le taux protéique sera d'autant plus amélioré (jusqu'à 2 g/kg) que l'alimentation hivernale aura été plus déficitaire. Ainsi, à la mise à l'herbe, il n'est pas rare d'observer une réduction importante des écarts (de 3 à 5 g/kg) entre les taux butyreux et de protéines selon les situations (Agabriel *et al* 1991, DRAF 1991). Durant la saison de pâturage, la composition du lait sera sous la dépendance des effets saisonniers (diminution des taux lors des jours longs), des variations de la composition en acides gras volatils du rumen et surtout du niveau d'alimentation (faible taux protéique en période de pénurie fourragère estivale).

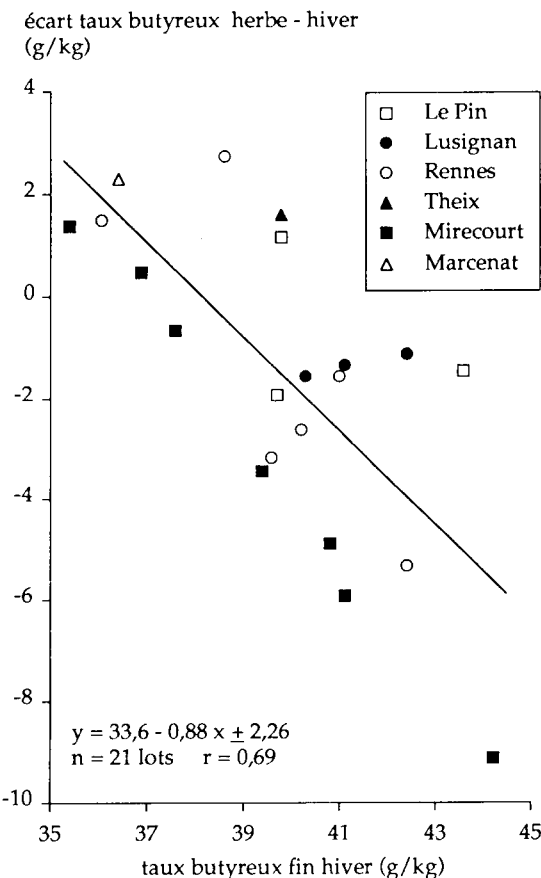
Tableau 4. Effet des matières grasses protégées sur les performances des vaches laitières (écart par rapport au lot témoin) (d'après Chilliard *et al* 1992).

Source de matières grasses	Huiles enrobées de protéines tannées	Graisses saturées enrobées de protéines tannées	Savons de calcium
Nombre d'essais	20	26	29
Quantité de MG (g/j)	690	940	590
Lait (kg/j)	0,0	+ 1,0	+ 0,9
Taux protéique (g/kg)	- 0,8	- 1,8	- 1,2

2.3 / Aliments complémentaires de la ration

L'influence sur le taux butyreux de l'apport (3 à 4 kg de matière sèche) d'aliments complémentaires à une ration de base dépendra de leurs effets spécifiques sur les orientations fermentaires dans le rumen. Ainsi, l'apport de betteraves ou de mélasse de betteraves, de lactosérum ou d'ultrafiltrat se traduira par une augmentation d'autant plus sensible du taux butyreux que celui-ci est faible (Hoden *et al* 1985, Journet et Chilliard 1985). Elle sera pratiquement nulle (avec les rations à base d'ensilage de maïs (sauf avec du lactosérum) mais pourra atteindre de 3 à 5 g/kg de lait avec certains régimes (graminées ou légumineuses) surtout si la proportion d'aliments concentrés est élevée. Cet effet est à relier à une production accrue d'acide butyrique et au pouvoir tampon élevé résultant des sucres (saccharose, lactose) arrivant dans le rumen. Les pulpes de betteraves et les drêches de brasserie considérés comme aliments concentrés auront des effets variables sur le taux butyreux selon les types de rations (ensilages de maïs vs ensilages d'herbe et foin) et la proportion d'aliments concentrés mais leur tendance générale sera de faire baisser le taux butyreux (0,5 à 3 g/kg) (Hoden *et al* 1985, Journet et Chilliard 1985).

Figure 4. Variations du taux butyreux lors de la mise à l'herbe en fonction du taux butyreux en fin d'hiver (résultats obtenus dans 6 domaines INRA, Hoden *et al* 1985).



