

La composition en acides gras du lait de vache

Les possibilités d'action par l'alimentation

Les attentes en matière de composition du lait de vache évoluent et s'affinent régulièrement pour répondre aux enjeux de la nutrition humaine. Il est maintenant bien établi que le lait et les produits laitiers contiennent de nombreux acides gras dont certains, aux effets physiologiques spécifiques et recherchés, ne peuvent se retrouver dans aucun autre aliment.

Le lait n'est cependant pas un produit standard ; sa composition en acides gras est très variable. Au niveau de l'exploitation, elle peut être modulée soit par le biais de la génétique, soit par les pratiques d'élevage. Parmi elles, l'alimentation constitue le levier le plus rapide et le plus efficace à mettre en place et ses effets sont rapidement réversibles.

Ce document rassemble les connaissances actuelles sur le lien entre l'alimentation des vaches laitières et le profil en acides gras du lait.

Le lait, un aliment complet et complexe

Le lait, composé à 87 % d'eau, est un mélange de lactose (glucides), de protéines, de matières grasses, de minéraux (calcium, phosphore, potassium) et de vitamines (Figure 1). Il contient en moyenne 40 g de matières grasses par kg. Celles-ci se composent de 97 % de triglycérides et de 1 % de phospholipides, le reste étant constitué de stérols et de vitamines liposolubles. Un triglycéride est constitué de trois acides gras attachés à une molécule de glycérol.

Le lait, une source diversifiée d'acides gras

Près de 400 acides gras (AG) se retrouvent dans le lait. Un acide gras est constitué d'une chaîne hydrocarbonée (combinaison d'éléments de type $-CH_2-$ ou $-CH=$), terminée de part et d'autre par un groupement méthyle ($-CH_3$) et par un groupement carboxyle ($-COOH$) (Figure 2).

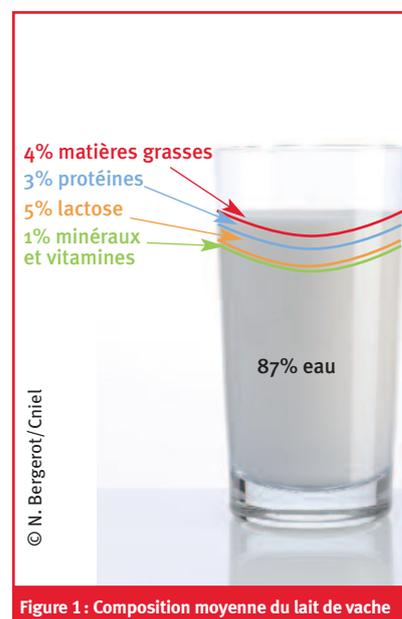
Les acides gras diffèrent entre eux par :

- **La longueur de la chaîne carbonée** (nombre total d'atomes de carbone) : elle permet de distinguer les acides gras courts (composés de 2 à 10 atomes de C), les acides gras moyens (de 12 à 17 atomes de C) et les acides gras longs (18 atomes de C et plus).

- **Le degré de saturation des liaisons carbone** : il révèle le nombre de doubles liaisons sur la chaîne carbonée. Les acides gras saturés (AGS) n'ont pas de doubles liaisons tandis que les acides gras mono-insaturés (AGMI) en ont une et les poly-insaturés (AGPI) en ont au moins deux.

- **La position des doubles liaisons sur la chaîne carbonée** : elle permet d'identifier des formes particulières d'AG comme les $\omega 3$ (oméga 3) et les $\omega 6$ (oméga 6), aussi nommés acides gras essentiels (AGE). La double liaison des $\omega 3$ est placée sur le 3^e carbone, en comptant à partir de l'extrémité méthyle. Elle se situe sur le sixième carbone pour un $\omega 6$.

- **Les isomères de position** : ils sont repérés par les dénominations *cis* et *trans* en comptant à partir de l'extrémité carboxyle. Ces isomères se distinguent par des formes géométriques différentes (Figure 3). Les AG ont très majoritairement une orientation *cis*.



EN BREF... LA SYNTHÈSE DES MATIÈRES GRASSES DU LAIT

La synthèse des matières grasses du lait est assez complexe. Certains acides gras sont synthétisés *de novo* dans la mamelle, tandis que d'autres sont apportés par le sang.

Les acides gras à courte et à moyenne chaîne (de C2 à C17), qui constituent jusqu'à 50 % de la matière grasse du lait, sont synthétisés dans la mamelle à partir de l'acétate et du bêta-hydroxybutyrate provenant des fermentations microbiennes dans le rumen. Les acides gras à longue chaîne sont puisés dans le sang, en provenance essentiellement de l'alimentation de l'animal ou de la mobilisation des réserves corporelles.

L'augmentation de la quantité de graisses dans la ration entraîne un accroissement de la quantité d'acides gras à chaîne longue puisés dans le sang par la mamelle. Les acides gras à chaîne longue sont de puissants inhibiteurs de l'enzyme permettant la synthèse des acides gras courts et moyens (l'acétyl-CoA carboxylase).

