

Influence d'un déficit énergétique sur la composition du lait

Isabelle Morel¹, Marius Collomb¹, Anette van Dorland² et Rupert Bruckmaier²

¹Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 1725 Posieux

²Physiologie vétérinaire, Faculté Vetsuisse de l'Université de Berne, 1725 Posieux

Renseignements: Isabelle Morel, e-mail: isabelle.morel@alp.admin.ch, tél. +41 26 407 72 46



Le déficit énergétique a été provoqué principalement par une réduction des apports d'aliments concentrés, le foin étant donné *ad libitum*.

Introduction

En phase de début de lactation, un bilan énergétique négatif est quasi inévitable pour la vache à haute production, mais cette situation semble moins problématique à partir du troisième mois de lactation. Elle peut néanmoins survenir à l'alpage ou lors de périodes de pâture dans des conditions difficiles. Selon Leiber (2005), ce déficit énergétique pourrait expliquer certaines modifications de la composition de la matière grasse du lait produit en altitude.

Cet essai fait directement suite à une première expérimentation, au cours de laquelle 28 vaches ont été suivies en deux groupes pendant tout le tarissement puis alimentées de la même manière pendant les 12 à 18 premières semaines de lactation (Morel *et al.* 2008). La composition de la graisse corporelle et de la matière grasse du lait de ces vaches étant connues, les conditions sont réunies pour tenter d'expliquer les effets d'un déficit énergétique sur la composition de la matière grasse du lait.

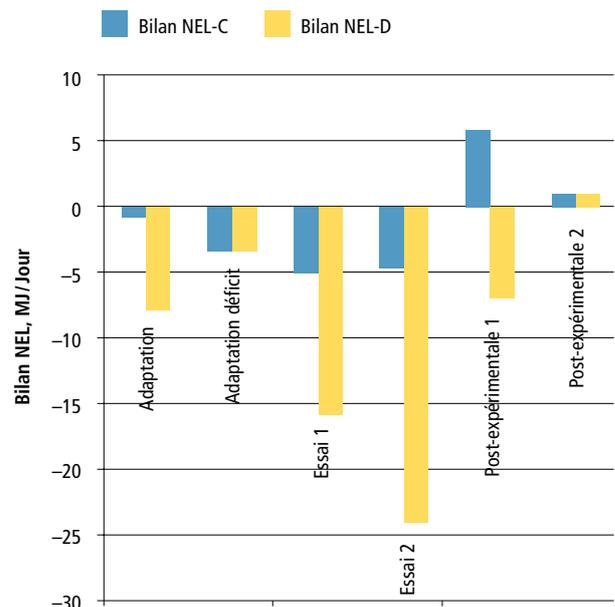


Figure 1 | Bilan NEL estimé durant les différentes phases de l'essai.

Méthode

Réalisation du projet

Les conditions expérimentales et la composition des aliments expérimentaux sont données dans les tableaux 1 à 3. En raison d'une répartition des vêlages sur une période d'environ deux mois, l'essai a été réalisé en deux séries selon le même modèle. Une première série a débuté avec les 12 vaches les plus avancées dans la lactation alors que la deuxième série a débuté dès que la dernière vache avait terminé sa 12^e semaine de lactation. Ainsi les vaches se trouvaient en moyenne en 14^e semaine de lactation au début de la période d'adaptation (minimum 12^e; maximum 18^e semaine). Pour la mise en valeur, les résultats des deux séries (24 vaches) ont été réunis, à l'exception de ceux relatifs à l'ingestion et au bilan énergétique (voir ci-après).

