

# **Influence de la structure de la ration et de la supplémentation lipidique sur la qualité nutritionnelle de la matière grasse du lait**

Q.C. Dang Van<sup>a</sup>, M. Focant<sup>a</sup>, E. Froidmont<sup>b</sup> et Y. Larondelle<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Université catholique de Louvain, Faculté d'Ingénierie biologique, agronomique et environnementale, Institut des Sciences de la Vie, Biologie de la Nutrition et Toxicologie environnementale, Croix du Sud 2 boîte L7.05.08, 1348 Louvain-la-Neuve,

[quynh.dangvan@uclouvain.be](mailto:quynh.dangvan@uclouvain.be)

<sup>b</sup>Centre wallon de Recherches agronomiques, Département Production et Filières, Unité Nutrition animal et Durabilité, Rue de Liroux 8, 5030 Gembloux

## **La matière grasse du lait a sans doute été diabolisée à tort !**

Le lait et les produits laitiers sont d'importantes sources de lipides dans notre alimentation, où ils contribuent à raison de 14% de l'apport total en lipides (FAOSTAT/FBS, 2006). En Europe, la consommation de matière grasse laitière a diminué ces dernières décennies. Cette tendance s'explique par le fait que la matière grasse laitière contient du cholestérol et des graisses saturées, contribuant à augmenter le risque de maladies cardiovasculaires. Cependant, le lait et les produits laitiers sont aussi d'importantes sources d'autres nutriments, tels que les protéines, le calcium et l'acide folique. Par conséquent, réduire la consommation de lait et de produits laitiers comme moyen de réduire l'ingestion de graisses saturées pourrait diminuer l'ingestion de certains de ces autres nutriments importants. Par ailleurs, la matière grasse laitière est la meilleure source d'acides linoléiques conjugués (CLA) dans l'alimentation. Ces acides gras (AG) ont de nombreux effets biologiques marqués et pourraient être potentiellement bénéfiques pour l'homme.

## **De quoi est composée la matière grasse du lait ?**

Le lait de vache contient en moyenne de 4 à 5% de matière grasse. La matière grasse, à son tour, contient plus de 95% de triglycérides, qui sont constitués de 3 AG estérifiés sur un glycérol. Les AG sont constitués d'une chaîne hydrocarbonée de longueur variable (4-24 carbones) avec un groupement méthyle (CH<sub>3</sub>) à une extrémité et un groupement carboxyle (COOH) à l'autre. Les AG peuvent être saturés, contenant uniquement des liaisons simples carbone-carbone, ou insaturés, contenant une ou plusieurs doubles liaisons carbone-carbone. Les doubles liaisons des acides gras insaturés (AGI) peuvent être soit en configuration *cis*, soit en configuration *trans*. La position et la configuration géométrique des doubles liaisons peuvent affecter les propriétés des AG. Plus des deux tiers des AG du lait sont constitués d'acides gras saturés (AGS), dont les principaux sont les acides laurique (12:0), myristique (14:0), palmitique (16:0) et stéarique (18:0). Le tiers restant est constitué d'AGI, dont les principaux sont les acides oléique (c9-18:1), linoléique (un AG essentiel oméga 6, c9,c12-18:2 ou 18:2 n-6) et •-linoléique (un AG essentiel oméga 3, c9,c12,c15-18:3 ou 18:3 n-3) et des AGI *trans*.

## **Certains acides gras du lait présentent des propriétés bénéfiques pour la santé**

La consommation excessive de certains AGS, en particulier les acides laurique, myristique et palmitique, est associée à un risque accru de maladies cardiovasculaires (Yu-Poth *et al.*, 1999). Les AGI, quant à eux, peuvent diminuer les risques de maladies cardiovasculaires, en particulier l'acide  $\alpha$ -linoléique (Kris-Etherton and Yu, 1997). L'acide vaccénique (t11-18:1) est un AGI à 18 carbones contenant une double liaison en configuration *trans*. La présence d'acide vaccénique dans la matière grasse du lait peut améliorer sa valeur nutritionnelle car les tissus humains peuvent partiellement convertir l'acide vaccénique en acide ruménique (un CLA, c9,t11-18:2 ou c9,t11-CLA) par la  $\Delta^9$ -désaturase, augmentant ainsi la quantité de CLA disponible pour l'organisme (Renaville *et al.*, 2006). Les CLA sont des isomères de l'acide linoléique dans lesquels les doubles liaisons sont séparées par une simple liaison carbone-carbone (au lieu d'un groupement méthyle). Les produits des ruminants, et donc la matière grasse du lait, sont les principales sources de CLA dans l'alimentation humaine. L'isomère principal est l'acide ruménique, qui constitue de 75 à 90% des CLA totaux (Parodi, 2003). L'acide ruménique aurait de nombreux effets biologiques marqués, des effets anti-athérogène, anti-cancérogène, immuno-stimulant et anti-inflammatoire, et donc pourrait être potentiellement bénéfique pour l'homme.