2.4 / Additifs

Certains additifs alimentaires peuvent agir sur le taux butyreux (figure 5). Ainsi, le bicarbonate de sodium (substance tampon qui permet de limiter les chutes de pH dans le rumen) et l'oxyde de magnésium (qui augmenterait le prélèvement d'acides gras au niveau de la mamelle) peuvent accroître le taux butyreux en complément de rations particulières (richesse

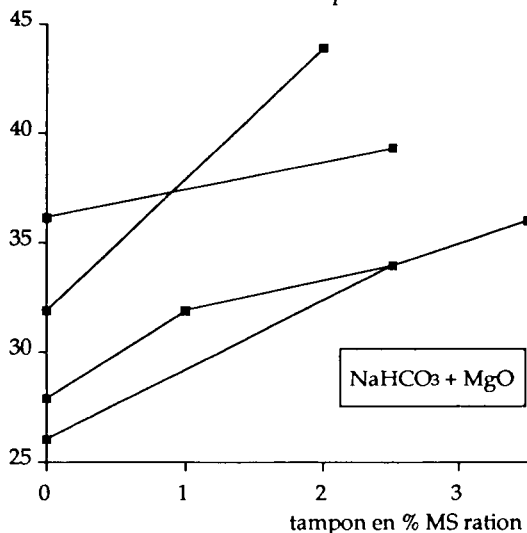
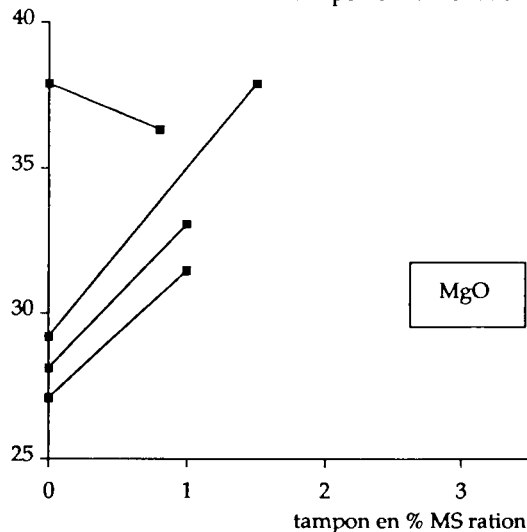
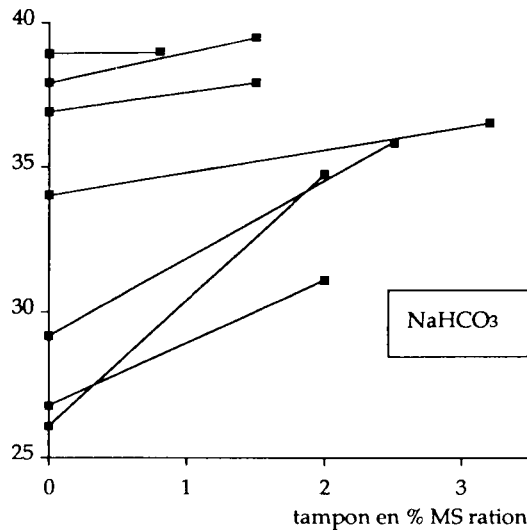


Figure 5. Effet des substances tampons sur le taux butyreux du lait (récapitulatif d'essais, Journet et Chilliard 1985).

en aliment concentré, finesse des particules...) qui à l'extrême peuvent engendrer des problèmes sanitaires (ruminant insuffisante, acide-dose...).

D'autres additifs tels que le monopropylène glycol (MPG), utilisés dans certains cas pour prévenir ou traiter les cétozes, peuvent en quantité élevée faire diminuer la synthèse de matières grasses et améliorer celle de protéines. Ainsi, à titre expérimental, des apports de MPG de l'ordre de 1 kg avec des rations à base d'ensilage de maïs se sont traduits par une chute de 3 à 4 g du taux butyreux et une augmentation de 0,5 à 1 g du taux protéique (Hurtaud *et al*, résultats non publiés). Cette action doit être attribuée à des modifications (accroissements de l'acide propionique dans le rumen et de l'acide lactique dans l'organisme) qui concourent à une formation importante de glucose métabolisé relativement lentement (Rémond 1984). Cet additif mélangé à la ration ne présente pas d'inconvénient particulier (appétibilité, état sanitaire) en dehors de l'importance de son coût actuel qui ne permet pas de généraliser son utilisation.

