

Article de synthèse

Le lait de jument et sa production : particularités et facteurs de variation

M Doreau

Laboratoire de sous-nutrition des ruminants, INRA, Centre de Clermont-Ferrand-Theix,
63122 Saint-Genès-Champanelle, France

(Reçu le 22 juin 1994; accepté le 30 août 1994)

Résumé — Cette synthèse tente de faire ressortir les particularités de la production de lait des juments et de sa composition. Les juments allaitantes produisent en début de lactation entre 2 et 3,5 kg de lait par 100 kg de poids vif, ce qui est légèrement supérieur à la production des juments laitières et beaucoup plus élevé que celle des vaches allaitantes. Le lait est très pauvre en matières grasses, et les matières azotées se caractérisent par une proportion faible de caséines (50 à 60%). La différence moyenne de production entre juments de races lourdes et de selle s'explique par leur poids, mais au sein d'un même groupe la variabilité individuelle est élevée. L'état corporel des juments n'a qu'une faible influence sur leur production laitière lorsqu'elles sont alimentées à volonté, mais les juments grasses produisent un lait plus riche en matières grasses. La composition de la ration et en particulier le rapport fourrage / concentré ne modifient que peu la production laitière de juments alimentées à volonté. Toutefois, l'accroissement de la proportion d'aliment concentré entraîne une baisse du taux butyreux et du taux protéique, et une modification de la composition en acides gras du lait caractérisée surtout par une diminution de la proportion d'acide linoléique. Un déficit d'apport azoté peut entraîner une réduction de la production laitière.

jument / production laitière / composition du lait

Summary — Mare milk production and composition: particularities and factors of variation.

This paper deals with the main particularities of mare milk yield and composition, in comparison with other species. Lactating mares produce in the first month of lactation between 2 and 3.5 kg milk per 100 kg liveweight. This value is slightly higher than production of dairy mares and much higher than that of lactating cows. Mare milk is very poor in fat; proteins are characterized by a low proportion of caseins (50–60%). Mean difference of milk yield between saddle and heavy breeds is explained by their liveweight but intra-breed variations do not depend on weight. Body condition of mares has only a small influence on their milk yield when they are fed ad libitum. Fat mares produce milk richer in fat than thin mares. Composition of the diet and especially the forage:concentrate ratio do not modify to a large extent milk yield of mares fed ad libitum. The increase in the proportion of concentrates results in a decrease in butterfat and protein content and in a decrease in the proportion of linolenic acid. A shortage in nitrogen supply can result in a decrease in milk yield. A possible relationship between nitrogen supply and milk secretion is shown.

mare / milk yield / milk composition

INTRODUCTION

Durant la dernière décennie, de nombreuses expérimentations, en particulier américaines et françaises, ont permis de rassembler une somme importante d'informations sur la production laitière des juments allaitantes, mais aussi sur la composition de leur lait et les principaux facteurs agissant sur la sécrétion lactée. Dans une revue bibliographique récente (Doreau et Boulot, 1989a), l'ensemble des données disponibles avait été analysé. La présente synthèse, qui se veut complémentaire, a pour objectif de situer les particularités du lait de jument par rapport au lait d'autres espèces, en particulier à partir de résultats expérimentaux récents (Doreau *et al.*, 1990, 1991a, 1992, 1993).

Dans une première partie, seront discutées quelques spécificités du lait de jument, en comparaison avec d'autres espèces. Seront commentées ensuite les conséquences sur la production et la composition du lait de quelques caractéristiques de l'animal (génotype, poids, état corporel) et de son régime alimentaire.

LES PRINCIPALES PARTICULARITÉS DE LA SÉCRÉTION LACTÉE CHEZ LA JUMENT

Un niveau de production élevé

Les juments allaitantes de races lourdes ou de selle produisent journallement pendant les premiers mois de lactation entre 2 et 3,5 kg de lait par 100 kg de poids vif. Cette valeur apparaît élevée, en particulier si on la met en relation avec la capacité maximale de stockage de la mamelle, dépassant rarement 2 l chez les juments de races allaitantes (Doreau et Boulot, 1989b), et atteignant au maximum 2,5 l (Storch, 1969).

Une telle production permet d'assurer une vitesse de croissance élevée du poulain, supérieure à 2000 g/j pour des juments lourdes dans les semaines qui suivent le poulinage (Martin-Rosset *et al.*, 1978).

Ces chiffres appellent plusieurs remarques. En premier lieu, il est frappant de constater que le niveau de production des juments allaitantes est légèrement supérieur à celui de juments laitières, donc traites, de poids et de capacité de mamelle équivalents. Cela apparaît clairement sur la figure 1. À titre de comparaison, dans l'espèce bovine, la sélection laitière des vaches traites a conduit à un écart de potentiel considérable avec les vaches allaitantes, le maximum de production journalière étant de 10 kg chez la vache allaitante, alors que les meilleures laitières peuvent produire jusqu'à 70 kg. Il est probable que la sélection des juments laitières n'ait pas porté sur la capacité de la mamelle : chez des races laitières russes, elle ne semble pas dépasser 3 l (Tarasevich, 1979). La sélection pourrait s'être orientée sur la facilité de traite, même si la présence nécessaire du poulain lors de la traite pour une proportion élevée de juments à spécificité laitière (Cherepanova et Belokobylenko, 1974) donne à penser que cette sélection était insuffisamment poussée. De plus, la persistance de la lactation peut être faible. Ainsi, la décroissance mensuelle de production peut atteindre 30% environ (Fedotov et Akimbekov, 1983), alors qu'elle est de l'ordre de 10% chez la vache laitière (Faverdin *et al.*, 1987). Cette faible persistance peut traduire la difficulté à simuler chez la jument la tétée du poulain avec une machine à traire, d'une part parce que la fréquence de traite est inférieure à la fréquence de tétée, mais aussi parce que les caractéristiques de ces machines (fréquence de pulsation en particulier) ne sont ni clairement définies ni toujours adéquates (Le Du, 1986).

On constate également que les juments allaitantes ont une production laitière nette-

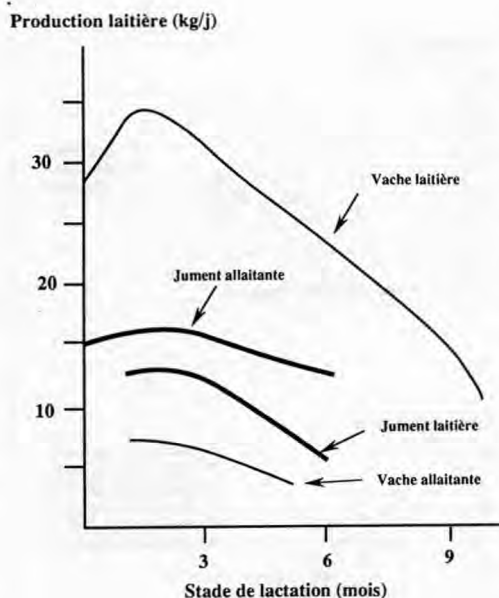


Fig 1. Courbes-type de lactation chez des juments ou des vaches laitières ou allaitantes, d'un poids moyen de 600 kg ; établies d'après les données de Faverdin *et al* (1987) pour la vache laitière, Le Neindre *et al* (1976a) pour la vache allaitante, Alaguzhin (1974) et Fedotov et Akimbekov (1983) pour la jument laitière, Bouwman et Van der Schee (1978) pour la jument allaitante.

Typical lactation curves in dairy or lactating mares, or dairy or lactating cows, weighing on average 600 kg; from data of Faverdin et al (1987) on dairy cow, Le Neindre et al (1976a) for lactating cow, Alaguzhin (1974) and Fedotov and Akimbekov (1983) for dairy mare, Bouwman and Van der Schee (1978) for lactating mare.

ment supérieure à celle de vaches allaitantes de format voisin (5 à 8 l par jour pour des vaches Limousines selon Le Neindre *et al*, 1976a). Cela est probablement dû au potentiel de croissance élevé, et donc à la forte capacité d'ingestion des poulains par rapport aux veaux. En effet, il est connu que lorsque le potentiel laitier des vaches est élevé, la sécrétion lactée lors de l'allaitement est limitée par la capacité d'ingestion du jeune. C'est ce qui a été mis en évidence

lors d'un essai d'allaitement multiple par des vaches Normandes (Le Neindre *et al*, 1976b). Par ailleurs le pic de lactation après la mise bas des juments allaitantes est tardif, postérieur à 2 mois, d'après les données de Martin *et al*, 1992, et la persistance de sécrétion excellente. D'après l'étude très soignée de Bouwman et Van Der Schee (1978), la diminution mensuelle de production est voisine de 8% après le 2^e mois, alors que pour les vaches allaitantes elle est supérieure à 10% à partir de la fin du premier mois de lactation (Le Neindre *et al*, 1976a).