## **Une opportunité pour la filière laitière**

Compte tenu des effets positifs ou négatifs des AG sur la santé humaine, des expériences réalisées sur le troupeau de vaches laitières du CRA-W ainsi qu'en laboratoire sur du jus de rumen ont été menées depuis 2001 par l'UCL et avaient pour objectif l'amélioration de la qualité nutritionnelle de la matière grasse laitière (moins d'acides laurique, myristique, palmitique, plus d'acides  $\alpha$ -linoléique, vaccénique et ruménique), à travers l'alimentation des vaches laitières. Il s'agit donc là d'une opportunité offerte au secteur agricole laitier wallon de revaloriser la consommation et donc la production de matière grasse laitière.

## **Le rumen et la glande mammaire, lieux de transformation des lipides alimentaires**

La composition de la matière grasse du lait peut être modifiée par l'alimentation des vaches laitières, afin de mieux correspondre aux recommandations actuelles en matière de santé humaine. Cependant, à la différence des monogastriques (porcs et volaille), les modifications de la composition en AG du lait sont plus difficiles en raison du métabolisme important des AG dans le rumen et dans la glande mammaire. Les lipides alimentaires (triglycérides, galactolipides et phospholipides) qui entrent dans le rumen vont subir une première étape dite de lipolyse, qui est l'hydrolyse par des lipases microbiennes des liens esters des lipides alimentaires pour donner des AG libres. Les AG libres insaturés, dont les principaux sont les acides oléique, linoléique et  $\alpha$ -linoléique, vont ensuite subir une deuxième étape dite de biohydrogénation qui comprend d'abord une isomérisation pour donner un AG conjugué, puis plusieurs hydrogénations pour donner l'acide vaccénique comme dernier intermédiaire, et enfin, l'acide stéarique comme produit final (Harfoot and Hazlewood, 1988). Une petite partie des substrats et intermédiaires peuvent échapper à la biohydrogénation et se retrouver tels quels dans la glande mammaire. Cependant, l'AG

majoritaire qui quitte le rumen est l'acide stéarique, un AG saturé. Ce phénomène de biohydrogénation ruminale est la raison pour laquelle les AG tissulaires (viande et lait) sont principalement des AGS alors que la vache ingère principalement des AGI. Ces réactions, en fait beaucoup plus complexes en réalité, sont réalisées par la communauté microbienne du rumen, qui comprend des bactéries, des Archaea (spécifiques à la méthanogenèse), des protozoaires et des champignons. Dans la glande mammaire, les acides stéarique et vaccénique sont partiellement désaturés, sous l'action de la  $\Delta^9$ -désaturase, pour donner les acides oléique et ruménique (CLA), respectivement. La désaturation de l'acide vaccénique provenant du rumen est la source principale de CLA dans le lait. En effet, on estime que 60 à 90% de l'acide ruménique du lait provient de la synthèse endogène (Grinari and Bauman, 1999).

### **Un phénomène à éviter : le « low fat milk syndrome »**

Lorsque la vache reçoit une ration pauvre en fibres et supplémentée avec des quantités importantes de lipides insaturés, il se produit un phénomène particulier qu'on appelle chute du taux butyreux (en anglais milk fat depression), qui a pour conséquence de réduire le taux butyreux et de modifier la composition en AG du lait. Lorsque le phénomène de chute du taux butyreux se produit, il est le résultat d'un déplacement des voies de biohydrogénation qui au lieu de produire de l'acide vaccénique comme principal intermédiaire, produit le t10-18:1 qui est produit à sa place. Le t10,c12-18:2 (également un CLA, t10,c12-CLA), précurseur du t10-18:1 dans le rumen, inhibe la synthèse de la matière grasse dans la glande mammaire et est donc responsable de la chute du taux butyreux observé. Puisque c'est le t10-18:1 qui est produit à la place de l'acide vaccénique dans le rumen, la teneur en CLA du lait est diminuée.