Résultats

Evolution de l'ingestion et bilan énergétique

Le passage de la stabulation libre, durant la semaine d'adaptation, à la stabulation entravée, lors de la semaine d'adaptation au déficit et des deux semaines de déficit, a engendré une baisse de l'ingestion, aussi bien pour le groupe de contrôle C (-1,4 kg MS/j) que pour le groupe déficit D (environ -3 kg MS/j). De plus, les refus pesés manuellement ne sont plus qu'un mélange d'ensilages, de foin (humidifié par l'ensilage) et de restes éventuels d'aliment concentré, dont il est difficile d'estimer les proportions exactes de chaque composant. C'est pourquoi le bilan énergétique donné à la figure 1, qui se base uniquement sur les résultats des vaches de la série 1, doit être considéré à titre indicatif, les valeurs n'étant pas à prendre de façon absolue. Cependant, le déficit énergétique planifié de 15 MJ par jour durant deux semaines semble avoir été atteint. Suite à la baisse de l'in-

Résumé

Un essai a été mis en place dans le but d'étudier l'effet d'un déficit énergétique de l'ordre de 15 MJ par jour pendant deux semaines sur la composition de la matière grasse du lait. Vingt-quatre vaches en début de phase de pleine lactation ont été réparties en deux variantes après avoir été nourries selon le même régime (foin, mélange d'ensilages d'herbe et de maïs, pommes de terre, concentrés énergétique et protéique, aliment minéral) et gardées dans les mêmes conditions depuis le vêlage. Dans la variante C (Contrôle), les vaches ont été nourries selon les recommandations, alors que dans le groupe D (Déficit), les vaches ont été mises progressivement en situation de déficit énergétique pour atteindre un bilan énergétique de -15 MJ/jour sur une durée de deux semaines. Cette phase a été suivie par deux semaines de retour à un approvisionnement selon les recommandations. Durant la phase de déficit, le poids vif, le BCS (body condition score ou note d'état corporel), la production laitière et le taux protéique ont diminué alors que le taux de matière grasse et d'urée dans le lait ont augmenté. Tendanciellement, par rapport aux valeurs mesurées durant la phase d'adaptation, la composition de la matière grasse du lait a été modifiée sous forme d'une augmentation des acides gras (AG) longs (C18 et plus), parmi lesquels principalement l'acide oléique (C18:1c9) ainsi que la somme des AG oméga 3. Proportionnellement, on observe une baisse des AG saturés au profit d'AG mono- et polyinsaturés. La plupart des effets constatés durant le déficit sont partiellement ou entièrement réversibles après deux semaines de retour à une alimentation conforme aux recommandations.

Tableau 1 | Dispositif expérimental et rationnement

DURÉE (semaines d'essai)	DÉSIGNATION RATIONS	RATION	
		Variante C Contrôle	Variante D Déficit
		Foin qualité bonne (série 1) à moyenne (série 2) <i>ad lib.</i> Mélange ensilages herbe et maïs (50:50) <i>ad lib.</i> Aliment concentré riche en énergie Aliment concentré protéique Aliment minéral	
1 semaine (= sem 1)	Adaptation	Apports conformes aux recommandations	
1 semaine (= sem 2)	Adaptation déficit	Apports conformes aux recommandations	Déficit énergétique progressif de 0 à 15 MJ par jour
2 semaines (= sem 3-4)	Essai (1 et 2)	Apports conformes aux recommandations	Déficit énergétique de 15 MJ par jour
2 semaines (= sem 5-6)	Post-expérimentale (1 et 2)	Apports conformes aux recommandations	

Tableau 2 | Conditions expérimentales

Variantes	Contrôle C	Déficit D
Nombre d'animaux	12 vaches (6 par série)	12 vaches (6 par série)
Attribution aux variantes C et D	En fonction de la note d'état corporel BCS (<i>body condition score</i>), du numéro de lactation, de la production laitière et de la composition du lait.	
Garde	Périodes d'adaptation (1 semaine) et post-expérimentale (2 semaines): stabulation libre Périodes d'adaptation au déficit (1 semaine) et expérimentale (2 semaines): stabulation entravée	
Paramètres expérimentaux (fréquence d'enregistrement)	Poids vif (2 x par jour) Production laitière (2 x par jour) Ingestion (quotidienne) BCS (3x: début sem. 1, fin sem. 4, fin sem. 6) Teneurs du lait: – mat. grasse, protéines, lactose, urée, caséine, cellules (2 x par semaine) – acides gras (3x: fin sem. 1, fin sem. 4, fin sem. 6) Paramètres sanguins: AGNE (acides gras non estérifiés) et BHB (bétahydroxybutyrate) (3x: fin sem. 1, fin sem. 4, fin sem. 6)	