CONCLUSION - PERSPECTIVES

En vue de modifier avec la meilleure maîtrise possible la composition du lait, il est nécessaire d'avoir une approche globale des différents phénomènes et de hiérarchiser l'influence des différents facteurs. Ceux-ci sont nombreux et interagissent entre eux sur les variations des taux butyreux et de protéines. Ces taux sont le rapport entre des quantités de matières et les quantités de lait qui ont chacune un déterminisme différent. D'une façon générale, les facteurs liés à l'animal (origine génétique, stade physiologique) ainsi que la saison (durée du jour) font varier les taux butyreux et protéique dans le même sens, alors que les facteurs du milieu, et principalement l'alimentation, permettent de les faire varier en sens inverse. Il est donc indispensable d'avoir une bonne connaissance des mécanismes d'origine digestive ou métabolique qui permettent d'améliorer les synthèses de protéines et au contraire de réduire celles des matières grasses sans compromettre l'état sanitaire et la carrière de l'animal.

L'alimentation constitue le moyen le plus efficace à court terme de faire varier les taux butyreux et de protéines en sens inverse. Pour réduire le taux butyreux, les efforts porteront essentiellement sur la forme de présentation ou/et la nature des aliments sans toutefois modifier le niveau des apports nutritifs. Ce dernier ainsi que la qualité de la nutrition azotée (acides aminés essentiels) doivent être préservés voire améliorés pour accroître le taux protéique. Celui-ci constituera en effet à l'avenir le critère qualitatif essentiel de la composition du lait en vue de son paiement.

Nous avons vu que l'ensilage de maïs plante-entière, dont l'avantage est surtout d'apporter un maximum d'énergie produite sur l'exploitation sous une forme compatible (fourrage + concentré) avec les caractéristiques

digestives du ruminant, était probablement le principal responsable de l'évolution actuelle du taux butyreux. En conséquence, des rations hivernales comportant une proposition plus faible d'ensilage de maïs et une part accrue de graminées et légumineuses (associées à une plus forte complémentation) constitueraient probablement un moyen efficace de réduction systématique de la teneur en matières grasses. L'association des 2 types de régimes avec une part de l'ensilage de maïs limitée à moins de 50 % de la ration de base pourrait constituer un objectif à moyen terme.

Dans des structures d'exploitations particulières (faible disponibilité en fourrages) et avec des conditions économiques permettant une limitation suffisante du coût de l'énergie nécessaire au séchage des fourrages et/ou du prix des céréales comparativement à celui de la valorisation du lait, il serait possible de concevoir d'autres systèmes de rationnement des vaches laitières en France. Les apports de fourrages de la ration de base pourraient alors être limités au profit d'une distribution plus libérale d'aliments concentrés comme cela est le cas dans d'autres pays tels que les USA, Israël ou certains pays membres de la CEE. Une présentation du maïs plante entière par voie sèche permettrait également de limiter la synthèse de matières grasses. Dans toutes ces situations, les techniques d'alimentation devront permettre un étalement maximum de l'ingestion durant la journée tout en préservant une structure fibreuse suffisante de la ration pour éviter les problèmes sanitaires. Dans certains cas, par sécurité, un apport d'une petite quantité de fourrages longs sera même rendu nécessaire, dont le besoin pourra être mieux précisé lorsque des recommandations sur l'indice de fibrosité de la ration (Sauvat *et al* 1990) seront disponibles. Il n'est pas encore possible actuellement de disposer de celles-ci en vue d'obtenir une parfaite maîtrise du taux butyreux du lait (en terme de g/kg) tout en préservant l'état sanitaire des animaux. A l'avenir, il sera aussi envisageable de distribuer certains additifs alimentaires à forte action spécifique sur la réduction de la synthèse des matières grasses. Des études sont poursuivies actuellement dans ce sens à l'INRA avec différentes substances dont le coût est encore malheureusement trop élevé.

Références bibliographiques

- AGABRIEL C., COULON J.B., MARTY G., CHENEAU N., 1990. Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache. Etude dans les exploitations du Puy de Dôme. INRA Prod. Anim., 3, 137-150.
- AGABRIEL C., COULON J.B., MARTY G., 1991. Facteurs de variation du rapport des teneurs en matières grasses et protéiques du lait de vache : étude dans les exploitations des Alpes du Nord. INRA Prod. Anim., 4, 141-149.
- BONAITI B., 1985. Composition du lait et sélection laitière chez les bovins. Bull. Tech CRZV Theix, INRA, 59, 51-56.
- CNIEL, 1990. L'économie laitière en chiffres. Edition 1990.
- COULON J.B., 1991. Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation : réflexions à partir de résultats d'enquêtes. INRA Prod. Anim., 4, 303-309.

Réduire la part d'ensilage de maïs dans la ration est un moyen efficace de réduire le taux butyreux.