### **Les acides gras du lait ont deux origines différentes**

Les AG du lait proviennent de 2 sources, la synthèse *de novo* dans la glande mammaire et l'incorporation des AG du sang. La synthèse *de novo* se fait à partir d'acétate et de  $\Delta^3$ -hydroxybutyrate, provenant de la fermentation des hydrates de carbone dans le rumen. Ils sont utilisés par la glande mammaire pour synthétiser les AG à chaîne courte et moyenne (4 à 14 carbones) et la moitié de l'acide palmitique sécrété dans le lait (Bauman and Grinari, 2003). L'incorporation des AG du sang est l'autre source d'AG sécrétés dans le lait, les AG du sang proviennent des AG alimentaires et microbiens absorbés au niveau du tube digestif et des AG mobilisés à partir des réserves lipidiques corporelles (principalement en début de lactation). L'incorporation des AG du sang fournit la moitié de l'acide palmitique et tous les autres AG à longue chaîne (18 carbones) (Bauman and Grinari, 2003). En situation normale, la moitié des AG sécrétés dans le lait provient de la synthèse *de novo* dans la glande mammaire et l'autre moitié provient de l'incorporation des AG du sang dont 10% de la mobilisation des réserves lipidiques corporelles.

### **Des lipides végétaux pour améliorer le profil en acides gras du lait ...**

Le moyen le plus courant pour modifier la composition en AG du lait est de supplémenter les rations des vaches avec des lipides insaturés, principalement les lipides provenant des graines oléagineuses telles que le lin, le colza, le tournesol et le soja (Glasser *et al.*, 2008). Ceux-ci peuvent être donnés notamment sous forme de graines, huiles ou graines

traitées (toastées ou extrudées). Lorsqu'on supplémente la ration avec des AGI, on observe une augmentation des AG à 18 carbones et une diminution des AG à courte et moyenne chaîne dans le lait (Dewhurst *et al.*, 2006). Cette observation est le résultat d'une augmentation de l'incorporation des AG à longue chaîne (18 carbones) absorbés au niveau du tube digestif et d'une diminution de la synthèse *de novo* dans la glande mammaire. Par conséquent, dans le lait, on observe une diminution des AGS, une augmentation des AGI et une augmentation des CLA :

- ingestion d'AG à 18 carbones :
- AGS
- AGI
- CLA

### **... et plus particulièrement des graines de lin pour des teneurs en acides gras oméga 3 et CLA naturellement plus élevées**

De nombreux suppléments lipidiques ont été testés dans les rations pour vaches laitières. Au cours de nos expériences, nous avons notamment montré qu'un apport quotidien de 1,5 kg de graines de lin extrudées et 10 g de vitamine E, en supplément de rations à base d'ensilage de maïs, permet de multiplier par quatre les teneurs en CLA et en 18:3 n-3 dans le lait par comparaison à un lait classique. Nous avons également montré que cet effet se maintient à long terme. L'augmentation de CLA dans le lait s'accompagne également d'une meilleure tartinabilité du beurre et d'une diminution de l'acide palmitique athérogène. C'est donc tout le profil en acides gras du lait qui est amélioré.

### **Un apport de lipides végétaux mais également une ration de base optimale pour un profil en acides gras du lait amélioré**

A côté de la supplémentation lipidique, la ration de base influence également la composition en AG du lait. Ainsi, le pâturage, les fourrages conservés sous forme d'ensilage ou de foin, la nature du fourrage (herbe, légumineuses ou maïs), le rapport fourrages:concentrés et la source d'amidon ont été étudiés pour leur influence sur le profil en AG du lait. Les principales raisons des modifications du profil en AG du lait sont liées aux variations d'ingestion des substrats de la biohydrogénation, à l'activité de la polyphénol oxydase contenue dans les légumineuses telles le trèfle violet et aux modifications de la biohydrogénation ruminale. Il est clair que la supplémentation lipidique (quantité et type d'AGI) et la ration de base interagissent ensemble sur la composition en AG du lait. En effet, pour une même supplémentation lipidique, on observe des réponses très variables en fonction des caractéristiques de la ration de base (Chilliard *et al.*, 2007). Par exemple, certains ensilages d'herbe trop fibreux semblent moins favorables que l'ensilage de maïs. Par ailleurs, les pulpes de betterave permettent une plus grande production de CLA que les céréales. Une optimisation de la ration de base est donc essentielle pour maximiser le potentiel d'amélioration du profil en AG du lait.