Tableau 3 | Composition chimique et valeur nutritive des fourrages et aliments (en g/kg MS)

Constituant (Échantillons: n)	Foin série 1 (1)	Foin série 2 (2)	Ensilage d'herbe (3)	Ensilage de maïs (3)	Aliment énergétique (4)	Aliment protéique ¹ (4)	Aliment minéral (4)
Matière sèche	886	903	362	334	865	865	937
Cendres	93	84	102	32	51	53	521
Matière azotée	157	138	183	74	117	578	52
Cellulose brute	244	274	241	201	28	24	47
Matière grasse	20	18	35	23	32	29	60
Lignocellulose	269	307	276	225	43	65	62
Parois cellulaires	475	530	416	407	125	88	130
NEL (MJ)	5,8	5,0	6,5	6,4	8,1	8,2	4,5
PAIE	96	85	87	66	109	344	35
PAIN	100	87	115	46	80	443	24
Ca	3,3	5,4	5,4	1,7	10,0	2,5	101,1
P	4,2	3,8	4,8	1,8	3,7	6,1	59,9
Mg	1,3	2,1	1,6	1,0	1,2	2,3	30,2
C 14:0	0	0	0	0	0	0	1,2
C 16:0	2,2	1,9	3,1	3,5	3,6	3,6	11,8
C 16:1	0	0,9	1,5	0,2	0	0	1,2
C 18:0	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	0,9	7,2
C 18:1	0,4	0,4	0,5	5,6	5,3	6,1	17,9
C 18:2	2,3	1,7	3,6	11,8	13,8	11,9	8,0
C 18:3	7,0	5,1	12,7	1,4	0,7	0,9	0,8
Σ saturés	2,3	2,1	3,6	4,3	4,0	4,7	21,0
Σ monoinsaturés	0,4	1,3	1,3	5,7	5,3	6,1	20,0
Σ polyinsaturés	9,3	6,8	16,3	13,6	14,5	12,8	8,7

¹ De façon à ne pas influencer la composition du lait, l'aliment protéique ne contenait pas de matières premières riches en matière grasse. Il était composé de 60 % de tourteau d'extraction de soja (9,5 g MG/kg MS), 25 % de gluten de maïs 60, 10 % de protéines de pommes de terre et 5 % de mélasse.

gestion mentionnée ci-dessus, le bilan énergétique du groupe C est lui aussi légèrement négatif durant les trois semaines de détention à l'attache, ce qui a été pris en compte lors de l'interprétation des résultats.

Evolution du poids et du BCS

Le poids et le BCS (*body condition score*, ou note d'état corporel) du groupe D ont réagi au déficit énergétique par une baisse de poids d'environ 20 kg et une diminution de 0,06 point de BCS durant la phase de déficit par rapport aux valeurs initiales. Le groupe de contrôle a également subi une légère baisse d'environ 9 kg et 0,04 point BCS à la suite du changement de système de garde et de distribution des fourrages.

Production laitière et teneurs du lait durant les différentes phases de l'essai

Dans le groupe C comme dans le groupe D, la production laitière a chuté d'environ 2 à 2,5 kg entre la période d'adaptation et la deuxième semaine d'essai. Malgré le déficit énergétique auquel elles ont été soumises, les vaches du groupe D n'ont pas réagi de façon plus marquée que celles du groupe de contrôle pendant les deux semaines d'essai. Elles ont donc probablement davantage puisé dans leurs réserves corporelles. Au retour en stabulation libre, la production laitière des deux groupes a de nouveau augmenté. La diminution de la production laitière semble par conséquent davantage liée au changement du système de garde qu'au déficit énergétique. Les teneurs du lait des vaches du groupe D ont évolué



Figure 2 | Evolution des teneurs en matière grasse, protéines, lactose et urée durant les différentes phases de l'essai.