Quels laits produire demain ?

Le lait de vache est considéré par les spécialistes de la santé et de la nutrition (Académie de Médecine, Inra) comme un aliment très complet, équilibré en nutriments, riche en minéraux (calcium) et contenant presque toutes les vitamines (à l'exception de la vitamine C). Les matières grasses laitières sont toutefois riches en AG saturés et contiennent des AG *trans* en faible quantité.

En l'état actuel des connaissances, les effets physiologiques de tous les acides gras ne sont pas encore parfaitement établis. Il est nécessaire de

préciser que ce ne sont pas les acides gras eux-mêmes qui peuvent être nocifs pour la santé humaine mais leur excès dans l'alimentation quotidienne.

Plusieurs objectifs peuvent toutefois être fixés (Figure 4) :

- un lait moins riche en AGS (autour de 60 à 65 %) avec moins d'acide palmitique (C16:0)
- un lait plus riche en AG ω 3
- le maintien voire une légère baisse de la teneur en AG ω 6 et de certains AG *trans* (C18:1 *t9* et *t10*)
- un rapport ω 6/ ω 3 inférieur à 5 (recommandation de l'Anses)
- une bonne teneur en acide ruménique (CLA *c9t11* – Figure 2), spécifique des ruminants.

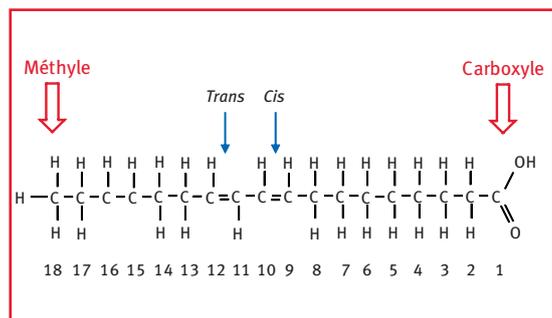
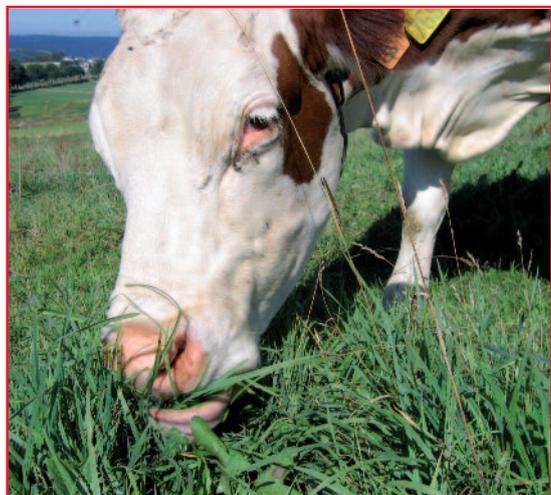


Figure 2 : Structure chimique d'acide gras polyinsaturé. Ici, l'acide ruménique C18:2 *c9t11*. On retrouve le groupement méthyle CH₃ à gauche et le groupement carboxyle à droite, la numérotation des carbones et les doubles liaisons sur les carbones n° 9 (sous forme *cis*) et 11 (sous forme *trans*), en partant du groupe carboxyle.



L'herbe sous forme de pâturage est le fourrage qui permet de produire un lait dont les caractéristiques répondent le mieux aux critères nutritionnels conseillés aujourd'hui sur la matière grasse.

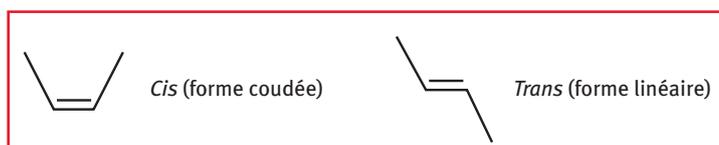


Figure 3 : Représentation des configurations *cis* et *trans*. Lorsque les hydrogènes H sont du même côté d'une double liaison, la liaison est dite *cis*. Lorsqu'ils sont de part et d'autre de la double liaison, la liaison est dite *trans*.