Une grande pauvreté du lait en matières grasses

La caractéristique la plus remarquable du lait de jument est sa faible teneur en matières grasses. Dans l'inventaire réalisé sur tous les mammifères par Jenness (1974), seul le lait du rhinocéros blanc est plus pauvre en matières grasses que le lait de jument. Encore peut-on imaginer, comme le lait de fin de traite est le plus riche en matières grasses, que le caractère ombrageux du rhinocéros n'a pas permis à l'expérimentateur de s'assurer que sa traite était complète. Quoi qu'il en soit, les teneurs en matières grasses du lait de jument peuvent être extrêmement faibles. Par exemple, avec des rations riches en aliment concentré, elles sont inférieures en moyenne à 5 g/kg au cours du 2^e mois de lactation (Doreau *et al*, 1992). Des explications plus complètes devraient toutefois s'appuyer sur des études du métabolisme mammaire, mettant en évidence les taux de prélèvement des différents précurseurs des matières grasses par la glande mammaire. Cette pauvreté en matières grasses fait de la jument un mammifère dont la teneur en énergie brute du lait est faible : 500 à 600 kcal/kg (Doreau *et al*, 1988a), et dont la part de l'énergie brute du lait en pro-

venance des lipides est très réduite : environ 25% contre 50% pour la vache ou la femelle (Ofstedal, 1984). On constate ainsi que, contrairement à une idée très répandue, le lait de jument n'a pas une composition proche du lait de femelle, principalement dans la mesure où il est beaucoup plus pauvre en matières grasses.

Pourtant, la synthèse des matières grasses dans la mamelle de la jument présente des caractéristiques montrant une adaptation aux nutriments disponibles. En effet, la synthèse des acides gras à chaîne courte et moyenne se fait comme chez les ruminants à partir de l'acétate et du 3-hydroxybutyrate, qui sont issus de la digestion des glucides (Linzell *et al.*, 1972), et non à partir du glucose comme chez le monogastrique non herbivore. On peut penser que, comme chez le ruminant, cela est dû à l'inhibition de l'ATP-citrate-lyase par l'acétate.

Les taux butyreux faibles sont-ils associés aux niveaux de production élevés ? Une corrélation génétique négative entre ces deux éléments a depuis longtemps été montrée chez la vache laitière (Bonaiti, 1985). Nous avons obtenu des résultats contradictoires (fig 2). Un premier essai n'a pas montré de relation entre taux butyreux et niveau de production laitière. En revanche, un second essai portant sur une plage de variation plus grande de production laitière et de taux butyreux a mis en évidence une forte corrélation négative ($r = -0,78$; $n = 30$), tous stades de lactation et régimes confondus. Le nombre d'animaux par régime et par stade est cependant trop faible pour interpréter ces différences. Toutefois, les données bibliographiques, qui ne montrent pas de relation entre production et taux butyreux, portent également sur un nombre restreint d'animaux, que ce soit dans des essais américains (Gibbs *et al.*, 1982) ou kazakhs (Duisembaev et Akimbekov, 1982; Fedotov et Akimbekov, 1983). Il existe certainement,

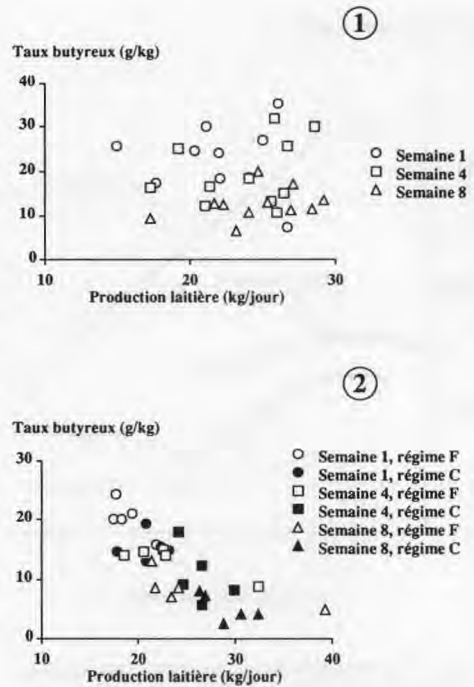


Fig 2. Relation entre la production laitière et le taux butyreux, en fonction de la semaine de lactation et du régime alimentaire (F : riche en foin ; C : riche en concentré). Données provenant des expérimentations : 1 : Doreau *et al.*, 1990 ; 2 : Doreau *et al.*, 1992.

*Relationship between milk yield and butterfat content according to week of lactation and diet (F: rich in hay; C: rich in concentrates). Data arising from experiments: 1: Doreau *et al.*, 1990; 2: Doreau *et al.*, 1992.*

dans les pays où la production de lait de jument est traditionnelle, des bases de données considérables encore inexploitées.

Neseni *et al.* (1958), dans leur revue bibliographique, font état d'une grande variabilité de la teneur en matières grasses, peut-être imputable aux conditions de traite. La figure 3 montre qu'une traite incomplète entraîne une sous-estimation importante du taux butyreux, alors que d'autres constituants, comme les protéines mais aussi le lactose, n'évoluent que faiblement, et en

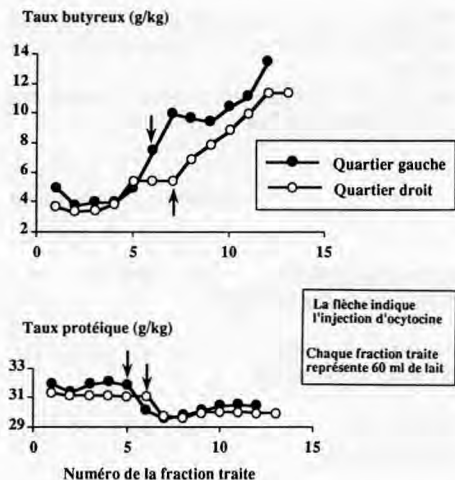


Fig 3. Évolution du taux butyreux et du taux protéique au cours de la traite pour les deux quartiers de la mamelle (Doreau et Boulot, données non publiées).

Evolution of butterfat and protein content during milking for the two sides of the udder (Doreau and Boulot, unpublished data).

partie de manière passive. On remarque par ailleurs que l'accroissement du taux butyreux au cours de la traite correspond à l'injection d'ocytocine, et donc à l'éjection du lait contenu dans les acini et dans une partie des canaux galactophores. La traite d'un seul quartier peut de même induire un biais dans la détermination du taux butyreux dans la mesure où celui-ci diffère légèrement entre les deux quartiers. L'utilisation d'une traite des deux quartiers avec oxytocine permet de surmonter ces problèmes méthodologiques. Elle s'avère même nécessaire lorsqu'on compare plusieurs stades physiologiques, car la sous-estimation s'accroît lorsque la lactation avance, la jument retenant une part plus importante de son lait (fig 4). Cela est probablement dû à un remplissage plus grand de la mamelle, et donc à un temps de traite plus élevé alors que l'action de l'ocytocine est de durée limitée et inférieure à celle de

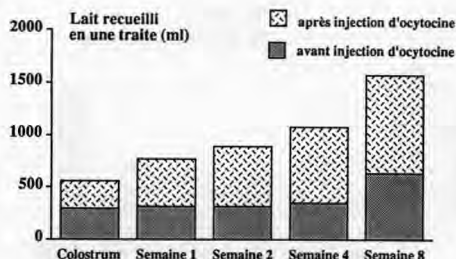


Fig 4. Effet du stade de lactation sur les quantités de lait recueillies lors d'une traite, avant et après injection d'ocytocine (d'après Doreau *et al*, 1986). *Effect of lactation stage on amount of milk obtained from one milking, before and after oxytocin injection (from Doreau *et al*, 1986).*

la traite. Malgré l'amélioration de la qualité de mesure apportée par cette méthodologie, la variabilité résiduelle, non expliquée par les facteurs de variation analysés, comme l'individu ou le stade de lactation, demeure plus élevée pour les matières grasses que pour les matières protéiques ou le lactose (Doreau *et al*, 1986).

Un lait pauvre en caséines et riche en azote non protéique

D'une manière générale, la plupart des espèces laitières produisent un lait beaucoup plus riche en caséines qu'en protéines du lactosérum. Chez la vache (Le Doré *et al*, 1986), la chèvre, la brebis ou la chamelle (Jenness, 1974), la proportion de caséines dans les protéines totales est comprise entre 75 et 80% (fig 5). Seul le lait de femme (Hambraeus, 1984) et de quelques rares autres mammifères comme l'éléphant ou le skunk (Jenness, 1974) ont un lait plus pauvre en caséines qu'en protéines du lactosérum. C'est à la pauvreté relative du lait de jument en caséines qu'est attribuée l'impossibilité de le transformer en fromage. En effet, la proportion caséines / protéines

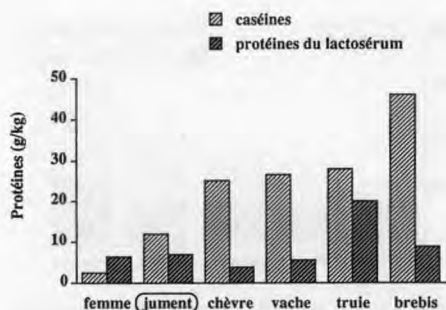


Fig 5. Teneurs moyennes en caséines et en protéines du lactosérum dans le lait de différentes espèces ; d'après Hambraeus (1984) pour la femme, Jenness (1974) pour la chèvre, la brebis et la truie, Le Doré *et al* (1986) pour la vache, Doreau *et al* (1990) et les données bibliographiques figurant dans la revue de Doreau et Boulot (1989a) pour la jument.