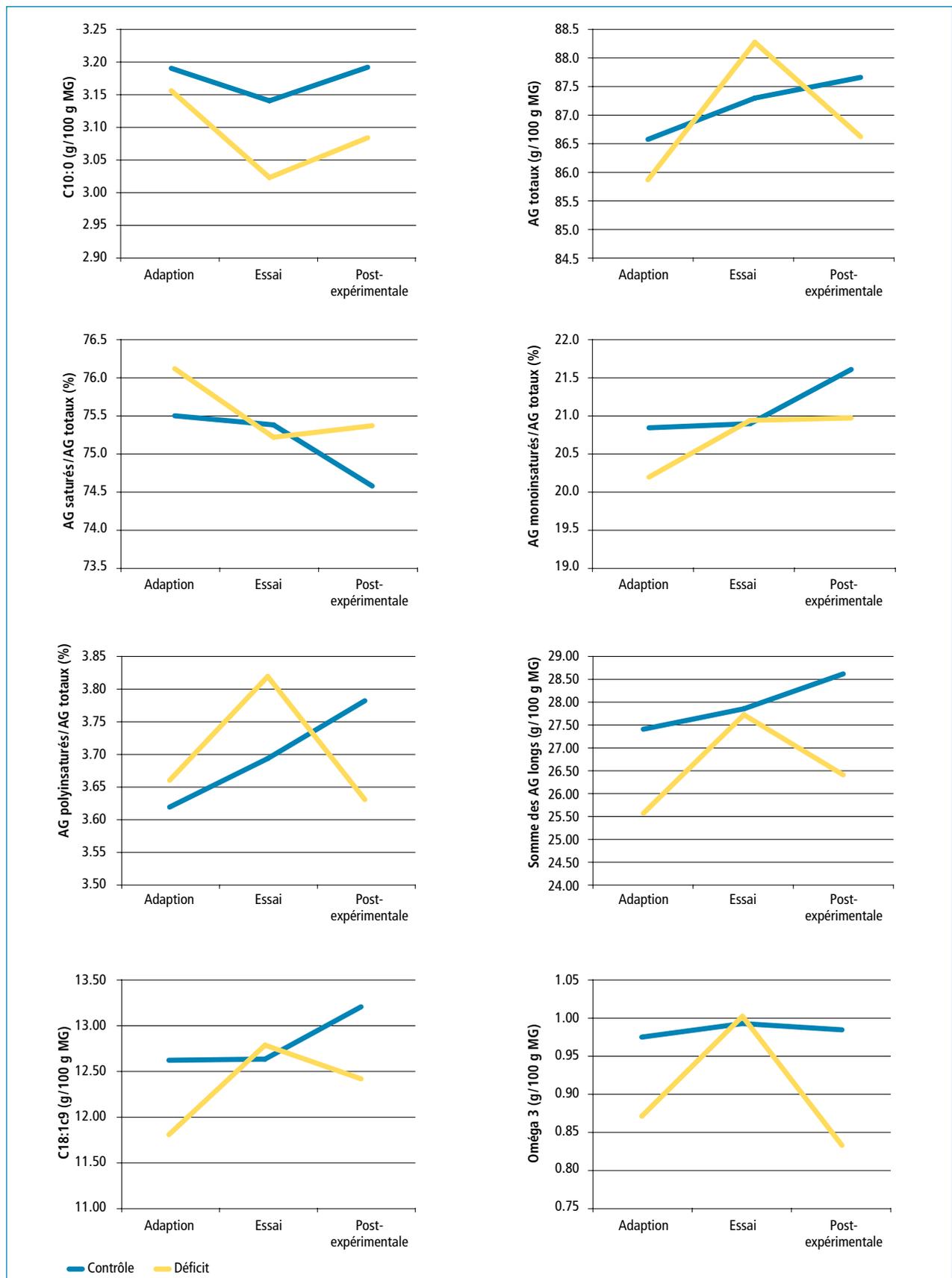


Figure 3 | Concentration des principaux acides gras et groupes d'acides gras dans le lait durant les trois périodes de l'essai (adaptation, essai et post-expérimentale).

conformément à ce qu'on pouvait supposer (fig. 2), soit par une augmentation passagère de la teneur en matière grasse durant la phase de déficit, en raison de la mobilisation de réserves corporelles, ainsi que par une diminution des teneurs en protéines et caséines, du fait que les PAIE étaient présentes en moins grande quantité, avec en parallèle une augmentation de la concentration en urée. Pour les vaches du groupe de contrôle, les teneurs en urée sont restées stables, de même que les teneurs en protéines et en lactose, alors que la matière grasse évolue en parallèle en dessous de celle du groupe D.

Acides gras dans la matière grasse du lait

Parmi les principaux acides gras (AG) analysés, aucune différence significative n'apparaît entre les laits des vaches nourries selon les recommandations et celles qui sont en déficit énergétique, et ceci aussi bien durant la phase d'essai que durant la période post-expérimentale. A la fin de la période d'adaptation, les valeurs ne se différencient pas statistiquement, excepté pour l'acide stéarique (C18:0), plus élevé au départ de l'essai dans le lait des vaches du groupe C. Le déficit énergétique a malgré tout engendré quelques modifications, visibles sur la figure 3, dans l'évolution suivie par certains AG ou groupes d'AG ainsi que dans les relations entre différents groupes d'acides gras.