### **La valeur de structure pour caractériser la ration de base**

Jusqu'à présent, les caractéristiques de la ration de base n'avaient pas encore été étudiées comme un tout. Afin de pouvoir comparer les effets de différentes rations de base sur le profil en AG du lait, il était utile de trouver un système qui intègre la plupart des

caractéristiques de la ration. Parmi les systèmes existants, nous avons choisi le concept de la valeur de structure, mis au point à Gand par De Brabander *et al.* (1999). Ce concept, utilisé largement par les éleveurs belges, permet de s'assurer que les vaches reçoivent une alimentation optimale en structure afin d'éviter les problèmes de santé tels que l'acidose associée à la diminution du taux butyreux du lait. La valeur de structure intègre différents paramètres de la ration de base comme son incidence sur la salivation (et donc l'effet tampon sur le rumen), son effet acidogène (baisse du pH), la taille des particules et leur forme physique. Une partie des expériences réalisées sur le troupeau de vaches laitières du CRA-W par l'UCL avait donc pour objectif d'étudier l'influence de la valeur de structure de rations de base supplémentées avec des lipides sur la composition en AG du lait. Les résultats obtenus montrent que le métabolisme lipidique du rumen peut être influencé différemment en fonction de la valeur de structure de la ration. D'une part, si la valeur de structure de la ration est trop faible pour assurer un fonctionnement normal du rumen, les voies de biohydrogénation ruminales sont altérées et le phénomène de chute du taux butyreux est observé. D'autre part, en conditions physiologiques normales (hors risques d'acidose), la biohydrogénation ruminale est plus complète avec une valeur de structure de la ration plus élevée, c'est-à-dire qu'il y a une plus grande proportion de substrats complètement biohydrogénés jusqu'à l'acide stéarique, menant à une augmentation en produits de biohydrogénation (acide stéarique) et une diminution des intermédiaires de biohydrogénation (acide vaccénique) dans le lait, et par conséquent des efficacités de transfert des substrats de biohydrogénation (18:2 n-6 et 18:3 n-3) plus faibles dans le lait (Dang Van *et al.*, 2008 ; 2011a) :

- valeur de structure de la ration (conditions physiologiques) : • c9,t11-CLA, • 18:3 n-3

Ceci suggère qu'il existe une gamme optimale de valeur de structure de la ration permettant d'améliorer la qualité du profil en AG du lait, pour une supplémentation lipidique donnée. A partir des résultats des expériences menées par notre équipe sur des vaches laitières, il s'avère que la valeur de structure optimale de la ration pour améliorer le profil en AG du lait (plus d'AGI, c9,t11-CLA et 18:3 n-3) est comprise entre 1,2 et 1,3/kg de MS pour une supplémentation en graines de lin de 8% (base MS).

## **Des graines de lin comme source de lipides végétaux, mais également des graines de colza et du concentré protéique de luzerne**

Comme il a été dit plus haut, le moyen le plus courant pour modifier la composition en AG du lait est de compléter les rations des vaches laitières avec des lipides insaturés provenant des graines oléagineuses. Parmi les graines oléagineuses, les graines de lin, grâce à leur richesse en 18:3 n-3, sont devenues depuis quelques années une source privilégiée pour améliorer le profil en AG du lait. Cependant, l'Europe est tributaire de pays tiers pour son approvisionnement en graines de lin. Depuis quelques années, la production de graines de colza est de plus en plus importante en Europe. La graine de colza est une bonne source de c9-18:1 et permet d'améliorer le profil en AG du lait, excepté pour la teneur en 18:3 n-3. Par ailleurs, le concentré protéique de luzerne (CPL) est une bonne source de protéines by-pass (55% de la MS) pouvant se substituer au tourteau de soja. Le CPL contient aussi environ 10% (base MS) de lipides riches en 18:3 n-3. Une autre partie des expériences réalisées sur le troupeau de vaches laitières du CRA-W par l'UCL avait donc pour objectif d'évaluer si des graines de colza associées à un CPL sont aussi efficaces que des graines de lin, comme source d'AGI, pour améliorer le profil en AG du lait en général et sa teneur en 18:3 n-3 en particulier. Les résultats obtenus montrent que le mélange graines de colza-CPL est aussi

efficace que les graines de lin, comme source d'AGI, pour améliorer le profil en AG du lait (Dang Van *et al.*, 2011b). Les AGI, en particulier le 18:3 n-3, du CPL sont mieux protégés contre la biohydrogénation ruminale comparé aux graines de colza et de lin, il en résulte que l'efficacité de transfert du 18:3 n-3 dans le lait est plus élevée avec la ration contenant le CPL (Dang Van *et al.*, 2011b). Par conséquent, avec une ration supplémentée en graines de colza et CPL, la composition en AG du lait montre une augmentation de la teneur en 18:3 n-3, en plus des augmentations des teneurs en AGI et c9-18:1 et diminution des teneurs en AGS induites par le colza seul. Par ailleurs, nos résultats confirment que les protéines du CPL sont mieux résistantes à la dégradation ruminale que les protéines du tourteau de soja, et le CPL, comme source protéique principale, peut remplacer totalement le tourteau de soja (Dang Van *et al.*, 2011b).