Mean concentration in casein and whey protein in milk of different species (from Hambraeus (1984) for woman, Jenness (1974) for goat, ewe and sow, Le Doré et al (1986) for cow, Doreau et al (1990) and literature data included in the review of Doreau and Boulot (1989a) for mare).

totales est généralement comprise entre 50 et 60% (Doreau et Boulot, 1989a).

La proportion d'azote non protéique dans l'azote total du lait est toujours forte, généralement comprise entre 8 et 12% (Doreau et Boulot, 1989a ; Mariani *et al*, 1993). Toutefois, Martin *et al* (1991) ont relevé une proportion approchant 15%, avec une ration fortement complétementée en azote. Les variations de la proportion d'azote non protéique dans l'azote du lait apparaissent très variables d'une espèce à l'autre : de 6% chez la vache à 25% chez la femme, en moyenne (tableau I). En réalité, cette variabilité est la conséquence des différences de teneur en azote total entre ces espèces. La plage de variation de la concentration de l'azote non protéique du lait, composé approximativement pour moitié d'urée, et donc reliée à l'urée plasmatique, est plus réduite (tableau I).

Tableau I. Azote non protéique du lait et urée du plasma et du lait. Comparaison entre espèces.

Non-protein nitrogen and urea in plasma and milk. Between-species comparison.

	Femme	Jument	Vache
Azote non protéique du lait (% de l'azote total)	25	8 à 15	6
Azote non protéique du lait (g N x 6,38/kg)	3,2	1,7 à 3,5	1,9
Urée du lait (g N x 6,38/kg)	1,6	0,7 à 1,4	0,8
Urée du plasma (mg/100 ml)	26	20 à 60	20

Origine des données : chez la femme : Hambraeus, 1984 (lait) ; Tazi et Bagrel, 1981 (plasma) ; chez la jument : articles cités par Doreau *et al*, 1988b et 1990 ; Martin *et al*, 1991 ; Csapo-Kiss *et al*, 1993 ; Mariani *et al*, 1993 (lait) ; Doreau et Martin-Rosset, 1985 (plasma) ; chez la vache : Journet et Rémond, 1980 ; Le Doré *et al*, 1986 (lait) ; Doreau, 1983 (plasma) ; Journet *et al*, 1975 (lait et plasma).

Origin of data: woman: Hambraeus, 1984 (milk); Tazi and Bagrel, 1981 (plasma); mare: papers quoted by Doreau et al, 1988b and 1990; Martin et al, 1991; Csapo-Kiss et al, 1993; Mariani et al, 1993 (milk); Doreau and Martin-Rosset, 1985 (plasma); cow: Journet and Rémond, 1980; Le Doré et al, 1986 (milk); Doreau, 1983 (plasma); Journet et al, 1975 (milk and plasma).

CARACTÉRISTIQUES DES JUMENTS ET SÉCRÉTION LACTÉE

Effet du poids et du format

La différence de niveau moyen de production entre des juments de race de selle (Doreau *et al*, 1991a et 1993) et des juments lourdes (Doreau *et al*, 1990 et 1992) est explicable par les variations de poids, puisque les productions rapportées au poids

vif sont voisines pour les deux groupes de juments. Le développement de leur potentiel laitier semble donc du même ordre de grandeur, peut-être parce qu'il en est de même pour le rapport entre le poids vif du jeune à la naissance et celui de la mère. En revanche, au sein d'un même groupe (Bretonnes et Comtoises d'une part, Selle Français et Anglo-Arabs de l'autre), il n'y a pas de relation entre poids vif et production laitière. La figure 6 récapitule des données expérimentales obtenues avec des juments multipares en état corporel moyen à bon, recevant à volonté une ration comprenant entre 85 et 95 % de foin. Ce résultat était prévisible pour les juments de selle, car l'amplitude de variation de leur poids vif était faible : entre 510 et 580 kg. Cela l'était moins pour les juments lourdes, dont le poids variait entre 700 et 900 kg. De semblables résultats avaient été obtenus sur juments laitières par Alaguzhin (1974) et Tarasevich (1977). L'explication des résultats de la figure 6 ne pourrait être donnée qu'avec un nombre de données plus élevé. On peut toutefois supposer que, à même ration, la sécrétion lactée est contrôlée par le potentiel de croissance du jeune, comme chez la vache allaitante (Le Neindre *et al*, 1976a). Nous avons par ailleurs relevé (Doreau *et al*, 1992) une production laitière extrêmement élevée pour une jument lourde : 32 kg/j à un mois de lactation. Ce résultat, dont nous avons vérifié qu'il n'était pas le fruit d'une erreur expérimentale, ne s'est pas renouvelé l'année suivante pour la même jument alimentée dans les mêmes conditions. Il apparaît donc que les facteurs autres que le potentiel génétique et l'alimentation, régissant le niveau de production laitière, restent mal connus.

Rôle de l'état corporel

L'effet du niveau des réserves corporelles de la jument au poulainage sur la croissance du

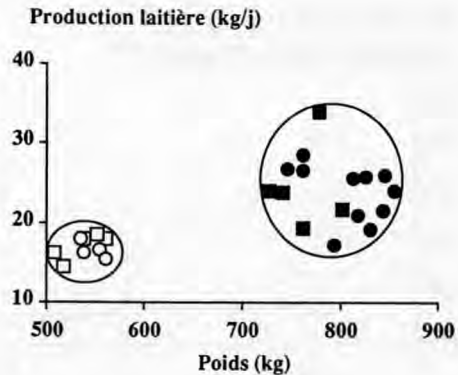


Fig 6. Relation entre le poids vif et la production laitière de juments de race de selle ou lourdes. Données individuelles obtenues dans les expérimentations suivantes : ● juments de race lourde (Doreau *et al*, 1990) ; ■ juments de race lourde ayant reçu un régime pauvre en concentré (Doreau *et al*, 1992) ; ○ juments de race de selle multipares (Doreau *et al*, 1991a) ; □ juments de race de selle en bon état corporel (Doreau *et al*, 1993).

*Relationship between liveweight and milk yield in mares of saddle or heavy breeds. Individual data obtained in the following experiments: ● heavy mares (Doreau *et al*, 1990); ■ heavy mares fed a diet poor in concentrates (Doreau *et al*, 1992); ○ multiparous saddle mares (Doreau *et al*, 1991a); □ saddle mares in good body condition (Doreau *et al*, 1993).*

poulain avait été montré par Martin-Rosset et Doreau (1980) puis Henneke *et al* (1981). Inversement, Kubiak *et al* (1989) n'ont pas observé de différence de production laitière entre des juments en état corporel moyen et grasses. Dans ces trois essais, les juments étaient alimentées en quantités limitées en début de lactation. En revanche, dans un autre essai (Doreau *et al*, 1993) dans lequel les juments étaient alimentées à volonté, celles qui étaient maigres ont pu compenser le faible niveau des réserves par un niveau d'ingestion supérieur (fig 7). Une telle constatation a déjà été faite chez les vaches laitières (Garnsworthy et Topps, 1982), l'incidence sur la production laitière étant

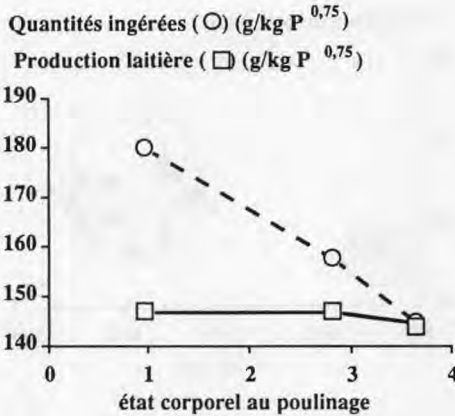


Fig 7. Influence de l'état corporel au poulinage sur les quantités volontairement ingérées et la production laitière de juments à un mois de lactation. Les données présentées sont les moyennes des lots de juments multipares (Doreau *et al*, 1991a), et de juments grasses ou maigres (Doreau *et al*, 1993).