A l'image de l'acide caprique (C10:0), on voit que les AG courts (C6, C8, C10) jusqu'au C12 diminuent durant le déficit. Selon Palmquist *et al.* (1993), lorsque les vaches sont en bilan énergétique négatif, la synthèse *de novo* mammaire des AG courts et moyens diminue alors que la mobilisation des AG du tissu adipeux augmente. L'acide butyrique C4 est en revanche stable, ce qui semble être caractéristique pour cet AG (Chilliard *et al.* 2001).

Conformément à ce qui a été observé avec la teneur en matière grasse, la somme totale des AG a augmenté durant la période de déficit à la suite de la mobilisation des tissus adipeux avant de rebaisser ultérieurement. Quantitativement, ce sont donc avant tout les AG longs (C18 et plus) qui sont concernés par cette mobilisation avec une augmentation de plus de 8 % entre la période d'adaptation et la période de déficit énergétique.

Proportionnellement, la part des acides gras saturés chute d'environ un point pourcent chez les vaches du

groupe D entre l'adaptation et le déficit avant de se stabiliser en phase post-expérimentale et, parallèlement, la part des AG monoinsaturés augmente de 0,8 point pourcent et se stabilise également par la suite. Les AG polyinsaturés réagissent de même positivement au moment du déficit (+0,2 point pourcent) avant de retomber ensuite au taux initial. Le groupe de contrôle subit aussi certains changements dans ces relations entre groupes d'AG mais de façon beaucoup plus linéaire comme une évolution dans le temps. >



Figure 4 | Durant la phase de déficit énergétique, la teneur en matière grasse et en oméga-3 dans le lait était plus élevée que lorsque les vaches étaient nourries conformément aux recommandations. (Photo: Alexandra Schmid, ALP)