## Les principaux acquis

Les résultats obtenus dans le cadre de ces recherches montrent clairement que la qualité nutritionnelle de la matière grasse du lait de vache peut être significativement améliorée par différents moyens alimentaires qui peuvent être appliqués en ferme :

- Un apport quotidien d'1,5 kg de graines de lin, en supplément de rations à base dont la valeur de structure est comprise entre 1,2 et 1,3/kg de MS, permet d'améliorer le profil en AG du lait (plus d'AGI, c9,t11-CLA et 18:3 n-3) de manière durable ;
- Des graines de colza associées à un CPL sont aussi efficaces que les graines de lin, comme source d'AGI, pour améliorer le profil en AG du lait.

## REFERENCES

- Bauman D.E. and Griinari J.M. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 23, 203-227.
- Chilliard Y., Glasser F., Ferlay A., Bernard L., Rouel J. and Doreau M. 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109, 828-855.
- Dang Van Q.C., Focant M., Deswysen D., Mignolet E., Turu C., Pottier J., Froidmont E. and Larondelle Y. 2008. Influence of an increase in diet structure on milk conjugated linoleic acid of cows fed extruded linseed. *Animal* 2, 1538-1547.
- Dang Van Q.C., Focant M., Mignolet E., Turu C., Froidmont E. and Larondelle Y. 2011a. Influence of the diet structure on ruminal biohydrogenation and milk fatty acid composition of cows fed extruded linseed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 169, 1-10.
- Dang Van Q.C., Bejarano L., Mignolet E., Coulmier D., Froidmont E., Larondelle Y. and Focant M. 2011b; Effectiveness of extruded rapeseed associated with an alfalfa protein concentrate in enhancing the bovine milk fatty acid composition. *J. Dairy Sci.* 94, 4005-4015.
- De Brabander D.L., De Boever J.L., Vanacker J.M., Boucqué C.V. and Botterman S.M. 1999. Evaluation of physical structure in dairy cattle nutrition. In : *Recent developments in ruminant nutrition 4*. Garnsworthy P.C. and Cole D.J.A. (Ed.). Nottingham University Press, Nottingham, UK, 47-80.
- Dewhurst R.J., Shingfield K.J., Lee M.R.F. and Scollan N.D. 2006. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 168-206.
- Glasser F., Ferlay A. and Chilliard Y. 2008. Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk : a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 91, 4687-4703.

- Griinari J.M. and Bauman D.E. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In : Advances in conjugated linoleic acid research, volume 1. Yurawecz M.P., Mossoba M.M., Kramer J.K.G., Pariza M.W. and Nelson G.J. (Ed.), AOCS Press, Champaign, IL, 180-200.
- Harfoot C.G. and Hazlewood G.P. 1988. Lipid metabolism in the rumen. In : The rumen microbial ecosystem. Hobson P.N. (Ed.), Elsevier Science Publishers, Essex, UK, 285-322.
- Kris-Etherton P.M. and Yu S. 1997. Individual fatty acid effects on plasma lipids and lipoproteins : human studies. Am. J. Clin. Nutr. 65, 1628S-1644S.
- Parodi P.W. 2003. Conjugated linoleic acid in food. In : Advances in conjugated linoleic acid research, volume 2. Sébédio J.L., Christie W.W. and Adlof R. (Ed.), AOCS Press, Champaign, IL, 101-122.
- Renaville B., Mullen A., Moloney F., Larondelle Y., Schneider Y.J. and Roche H.M. 2006. Eicosapentaenoic acid and 3, 10 dithia stearic acid inhibit the desaturation of *trans*-vaccenic acid into *cis*-9, *trans*-11-conjugated linoleic acid through different pathways in Caco-2 and T84 cells. Br. J. Nutr. 95, 688-695.
- Yu-Poth S., Zhao G., Etherton T., Naglak M., Jonnalagadda S. and Kris-Etherton P.M. 1999. Effects of the National Cholesterol Education Program's Step I and Step II dietary intervention programs on cardiovascular disease risk factors : a meta-analysis. Am. J. Clin. Nutr. 69, 632-646.