*Influence of body condition at foaling on voluntary feed intake and milk yield at 1 month of lactation. Data are means of groups of multiparous mares (Doreau *et al*, 1991a), and of either fat or thin mares (Doreau *et al*, 1993).*

alors faible (Larnicol-Mellin, 1984). Dans notre essai, la plus grande partie de l'énergie supplémentaire ingérée par les juments maigres a servi à la reconstitution des réserves corporelles, ce qui explique que la production de lait des juments grasses n'ait pas été significativement supérieure à celle des juments maigres. La figure 8 récapitule les effets de l'état d'adiposité des juments au poulinage sur le devenir de l'énergie ingérée. Chez les juments grasses, une part plus importante de l'énergie est utilisée pour la synthèse des lipides du lait que chez les juments maigres. Chez ces dernières au contraire, près de 30% de l'énergie ingérée permet le dépôt de réserves corporelles. Il semble donc que chez la jument, la reconstitution des réserves soit un phénomène prioritaire : nous n'avons observé de bilan énergétique

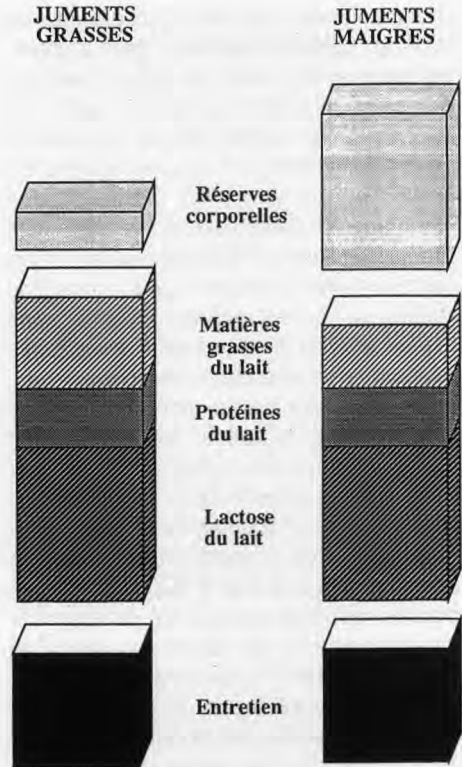


Fig 8. Utilisation de l'énergie métabolisable ingérée : partition entre les besoins d'entretien, de lactation et la reconstitution des réserves corporelles. Schéma établi d'après les données obtenues par Doreau *et al* (1993) et des estimations des quantités d'énergie ingérées et des besoins d'entretien.

*Utilisation of metabolizable energy intake: distribution between requirements for maintenance, lactation and storage of body reserves. Data arise from results of Doreau *et al* (1993) and estimates for energy intake and maintenance requirements.*

négatif, à partir de la deuxième semaine de lactation, dans aucun des essais que nous avons réalisés (fig 9). L'existence d'une lipogenèse active en début de lactation est cependant aussi peu fréquente chez les ruminants (Chilliard, 1987) que chez les monogastriques (Chilliard, 1986), peut-être

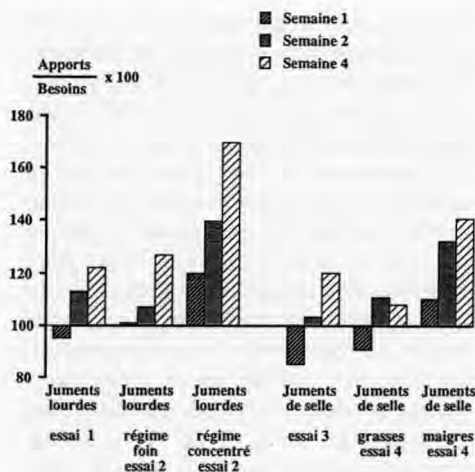


Fig 9. Évolution des bilans énergétiques des juments au cours du premier mois de lactation. Les besoins énergétiques ont été calculés à partir du besoin d'entretien, déterminé en fonction du poids vif, et de la sécrétion mesurée d'énergie dans le lait. Les apports énergétiques ont été calculés à partir des quantités ingérées et de la valeur énergétique de la ration, estimée à partir de sa digestibilité mesurée sur juments allaitantes (Doreau *et al*, 1990, essai 1 et Doreau *et al*, 1992, essai 2) ou sur hongres (Doreau *et al*, 1991a, essai 3 et Doreau *et al*, 1993, essai 4).

*Evolution of energy balances of mares during the first month of lactation. Energy requirements have been calculated from maintenance requirement determined from liveweight, and from measured energy output in milk. Energy supply has been calculated from feed intake and energy value of the diet, estimated from digestibility measured in lactating mares (Doreau *et al*, 1990, trial 1 and Doreau *et al*, 1992, trial 2) or in geldings (Doreau *et al*, 1991a, trial 3 and Doreau *et al*, 1993, trial 4).*

en raison d'un équilibre hormonal entre insuline et hormone de croissance peu favorable à la lipogenèse après la mise-bas.

La teneur en lipides du lait plus élevée chez les juments grasses que chez les juments maigres est un phénomène cohérent avec une mobilisation lipidique plus forte, exprimée par une teneur plus élevée du plasma en acides gras non estérifiés

(Doreau *et al*, 1993). Cela avait été constaté par Pagan et Hintz (1986) qui avaient alimenté des ponettes à des niveaux énergétiques différents, et largement démontré chez la vache (Journet et Chilliard, 1985). Comme chez la vache, la composition en acides gras du lait reflète la mobilisation lipidique, par accroissement des acides gras longs au détriment des acides gras courts et moyens. Il est toutefois surprenant qu'un état d'engraissement élevé accroisse la sécrétion d'acide stéarique, mais pas celle d'acide palmitique, alors que tous deux ont, selon Linzell *et al* (1972), une double origine en proportions similaires : prélèvement direct et synthèse *de novo*.

LIAISON ENTRE LE RÉGIME ALIMENTAIRE ET LA SÉCRÉTION LACTÉE

Influence de la proportion d'aliment concentré dans la ration

Dans un essai récent, nous avons comparé la sécrétion lactée de la jument recevant à volonté des régimes comprenant 5 ou 50% d'aliment concentré. Il est surprenant que les différences de composition des deux rations n'entraînent que des variations modérées de production laitière (Doreau *et al*, 1992). Cela s'explique en grande partie par le fait que les deux rations apportaient plus d'énergie qu'il était nécessaire pour la sécrétion de lait, puisque les juments des deux lots regagnaient du poids dès le début de la lactation, en raison d'un niveau d'ingestion volontaire très élevé. De toute manière, les différents résultats obtenus sur des juments en bon état corporel alimentées à différents niveaux énergétiques, mais généralement en quantités limitées, ne montrent aucun effet (Pagan *et al*, 1984) ou un effet modéré (Sutton *et al*, 1977 ; Jordan, 1979) sur la croissance du poulain, et donc sur la production de lait. Ceci est certaine-

ment dû à la contribution des réserves corporelles au maintien de la production de lait en début de lactation. Par ailleurs, il est surprenant qu'un régime n'entraînant qu'une absorption très faible de glucose (foin et tourteau de soja), et ne provoquant qu'une formation réduite de propionate au niveau du gros intestin (Hintz *et al.*, 1971), ne limite pas la sécrétion lactée. En effet, la limitation de la synthèse du lactose correspond presque toujours à une limitation de la sécrétion d'eau. La sécrétion totale de lactose a été réduite, mais cela a induit des diminutions simultanées bien que modérées de la production de lait et de la teneur en lactose ; la réduction de cette dernière a été au moins partiellement compensée par l'accroissement des teneurs en calcium et en phosphore, qui participent grâce à leur fraction soluble à l'établissement de la pression osmotique du lait.

Le passage d'un régime constitué presque exclusivement de foin à un régime riche en concentré se traduit par la diminution du taux butyreux, mais aussi du taux protéique (Doreau *et al.*, 1992). Cela différencie nettement la jument de la vache, chez qui la même modification provoque également une diminution du taux butyreux (Journet et Chilliard, 1985), mais un accroissement du taux protéique (Rémond, 1985). L'effet sur le taux butyreux peut être relié, chez la jument comme chez les ruminants, aux apports de précurseurs de la synthèse *de novo*, acétate et 3-hydroxybutyrate. Cela a été confirmé par les analyses plasmatiques de ces métabolites (Doreau *et al.*, 1992), et se retrouve chez la truie alimentée avec de fortes proportions de fibres (Zoiopoulos *et al.*, 1982). Toutefois, nos résultats montrent que la différence de sécrétion d'acides gras concerne les acides à 18 carbones, partiellement synthétisés *de novo*, et non les courts et moyens. Dans un essai de Pagan et Hintz (1986), l'accroissement simultané du niveau des apports énergétiques et du pourcentage de concen-

tré avait, comme dans notre essai, entraîné une diminution du taux butyreux de ponettes. Il n'existe en revanche, à notre connaissance, qu'un essai (Sutton *et al.*, 1977) ayant mis en évidence l'absence d'effet du niveau énergétique sur le taux butyreux chez la jument, sans que la composition de la ration ait été modifiée. On peut penser toutefois que, comme chez le ruminant, l'effet strict du niveau des apports énergétiques sur le taux butyreux ne se manifeste par une modification, en l'occurrence une augmentation, que lorsque la femelle est en déficit énergétique et mobilise ses réserves corporelles (Doreau *et al.*, 1993). Cela différencie les ruminants et la jument de la femme, chez qui une forte sous-alimentation peut réduire le taux butyreux dans des proportions importantes (Jelliffe et Jelliffe, 1978).

La diminution du taux protéique que nous avons observée avec l'accroissement du pourcentage de concentré dans la ration confirme les données de Pagan et Hintz (1986). Par ailleurs, Sutton *et al.* (1977) l'ont également observée lorsque le niveau d'apport énergétique augmentait. En revanche, nous ne l'avons pas enregistrée lorsque l'accroissement du niveau d'énergie ingérée était la conséquence d'un mauvais état corporel des juments, et donc d'une augmentation des quantités ingérées (Doreau *et al.*, 1993). Ces résultats sont apparemment contradictoires. On peut toutefois remarquer que dans deux essais (Doreau *et al.*, 1992, 1993), la variation du niveau d'apport énergétique n'a entraîné aucune modification de la sécrétion journalière de protéines. Dans l'attente d'expérimentations complémentaires, il est possible d'expliquer les variations de taux protéique par un effet de dilution des protéines dans une quantité variable de lait. La jument se distingue donc du ruminant dont le taux protéique du lait s'accroît avec le niveau d'apport énergétique, qu'il soit dû à une alimentation plus riche en concentré ou à un niveau d'ingestion volontaire supérieur chez des animaux maigres (Rémond, 1985).