Parmi les AG longs concernés par une augmentation pendant le déficit, on trouve, d'une part, l'acide oléique (C18:1c9), connu comme indicateur d'un état de sous-alimentation en énergie (Kaufmann, 1980). Il s'agit en effet du principal constituant des réserves corporelles avec une proportion de près de 45 % selon Rukkwamsuk *et al.* (2000). Dans des analyses de tissus adipeux prélevés sur ces mêmes vaches trois semaines après le vêlage, la proportion de C18:1 s'était élevée à 43 %. D'autre part, la somme des oméga 3, dont le principal représentant est l'acide α -linoléique, a également sensiblement augmenté entre la période d'adaptation et la période d'essai (+15 %). Dans sa thèse, Leiber (2005) avait montré que la concentration en acide α -linoléique dans le lait des vaches pâturées à l'alpage était supérieure d'un facteur de 0,63 par rapport au lait produit en plaine par les mêmes vaches trois semaines plus tôt ($P < 0,001$), ceci malgré le fait que l'ingestion de 18:3n3 ait été notablement diminuée à l'alpage. Parmi les trois hypothèses avancées pour expliquer ce phénomène, deux étaient en rapport avec le déficit énergétique des vaches. D'une part, en raison d'une mobilisation préférentielle des 18:3n3 du tissu adipeux ou, d'autre part, en raison d'une activité réduite de la biohydrogénation dans le rumen engendrée par un déficit énergétique ou par des constituants secondaires spécifiques des plantes (troisième hypothèse). Agenäs *et al.* (2002) ont également observé une augmentation de la concentration en acide α -linoléique dans le lait lors d'un bilan énergétique négatif.

Les CLA (*conjugated linoleic acid* = acides linoléiques conjugués) tendent à augmenter également mais parallèlement à l'évolution suivie dans le groupe de contrôle et tout en restant à un niveau très faible (0,48 g/100 g MG

pour les deux groupes C et D à la fin de la période d'essai).

Selon Agenäs *et al.* (2002), lorsque la synthèse *de novo* dans la glande mammaire est faible, comme c'est le cas ici durant le déficit, l'activité de la Δ^9 -desaturase est favorisée, ce qui expliquerait aussi l'augmentation de l'acide oléique (C18:1c9). Ce mécanisme servirait en fait à régulariser le point de fusion de la matière grasse du lait.

Conclusions

Les différences entre les deux variantes expérimentales ne sont pas significatives, notamment les résultats de composition en acides gras de la matière grasse du lait. Mais comme les animaux du groupe de contrôle ont eu une réaction suite au changement de système de garde, les conclusions ci-après sont basées sur les résultats du groupe D uniquement.

Le déficit énergétique de 15 MJ/j sur une période de 2 semaines a entraîné les tendances suivantes :

- baisse du poids vif et du BCS
- baisse de la production laitière, du taux protéique et de la production de protéines avec en parallèle augmentation de la teneur en matière grasse du lait et de la concentration en urée dans le lait
- dans la matière grasse du lait, augmentation des AG longs (C18 et plus) parmi lesquels le C18:1c9 (acide oléique) et la somme des AG oméga 3
- proportionnellement, baisse des AG saturés au profit des d'AG mono- et polyinsaturés

Après deux semaines de retour à une alimentation conforme aux recommandations, la plupart de ces paramètres retournent aux valeurs de départ. ■