- COULON J.B., REMOND B., 1991. Réponses de la production et de la composition du lait de vache aux variations d'apports nutritifs. INRA, Prod. Anim., 4, 49-56.
- COULON J.B., FAVERDIN P., LAURENT F., COTTO Geneviève, 1989. Influence de la nature de l'aliment concentré sur les performances des vaches laitières. INRA Prod. Anim., 2, 47-53.
- COULON J.B., CHILLIARD Y., REMOND B., 1991. Effet du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques. INRA Prod. Anim., 4, 219-228.
- CHILLIARD Y., DOREAU M., GAGLIOSTRO G., ELMEDDAH Y., 1992. Effet de la supplémentation en lipides protégés (lipides encapsulés et savons de calcium) sur les performances et le métabolisme des vaches laitières. INRA Prod. Anim., 5, sous presse.
- DOREAU M., CHILLIARD Y., 1991. Influence d'une supplémentation en lipides sur la qualité du lait. Journées sur la qualité des laits à la production et aptitude fromagère. Colloque INRA-ENSA Rennes, 23-24 Janvier.
- DRAF de Bretagne - S.R.E.A., 1991. Document interne.
- GRANT R.J., COLENBRANDER V.F., ALBRIGHT J.L., 1990. Effect of particule size of forage and rumen cannulation upon chewing activity and laterality in dairy cows. J. Dairy Sci., 73, 3158-3164.
- HODEN A., COULON J.B., DULPHY J.P., 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 3. Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéique. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 62, 69-79.
- HODEN A., HURTAUD Catherine, MARQUIS B., DELABY L., 1990. Utilisation du blé ou des pulpes de betteraves en rations complètes avec de l'ensilage de maïs chez les vaches laitières. INRA Prod. Anim., 3, 299-304.
- JOURNET M., CHILLIARD Y., 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 1. Taux butyreux : facteurs généraux. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 60, 13-23.
- JOURNET M., HODEN A., 1973. Utilisation des luzernes et des graminées déshydratées comme uniques fourrages de la ration des vaches laitières, et étude de leur digestion dans le rumen. Ann. Zootech., 22, 37-54.
- MORAND-FEHR P., CHILLIARD Y., BAS P., 1986. Répercussions de l'apport de matières grasses dans la ration sur la production et la composition du lait de ruminant. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 64, 59-72.
- REMOND B., 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 2. Taux protéique : facteurs généraux. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 62, 53-67.
- REMOND B., REMESY C., RUFFIO P., CHILLIARD Y., 1984. Intérêt du monopropylène glycol dans la prévention et dans le traitement des cétooses chez les vaches laitières. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 56, 21-30.
- RULQUIN H., 1992. Intérêts et limites d'un apport d'acides aminés dans l'alimentation des vaches laitières. INRA Prod. Anim., 5, sous presse.
- RULQUIN H., HURTAUD Catherine, VERITE R., DELABY L., 1991. Effets du niveau et de la nature des nutriments énergétiques et azotés sur l'aptitude à la transformation fromagère du lait. Journées sur la qualité des laits à la production et aptitude fromagère. Colloque INRA-ENSA Rennes, 23-24 Janvier.
- SAUVANT D., DULPHY J.P., MICHALET-DOREAU Brigitte, 1990. Le concept d'indice de fibrosité des aliments des ruminants. INRA Prod. Anim., 3, 309-318.

Summary

Regulating the composition of milk : influence of nutritional factors on the quantity and the fat and protein content of milk.

The chemical composition of milk depends on factors related to the animal and to its environment. Among the latter factors diet plays an important role. In the short term it can have different effects on fat and protein content. The protein content varies in relation to energy intake (+ 0.6 g/kg per UFL around energy requirements). It may also be improved by the addition of specific amino-acids (lysine and methionine). It is nearly always reduced by the addition of lipids (even when protected) in the diet. The fat content depends on the percentage of concentrate in the diet (and when this is high on the type of concentrate

used) and also on the presentation and distribution of feed (particle size, number of distributions, mix of feed). It can be significantly increased by the use of certain dietary constituents (maize silage, beets, lactoserum) or additives (buffers, monopropylene glycol). It is thus possible to modify in opposite ways the fat and the protein contents.

In the future, synthetic tools for appreciate the quality of the rations (fibrosity index) should improve regulation in variations in fat and protein contents.

HODEN A., COULON J.-B., 1991. Maîtrise de la composition du lait : Influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. INRA Prod. Anim., 4 (5), 361-367.