Les conséquences pour la nutrition du poulain d'un changement du régime alimentaire de la mère restent malgré tout faibles. La figure 10 montre, dans le cas de deux régimes extrêmes, que la part de l'énergie ingérée en provenance du lactose, des matières grasses et des protéines est peu différente.

Rôle des matières azotées alimentaires

Peu de données permettent de mettre en relation la teneur en matières azotées de la ration et la production laitière ou la composition du lait. En revanche, plus nombreux sont les essais dans lesquels l'influence sur la croissance du poulain a été analysée. Selon la majorité des auteurs (Ott, 1970 ; Meadows *et al*, 1979 ; Peltonen *et al*, 1980 ; Gill *et al*, 1983 ; Doreau *et al*, 1988b), la vitesse de croissance du poulain augmente jusqu'à une teneur de la ration de la mère en matières azotées digestibles de 10% environ, ou une teneur en matières azotées totales (apport d'urée exclu) de 14% environ. Il est toutefois d'un intérêt limité de définir la concentration azotée optimale de la ration,

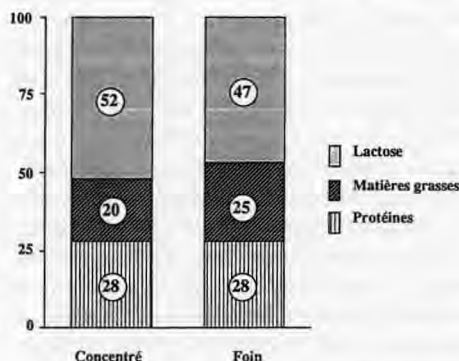


Fig 10. Part (en %) de l'énergie du lait provenant du lactose, des matières grasses et des protéines, avec des régimes riches en concentré ou en foin (Doreau *et al*, 1992).

Percentage of milk energy derived from lactose, fat and protein, with diets rich in concentrates or in hay (Doreau *et al*, 1992).

puisque la couverture des besoins azotés théoriques dépend du niveau d'alimentation. Ainsi, une ration à base de foin contenant 8,8% de matières azotées totales, mais distribuée à volonté, a permis de couvrir les dépenses azotées de la jument en début de lactation (Doreau *et al*, 1988b).

Les données sur l'effet de l'apport protéique sur la composition du lait sont peu nombreuses et contradictoires. La plupart des auteurs (Meadows *et al*, 1979 ; Peltonen *et al*, 1980 ; Gibbs *et al*, 1982) n'ont pas observé de liaison entre ces deux paramètres, contrairement à nous (Doreau *et al*, 1988b). Bien que les comparaisons entre expérimentations soient délicates, il est possible que dans notre essai, le niveau azoté le plus faible ait correspondu au cas d'une ration très pauvre en matières azotées (8,8% de la matière sèche) ou d'une ration trop déséquilibrée en acides aminés indispensables pour que soit optimisée la sécrétion de protéines. Il ne semble pas actuellement possible de formuler une explication plus précise, car les trois essais extraits de la bibliographie (Doreau et Boulot, 1989a) dans lesquels le taux protéique était très faible (Kulisa, 1970 ; Oftedal *et al*, 1983 ; Zimmerman, 1985) ne se distinguent des autres par aucun critère apparent d'ordre alimentaire.

L'apport d'azote non protéique dans la ration ne modifie, logiquement, ni la production laitière, ni la teneur en protéines du lait: s'il est vrai qu'un supplément d'azote non protéique peut favoriser la synthèse microbienne dans le gros intestin, l'absorption d'azote à ce niveau se fait essentiellement sous forme non protéique (Tisserand, 1986). En revanche, l'apport d'azote protéique accroît la concentration en urée du lait (Doreau *et al*, 1988b). Cela est probablement dû, comme en témoigne l'augmentation d'urémie, à une utilisation d'acides aminés à des fins énergétiques, entraînant une production d'urée endogène.

À partir de ces différents éléments, il est possible d'établir un modèle cohérent très

simplifié, décrivant l'utilisation métabolique des matières azotées pour la sécrétion lactée (fig 11), prenant en compte les contradictions apparentes entre les réponses de la jument, de la femme et du ruminant à l'apport azoté. En effet, chez la femme, la supplémentation protéique entraîne le plus souvent une augmentation de production laitière, sans accroissement du taux protéique du lait (Lonnerdal, 1986). De même, chez le ruminant, l'apport intestinal de protéines d'origine alimentaire ou microbienne (ces dernières pouvant éventuellement provenir d'une source d'azote non protéique) favorise la production laitière, mais n'augmente pas le taux protéique du lait (Rémond, 1985) à moins qu'elles ne fournissent un supplément notable en lysine et méthionine, qui sont les acides aminés les plus limitants pour la sécrétion lactée du ruminant (Rulquin, 1992). Lorsque l'apport alimentaire d'azote non protéique ne limite pas la synthèse de protéines microbiennes dans le rumen, l'ammoniac produit contribue au cycle ammoniac - urée de l'organisme et induira une sécrétion supplémentaire d'urée dans le lait (Journet et Rémond, 1980). Ce dernier mécanisme peut s'appliquer chez le monogastrique ; toutefois, pour qu'une synthèse protéique dans le gros intestin soit accrue par la supplémentation protéique, il faut que celle-ci soit élevée, afin que parviennent au caecum des quantités suffisantes de protéines susceptibles d'être dégradées (Just, 1983). Dans ce cas, l'urémie s'accroît, ainsi que l'urée du lait. L'accroissement de la teneur en azote non protéique du lait à la suite d'une supplémentation importante en tourteau de soja observée chez la truie (Salmon-Legagneur, 1964a) peut ainsi s'expliquer.

Produits terminaux de la digestion et matières grasses du lait

Chez la jument, la composition en acides gras des matières grasses du lait est très

variable et présente une grande richesse en acides gras à chaîne courte ou moyenne (Doreau *et al*, 1992). Cela différencie la jument de la plupart des autres espèces domestiques. En effet, chez le ruminant, la composition des lipides du lait est en grande partie régulée par le fonctionnement du rumen. Celui-ci est le siège d'une hydrogénation poussée des lipides, qui conduit à une forte proportion d'acide stéarique et d'acides octadécénoïques : oléique, transvaccénique,... (Doreau et Ferlay, 1994). Ce sont ces acides gras qui seront absorbés dans l'intestin et donc disponibles pour la synthèse des matières grasses du lait. Ces dernières proviennent également d'une synthèse d'acides gras *de novo* à partir de l'acétate et du 3-hydroxybutyrate provenant des produits terminaux de la digestion ruminale. Chez le monogastrique, l'absorption des acides gras précède une éventuelle métabolisation par des micro-organismes. La composition des acides gras du lait sera fonction des acides gras disponibles, et sera donc le reflet des acides gras alimentaires. La synthèse *de novo* est limitée, et se fait à partir du glucose (figure 12, très simplifiée ; les différences de détail entre espèces figurent entre autres dans la revue de Dils *et al*, 1977). Chez la femelle monogastrique non herbivore, comme la truie, le lait sera plutôt riche en acides palmitique, oléique et linoléique, dont l'alimentation (céréales, tourteaux) est bien pourvue (Salmon-Legagneur, 1964b). La jument présente la particularité de pouvoir être alimentée soit presque exclusivement avec des fourrages, riches en acide linoléique, soit avec de très fortes proportions de céréales, riches en acide linoléique. C'est ainsi que nous avons observé des proportions respectives d'acides linoléique et linoléique dans les acides gras du lait de 3,8 et 9,6% pour une ration de foin, et de 6,1 et 4,4% pour une ration très riche en concentré (Doreau *et al*, 1992). Dans la bibliographie, les écarts, pour une raison non expliquée, sont beaucoup plus élevés. Les teneurs en acide lino-