Riassunto**Effetto di un deficit energetico sulla composizione del latte**

Una prova è stata effettuata per valutare l'effetto di un deficit energetico dell'ordine di 15 MJ/giorno durante due settimane sulla composizione della materia grassa (MG) del latte. Ventiquattro vacche all'inizio della fase di piena lattazione sono state suddivise in due varianti dopo essere state afforaggiate con la medesima dieta (fieno, miscela d'insilati d'erba e di mais, patate, alimenti concentrati energetici e proteici, alimenti minerali) e tenute nelle stesse condizioni post-parto. Nella variante C (controllo), le vacche sono state afforaggiate seguendo le raccomandazioni, mentre nel gruppo D (deficit) sono state messe progressivamente in situazione di deficit energetico fino a raggiungere un bilancio energetico di -15 MJ/giorno per un periodo di due settimane. Dopo questa fase si è ritornati per ulteriori due settimane ad un approvvigionamento una dieta normale. Durante la fase deficitaria il peso vivo, il BCS, la produzione lattiera e il tasso proteico sono diminuiti mentre il tasso di MG e quello d'urea nel latte sono aumentati. Tendenzialmente, rispetto ai valori misurati durante la fase d'adeguamento, la composizione della MG del latte è stata modificata con un aumento degli acidi grassi (AG) lunghi (C18 e oltre), in particolare il C18:1c9 (acido oleico) e la somma degli AG omega 3. Proporzionalmente si osserva un calo degli AG saturi a vantaggio degli AG mono e polinsaturi. La maggior parte degli effetti constatati durante il deficit sono parzialmente o interamente reversibili dopo due settimane di ritorno a un'alimentazione conforme alle raccomandazioni.

Bibliographie

- Agenäs S., Holtenius K., Griinari M & Burstedt E., 2002. Effects of turnout to pasture and dietary fat supplementation on milk fat composition and conjugated linoleic acid in dairy cows. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Sciences* 52 (1), 25–33.
- Bachmann H.-P. & Jans F., 1995. Interner Bericht FAM 7/95. Einfluss von Milch von Kühen im Energiedefizit auf die Qualität von Modell-Emmentaler und Gruyère, 23 p.
- Chilliard Y., Ferlay A. & Doreau M., 2001. Contrôle de la qualité nutritionnelle des matières grasses du lait par l'alimentation des vaches laitières: acides gras trans, polyinsaturés, acide linoléique conjugué. *INRA Prod. Anim.* 14 (5), 323–335.
- Kaufmann W., 1980. Protein degradation and synthesis within the reticulo-rumen in relation to milk protein synthesis. *Bulletin of the IDF* 125 (14), 152–158.

Summary**Influence of an energy deficient diet on milk composition**

An experiment was set up to study the effect of an energy deficit of approximately 15 MJ per day for two weeks on the composition of milk fat. Twenty-four cows at the beginning of full lactation, which were fed the same diet (hay, mixtures of silage of grass and corn, potatoes, concentrates of energy, protein and minerals) and kept under the same conditions after calving, were allotted to two groups. In group C (control), the cows were fed according to the recommendations, whereas in group D (deficit), the cows were slowly introduced to a diet resulting in an energy deficit of 15 MJ/day for two weeks. This phase was followed by a two weeks return to a normal diet. During the deficit phase, the live weight, BCS, milk production and protein levels decreased whereas the urea and fat content of milk increased. Compared to the values measured during the adaptation phase, the composition of the fat content of milk tended to have increased long (C18 and more) chain fatty-acids (FA), mainly C18:1c9 (oleic acid) as well as the sum of omega-3 FA. There was a proportional decrease in saturated FA compared to mono- and poly-unsaturated FA. The majority of the effects noted during the deficit period were partially or entirely reversed after two weeks back to a recommended diet.

Key words: dairy cows, milk fat, fatty acids, body reserves.

- Leiber F., 2005. Causes and extent of variation in yield, nutritional quality and cheese-making properties of milk by high altitude grazing of dairy cows. Thèse ETHZ n° 15735, 132 p.
- Morel I., Collomb M., Richter S., Reist M. & Bruckmaier R.M., 2008. Influence de l'alimentation durant la période de tarissement sur la composition du lait en début de lactation. *Revue suisse Agric.* 40 (5), 2003–2005.
- Palmquist D. L., Beaulieu A. D. & Barbano D. M., 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 76, 1753–1771.
- Rukkamsuk T., Geelen M. J. H., Kruip T. A. M. & Wensing T., 2000. Interrelation of fatty acid composition in adipose tissue, serum, and liver of dairy cows during the development of fatty liver postpartum. *J. Dairy Sci.* 83, 52–59.