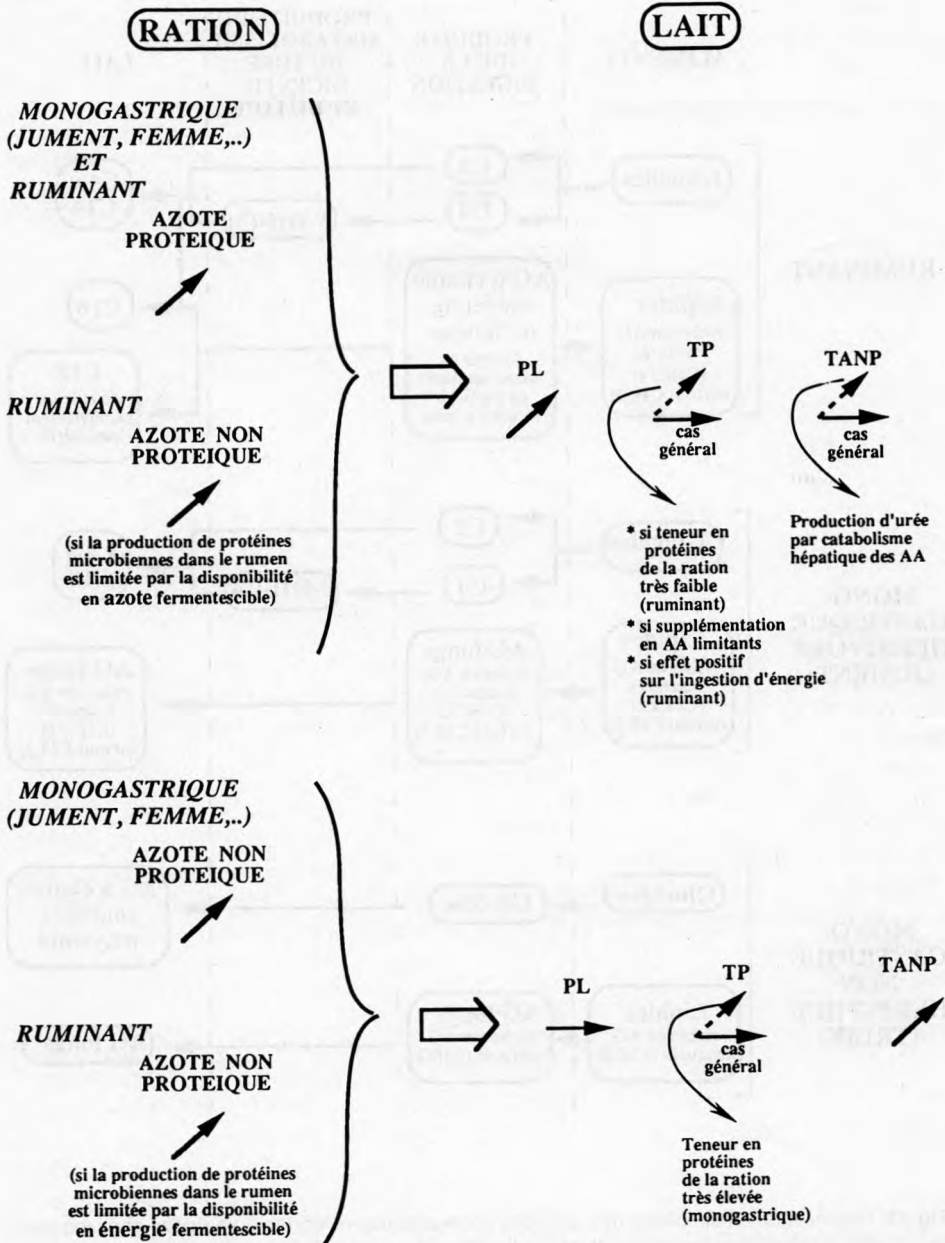


Fig 11. Effet de l'apport azoté de la ration sur la sécrétion lactée du ruminant et du monogastrique. PL : production lactière ; TP : taux protéique ; TANP : teneur en azote non protéique ; AA : acides aminés. *Effect of nitrogen supply in the diet on milk secretion in ruminants and non-ruminants. PL: milk yield; TP: protein content; TANP: non-protein nitrogen content; AA: amino acids.*

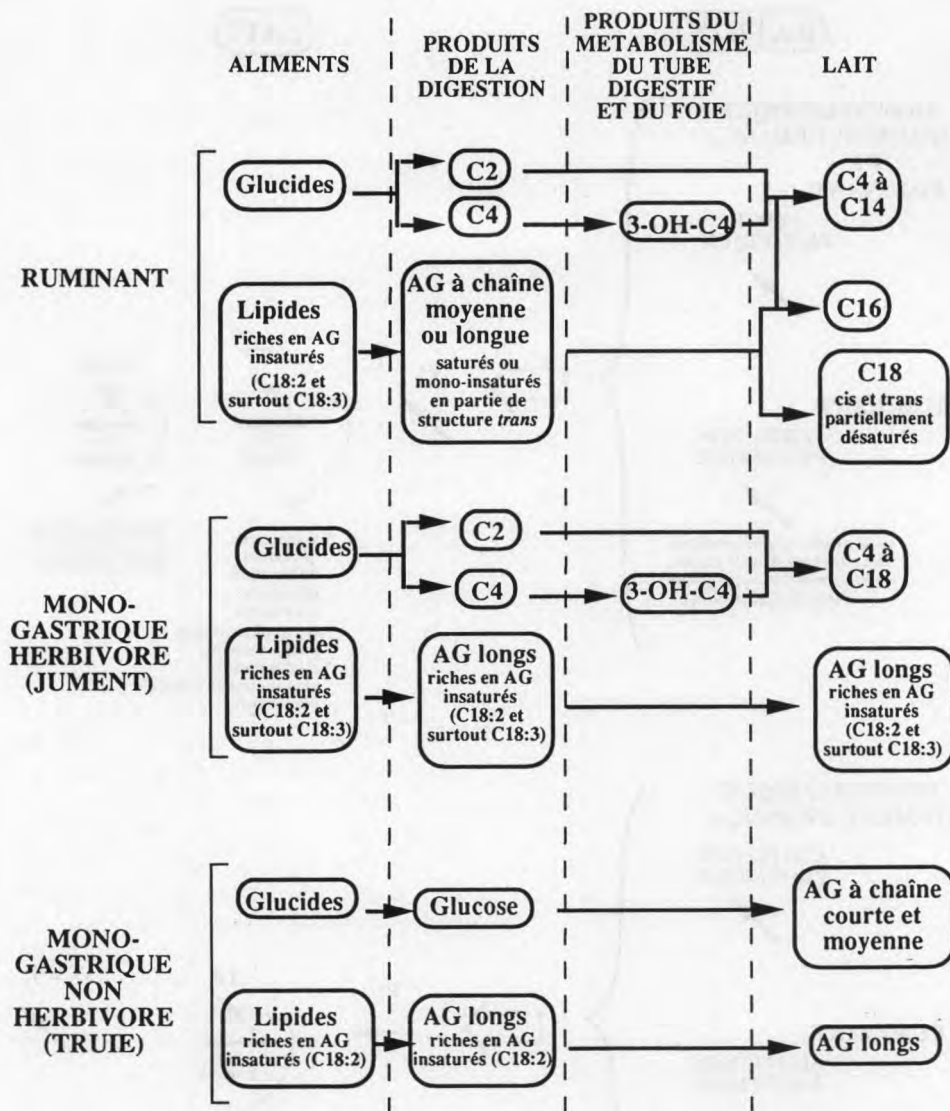


Fig 12. Représentation simplifiée des relations entre aliments et acides gras du lait chez les ruminants, les monogastriques herbivores et non herbivores. C2 : acide acétique ; C4 : acide butyrique ; C14 : acide myristique ; C16 : acides palmitique et palmitoléique ; C18 : acides gras à 18 carbones ; 3-OH-C4 : acide 3-hydroxybutyrique, AG : acides gras.

Simplified scheme of relationships between feedstuffs and milk fatty acids in ruminants, herbivorous and non-herbivorous non-ruminants. C2: acetic acid; C4: butyric acid; C14: myristic acid; C16: palmitic and palmitoleic acids; C18: 18-carbon fatty acids; 3-OH-C4: 3-hydroxybutyric acid, AG: fatty acids.

léique peuvent n'être que de 1,5% à 2,2% (Peltonen *et al*, 1980 ; Orlov et Servetnik-Chalaya, 1982 ; Csapo *et al*, 1993) ou atteindre 25% (Jamsranjav et Grigor'eva, 1973 ; Jamsranjav et Rabinovich, 1974). Bien que ces différents auteurs ne donnent que des précisions limitées sur les rations des juments étudiées, il semble que les valeurs les plus élevées aient été obtenues à l'herbe. Cela pourrait expliquer la forte incorporation d'acide linoléique, car l'herbe a une teneur totale en acides gras plus élevée que le foin (Doreau *et al*, 1987).

La proportion d'acides gras à moins de 16 carbones dans le lait de jument est également variable, évoluant entre 15% (Jamsranjav et Grigor'eva, 1973) et 35% ou plus (Goryaev *et al*, 1970 ; Pastukhova et Gerbeda, 1982). Toutefois, cette large fourchette ne semble pas explicable par la nature de la ration, puisque nous n'avons pas observé de différence significative (à l'exception de l'acide laurique) entre les deux régimes extrêmes que nous avons comparés, le lait obtenu avec le régime «foin» comportant une part plus élevée de précurseurs des acides gras longs par synthèse *de novo*, acétate et 3-hydroxybutyrate, que celui obtenu avec le régime «concentré», fournissant une quantité élevée de glucose.

Effet du régime sur la teneur en lactose

On admet généralement que la teneur en lactose varie peu, en particulier avec l'alimentation. En effet, le lactose est responsable pour une part importante du pouvoir osmotique du lait, et à ce titre sa concentration est fortement liée à la teneur en eau du lait sécrété (Peaker, 1980). Il apparaît que la teneur en lactose est plus faible avec un régime riche en foin qu'avec un régime riche en concentré (Doreau *et al*, 1992). À notre connaissance, cela n'avait jamais été observé dans l'espèce équine.

De rares cas de diminution de teneur en lactose d'origine alimentaire sont relevés dans la bibliographie. Ils ont été observés chez la femme recevant un régime riche en lipides (Harzer *et al*, 1984), chez la vache recevant une supplémentation de lipides (Pan *et al*, 1972 ; Macleod *et al*, 1977), chez la vache recevant un régime enrichi en lipides et très pauvre en amidon (Doreau *et al*, 1991b), et chez la chienne recevant une ration pauvre en glucides (Romsos *et al*, 1981). Dans le cas présent, il est certain que le déficit en glucose absorbé, dû à l'absence de céréales dans le régime, a limité la synthèse de lactose. Il est probable qu'une augmentation de teneur en minéraux participant à la pression osmotique (Na, K, Cl essentiellement) ait permis une sécrétion d'eau ne limitant pas la production laitière.

CONCLUSION

La composition du lait de jument présente des spécificités liées pour une part à la nature des produits terminaux de la digestion et à ses mécanismes de synthèse. Les équidés étant des monogastriques herbivores, les nutriments absorbés (en nature et en proportion) ne sont ni ceux d'un monogastrique classique, ni ceux d'un ruminant. Cela explique entre autres la richesse de ce lait en acide linoléique. Des études récentes ont mis en évidence des facteurs de variation liés à l'alimentation ou à l'état corporel. La jument présente ainsi certaines particularités qui peuvent être liées à sa forte capacité d'ingestion volontaire, et à la possibilité de reconstituer ses réserves corporelles en début de lactation : ainsi, si la jument est alimentée à volonté, elle parvient à réaliser son potentiel laitier dans la plupart des situations nutritionnelles. La réponse de la sécrétion de protéines et de matières grasses du lait aux facteurs alimentaires, en particulier à l'équilibre des

produits terminaux de la digestion, n'a toutefois fait l'objet que de peu d'études. Un développement des recherches dans ce domaine, en particulier concernant les mécanismes de synthèse des matières grasses, devrait permettre de mieux comprendre les différences de réponse de la sécrétion lactée à un même facteur de la ration entre les juments et les autres mammifères dont la lactation est mieux connue, la vache en particulier.

L'élevage des juments devrait susciter un regain d'intérêt dans des pays comme la France : d'une part le cheval peut permettre la valorisation de surfaces exploitées plus extensivement que par le passé; d'autre part l'utilisation de lait de jument à des fins diététiques ou en cosmétologie se développe. Dans ce dernier cadre, il importe de mieux connaître les facteurs contrôlant la sécrétion lactée, tant sur le plan qualitatif que quantitatif. Ainsi, l'aptitude à la traite des juments traditionnellement allaitantes est mal connue. Dans un deuxième temps, il sera alors nécessaire de rechercher les qualités, physiques ou chimiques, du lait de jument, qui justifient son utilisation pratique et permettent d'apprécier de manière objective son impact sur la santé humaine ou son intérêt en cosmétologie.

RÉFÉRENCES

- Alaguzhin A (1974) Changes in milk yield of Lokai mares during lactation. *Trudy Tadz Sel'skokozyaistevennyi Ims* 19, 216-226 (en russe)
- Bonait B (1985) Composition du lait et sélection laitière chez les bovins. *Bull Tech CRZV Theix INRA* 59, 51-56
- Bouwman H, Van Der Schee W (1978) Composition and production of milk from Dutch warmblooded saddle horse mares. *Z Tierphysiol Tierernähr Futtermitteltk* 40, 39-53
- Cherepanova VP, Belokobylenko VT (1974) Milk ejection characteristics in machine milking of mares. Proc 3rd all-union Symp Physiol principles machine milking Borovsk, in *Dairy Sci Abstr* 37, 691 (en russe)
- Chilliard Y (1986) Revue bibliographique : variations quantitatives et métabolisme des lipides dans les tissus adipeux et le foie au cours du cycle gestation-lactation. 1^{re} partie: chez la ratte. *Reprod Nutr Dev* 26, 1057-1103
- Chilliard Y (1987) Revue bibliographique: variations quantitatives et métabolisme des lipides dans les tissus adipeux et le foie au cours du cycle gestation-lactation. 2^e partie: chez la brebis et la vache. *Reprod Nutr Dev* 27, 327-398
- Csapo J, Stefler J, Martin TG, Makray S, Csapo-Kiss Zs (1993) Composition of mare's colostrum and milk. I. Fat content and fatty acid composition. *Proc 44th Annu Meet Europ Assoc Anim Prod Aarhus*, 4 p
- Csapo-Kiss Zs, Stefler J, Martin TG, Makray S, Csapo J (1993) Composition of mare's colostrum and milk. II. Protein content, amino acid composition and biological value. *Proc 44th Annu Meet Europ Assoc Anim Prod Aarhus*, 4 p
- Dils R, Clark S, Knudsen J (1977) Comparative aspects of milk fat synthesis. *Symp Zool Soc Lond* 41, 43-55
- Doreau M (1983) Influence de la prise alimentaire sur les variations de différents constituants plasmatiques chez la vache en fin de gestation et en début de lactation. *Ann Rech Vet* 14, 39-48
- Doreau M, Martin-Rosset W (1985) Uraemia in the mare: effects of seasonal variations, of energy level of the diet and individual differences. *Ann Rech Vet* 16, 87-91
- Doreau M, Boulot S (1989a). Recent knowledge on mare milk production: a review. *Livest Prod Sci* 22, 213-235
- Doreau M, Boulot S (1989b) Methods of measurement of milk yield and composition in nursing mares: a review. *Lait* 69, 159-171
- Doreau M, Ferlay A (1994) Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. *Anim Feed Sci Technol* 45, 379-396
- Doreau M, Boulot S, Martin-Rosset W, Dubroeuq H (1986) Milking lactating mares using oxytocin: milk volume and composition. *Reprod Nutr Dev* 26, 1-11
- Doreau M, Chilliard Y, Bauchart D, Morand-Fehr P (1987) Besoins en lipides des ruminants. *Bull Tech CRZV Theix INRA* 70, 91-97
- Doreau M, Martin-Rosset W, Boulot S (1988a) Energy requirements and the feeding of mares during lactation: a review. *Livest Prod Sci* 23, 53-68
- Doreau M, Bruhat JP, Martin-Rosset W (1988b) Effet du niveau des apports azotés chez la jument en début de lactation. *Ann Zootech* 37, 21-30
- Doreau M, Boulot S, Barlet JP, Patureau-Mirand P (1990) Milk yield and composition of milk from lactating mares: effect of lactation stage and individual differences. *J Dairy Res* 57, 449-454
- Doreau M, Boulot S, Martin-Rosset W (1991a) Effect of parity and physiological state on intake, milk pro-

- duction and blood parameters in lactating mares differing in body size. *Anim Prod* 53, 111-118
- Doreau M, Elmeddah Y, Chilliard Y (1991b) Influence of lipid supplement as calcium salts on milk yield and composition, according to basal diet and lactation stage. *Proc 42nd Annu Meet Europ Assoc Anim Prod Berlin* 38-39
- Doreau M, Boulot S, Bauchart D, Barlet JP, Martin-Rosset W (1992) Effect of diet on voluntary intake, milk production and plasma metabolites in nursing mares. *J Nutr* 122, 992-999
- Doreau M, Boulot S, Chilliard Y (1993) Yield and composition of milk from lactating mares: Effect of body condition at foaling. *J Dairy Res* 60, 457-466
- Duisembaev KI, Akimbekov BR (1982) Variation of milk yield and its relationship with milk composition of mares at a koumiss farm. *Sborn Nauch Trudov Kazakh Nauch-Issled Tekhnol Inst Ovtsev* 95-100. In: *Dairy Sci Abstr* 46, 652 (en russe)
- Faverdin P, Hoden A, Coulon JB (1987) Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. *Bull Tech CRZV Theix INRA* 70, 133-152
- Fedotov PA, Akimbekov BR (1983) Increasing milk production of kushum mares. *Konevodstvo Konnyl sport* 11, 6-7 (en russe)
- Garnsworthy PC, Topps JH (1982) The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. *Anim Prod* 35, 113-119
- Gibbs PD, Potter GD, Blake RW, McMullan WC (1982) Milk production of quarter horse mares during 150 days of lactation. *J Anim Sci* 54, 496-499
- Gill RJ, Potter GD, Kreider JL, Schelling GT, Jenkins WL (1983) Postpartum reproductive performance of mares fed various levels of protein. *Proc 8th Eq Nutr Physiol Symp Kentucky State Univ* 311-316
- Goryaev MI, Shafieva LK, Denisova LG (1970) Fatty acid composition of fat in mares milk and koumiss. *Moloch Prom* 31, 22-24 (en russe)
- Hambraeus L (1984) Human milk composition. *Nutr Abstr Rev A* 54, 219-236
- Harzer G, Dieterich I, Haug M (1984) Effect of the diet on the composition of human milk. *Ann Nutr Metab* 28, 231-239
- Henneke DR, Potter GD, Kreider JL (1981) Rebreeding efficiency in mares fed different levels of energy during late gestation. *Proc 7th Eq Nutr Physiol Symp Virginia State Univ* 101-104
- Hintz HF, Argenzio RA, Schryver HF (1971) Digestion coefficients, blood glucose levels and molar percentage of volatile fatty acids in intestinal fluid of ponies fed varying forage-grain ratios. *J Anim Sci* 33, 992-995
- Jamsranjav N, Grigor'eva VN (1973) Distribution of fatty acids in glycerides of mare's milk lipids. *Izv Vysshikh Uchebnykh Zavedenii Pishchevaya Tekhnol* 5, 34-36 (en russe)
- Jamsranjav N, Rabinovich PM (1974) Fatty acid composition of mare milk fat. *Moloch Prom* 1, 45-46 (en russe)
- Jelliffe DB, Jelliffe EFP (1978) The volume and composition of human milk in poorly nourished communities. A review. *Am J Clin Nutr* 31, 492-515
- Jenness R (1974) The composition of milk. In: *Lactation*, vol III (Larson BL, Smith VR, eds). Academic Press, 3-107
- Jordan RM (1979) A note on the energy requirements for lactation of pony mares. *Proc 6th Eq Nutr Physiol Symp Texas A&M Univ* 27-32
- Journet M, Rémond B (1980) Influence de l'alimentation et de la saison sur les fractions azotées du lait de vache. *Lait* 60, 140-159
- 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, Vérité R, Vignon B (1975) L'azote non protéique du lait: facteurs de variation. *Lait* 55, 212-223
- Just R (1983) The role of the large intestine in the digestion of nutrients and amino acid utilization in monogastrics. *Proc IVth Int Symp Protein Metabolism and Nutrition Vol 1* Ed INRA Publ Paris, 289-309
- Kubiak JR, Evans JW, Potter GD, Harms PG, Jenkins WL (1989) Milk production and composition in the multiparous mare fed to obesity. *Proc 11th Eq Nutr Physiol Symp Stillwater, Oklahoma* 295-296
- Kulis M (1970) Wplyw niektórych czynnikow niedziedzicznych na sklad mleka klaczy w ciagu laktacji. *Zesz Nauk Wyzs Szkol Roln Krakow* 61, 17-28
- Larnicol-Mellin S (1984) État d'engraissement des vaches laitières à la mise-bas: effets sur quelques paramètres zootechniques selon le niveau d'alimentation. *Thèse Doct Ing Univ Montpellier*, 103 p
- Le Doré A, Rémond B, Grappin R, Jeunet R, Journet M (1986) Teneurs du lait de vache en ses principales fractions azotées et en matières grasses: effets de quelques caractéristiques des animaux et de leur alimentation. *Bull Tech CRZV Theix INRA* 63, 13-20
- Le Du J (1986) Mechanical milking of mares. *Proc 37th Annu Meet Europ Assoc Anim Prod Budapest*, 12 p
- Le Neindre P, Petit M, Tomassone R, Roux C (1976a) Production laitière des vaches allaitantes et croissance de leurs veaux. *Ann Zootech* 25, 221-241
- Le Neindre P, Petit M, Muller A (1976b) Production laitière de vaches normandes à la traite ou à l'allaitement. *Ann Zootech* 25, 533-542
- Linzell JL, Anison F, Bickerstaffe R, Jeffcott LB (1972) Mammary and whole-body metabolism of glucose, acetate, palmitate in the lactating horse. *Proc Nutr Soc* 31, 72-73
- Lonnerdal B (1986) Effects of maternal dietary intake on human milk composition. *J Nutr* 116, 499-513

- Macleod GK, Yu Y, Schaeffer LR (1977) Feeding value of protected animal tallow for high yielding dairy cows. *J Dairy Sci* 60, 726-738
- Mariani P, Martuzzi F, Catalano AL (1993) Composizione e proprietà fisico-chimiche del latte di cavalla: variazione dei costituenti azotati e minerali nel corso della lattazione. *Ann Fac Med Vet Univ Parma* 13, 43-58
- Martin RG, McMeniman NP, Dowsett KF (1991) Effects of a protein deficient diet and urea supplementation on lactating mares. *J Reprod Fert Suppl* 44, 543-550
- Martin RG, McMeniman NP, Dowsett KF (1992) Milk and water intakes of foals sucking grazing mares. *Equine Vet J* 24, 295-299
- Martin-Rosset W, Doreau M (1980) Effect of variations in the level of feeding of heavy mares during late pregnancy. *Proc 31st Annu Meet Europ Assoc Anim Prod München* 6 p
- Martin-Rosset W, Doreau M, Cloix J (1978) Étude des activités d'un troupeau de poulinières de trait et de leurs poulains au pâturage. *Ann Zootech* 27, 33-45
- Meadows DG, Potter GD, Thomas WB, Hesby J, Anderson JG (1979) Foal growth, milk production and milk composition from mares fed combinations of soybean meal or urea supplements. *J Anim Sci* 49 (suppl 1), 247
- Neseni R, Flade E, Heidler G, Steger H (1958) Milchleistung und Milchzusammensetzung von Stuten im Verlaufe der Laktation. *Arch Tierzucht* 1, 91-129
- Oftedal OT (1984) Milk composition, milk yield and energy output at peak lactation: a comparative review. *Symp Zool Soc Lond* 51, 33-85
- Oftedal OT, Hintz HF, Schryver HF (1983) Lactation in the horse: milk composition and intake by foals. *J Nutr* 113, 2196-2206
- Orlov VK, Servetnik-Chalaya GK (1982) Some physicochemical characteristics of fat and fatty acid composition of mares' milk and shubath lipids. *Voprossy Pitania* 2, 59-61 (en russe)
- Ott EA (1970) Energy and protein for reproduction in the horse. *Proc 2nd Eq Nutr Physiol Symp Cornell Univ* 6-10
- Pagan JD, Hintz HF (1986) Composition of milk from pony mares fed various levels of digestible energy. *Cornell Vet* 76, 139-148
- Pagan JD, Hintz HF, Rounsaville TR (1984) The digestible energy requirements of lactating pony mares. *J Anim Sci* 58, 1382-1387
- Pan YS, Cook LJ, Scott TW (1972) Formaldehyde-treated casein-safflower oil supplement for dairy cows. I. Effect on milk composition. *J Dairy Res* 39, 203-210
- Pastukhova ZM, Gerbeda VV (1982) Comparative study of the lipid composition of mare's milk and kummiss mixture prepared on the basis of cow's milk. *Voprossy Pitania* 1, 34-36 (en russe)
- Peaker M (1980) Influence of diet on yield and contents of lactose and minerals in milk. *Bull Int Dairy Fed Doc* 125, 159-163
- Peltonen T, Kossila V, Antila V, Huida L (1980) Effect of protein supplementation on milk composition of the mare and growth rate of their foals. *Proc 31st Annu Meet Europ Assoc Anim Prod München*, 6 p
- Rémond B (1985) Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache. 2- Taux protéique: facteurs généraux. *Bull Tech CRZV Theix INRA* 62, 53-67
- Romsos DR, Palmer HJ, Muiruri KL, Bennink MR (1981) Influence of a low carbohydrate diet on performance of pregnant and lactating dogs. *J Nutr* 111, 678-689
- Rulquin H (1992) Intérêts et limites d'un apport de méthionine et de lysine dans l'alimentation des vaches laitières. *INRA Prod Anim* 5, 29-36
- Salmon-Legagneur E (1964a) Les constituants azotés du lait de truie: évolution au cours de la lactation et influence du régime alimentaire. *Ann Biol Anim Biochim Biophys* 4, 49-62
- Salmon-Legagneur E (1964b) Relations entre les graisses ingérées, les lipides corporels et les acides gras du lait chez la truie. *Ann Biol Anim Biochim Biophys* 4, 141-155
- Storch R (1969) Über das maschinelle Melken von Stuten. *Milchwissenschaft* 24, 145-146
- Sutton EI, Bowland JP, Ratcliff WD (1977) Influence of level of energy and nutrient intake by mares on reproductive performances and blood serum composition of the mares and foals. *Can J Anim Sci* 57, 551-558
- Tarasevich LF (1977) Milk production of white-Russian coach mares. *Nauch Osnov Razv Zhivotnov BSSR* 7, 110-115 (en russe)
- Tarasevich LF (1979) The relationship of milk production of white-Russian coach mares with udder shape and measurements. *Sbornik Trudov bieloruskii nauchno-issledovatel'skii Inst Zhivotnovodstva* 20, 110-114. *In Anim Breed Abstr* 48, 4456 (en russe)
- Tazi A, Bagrel B (1981). P-urée: variations biologiques et valeurs de référence. In: *Interprétation des examens de laboratoire: valeurs de référence et variations biologiques*, 2^e édition (Siest G, Henny J, Schiele F, eds), Karger, Bâle, 416-427
- Tisserand JL (1986) Particuliers de la digestion. *41th World Congr Anim Feed Madrid* 1, 369-378
- Zimmerman RA (1985) Effect of ration on composition of mare's milk. *Proc 9th Eq Nutr Physiol Symp Michigan State Univ* 96-102
- Zoiopoulos PE, English PR, Topps JH (1982) High-fibre diets for ad libitum feeding of sows during lactation. *Anim Prod* 35, 25-33