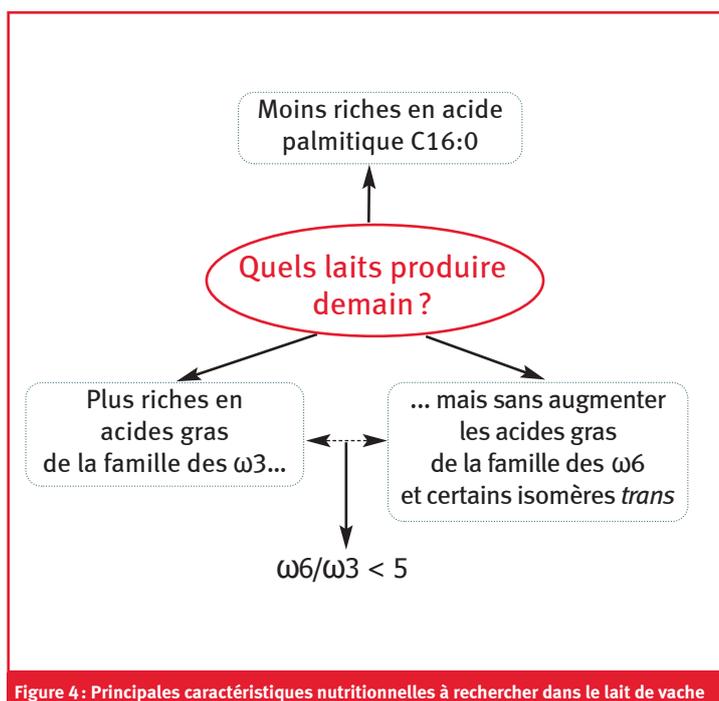


Figure 4 : Principales caractéristiques nutritionnelles à rechercher dans le lait de vache

L'effet de l'alimentation sur la composition en acides gras du lait

L'effet des fourrages

Pour étudier l'effet des fourrages, sept rations-types ont été comparées. Elles se différencient principalement par la part des différents fourrages dans la matière sèche totale distribuée (Figure 5) et représentent bien la diversité de l'alimentation des vaches laitières en France.

Certaines sont composées principalement d'un fourrage conservé : l'ensilage de maïs (Ration EM), l'ensilage d'herbe (Ration EH) ou le foin (Ration F). D'autres associent deux fourrages principaux : ensilage de maïs + foin (Ration EM-F), ensilage de maïs + ensilage d'herbe (Ration EM-EH) et ensilage de maïs + pâturage (Ration EM-P). Ces dernières sont utilisées pendant des périodes de transition alimentaire ou sur des périodes de distribution de stocks pour diversifier la ration.

Enfin, le pâturage constitue une ration bien identifiée (Ration P).

› Les rations à base d'herbe pâturée, voire conservée, améliorent le profil en acides gras du lait

Au vu des objectifs présentés par la Figure 4, le lait produit avec du pâturage (ration P) présente le meilleur profil en acides gras : faible teneur en acides gras saturés, teneurs élevées en acides gras mono- et poly-insaturés, faible rapport $\omega 6/\omega 3$ (Tableau 1). Ce type de ration est fréquent dans les zones herbagères de plaine, de piémont et de montagne et caractéristique des périodes de printemps/été.

La composition en AG des laits produits avec des rations associant l'ensilage de maïs à de l'herbe (sous forme de pâturage, foin, ou ensilage – Rations EM-P, EM-F et E -EH) est intermédiaire entre celle des laits produits au pâturage (Ration P) et celle des laits produits avec de l'ensilage de maïs (Ration EM). Ces rations se retrouvent dans les zones de plaine, dans des élevages plutôt intensifs.

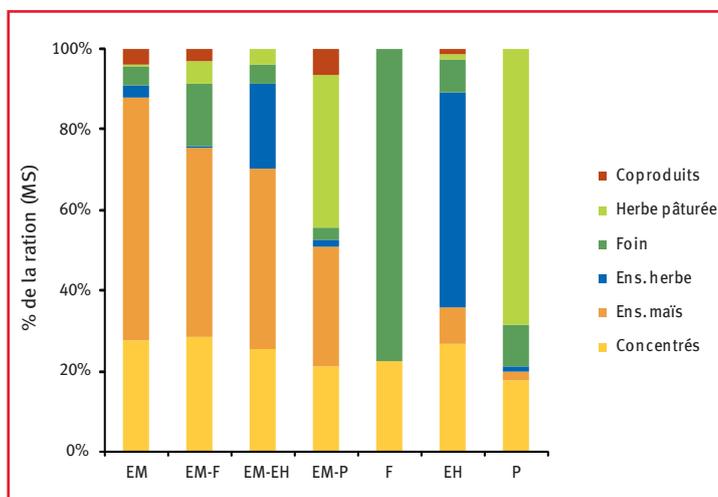


Figure 5 : Composition moyenne des sept rations-types comparées

Source : UMT RIEL, 2010

Les laits produits avec des rations composées majoritairement d'herbe conservée (sous forme de foin ou d'ensilage – Rations F et EH) ont des profils particuliers : un faible rapport $\omega 6/\omega 3$ mais une teneur en acides gras saturés qui reste élevée. L'herbe conservée est largement utilisée dans les plaines du nord et de l'est de la France (ensilage) et dans les zones de montagne (foin séché au sol et/ou ventilé).

Des travaux récents de l'UMT RIEL (Inra et Institut de l'Élevage) montrent que dès lors que l'herbe représente 20 % de la ration, le profil en acides gras du lait est amélioré par rapport à une ration qui n'en contient pas. Ces résultats doivent inciter à distribuer conjointement l'ensilage de maïs et l'herbe dès que cela est possible, notamment en valorisant le pâturage en sortie d'hiver, à l'automne et même durant l'hiver si les conditions de portance le permettent. De même, l'introduction d'au moins 30 % d'ensilage d'herbe dans une ration à base d'ensilage de maïs améliore le profil en AG du lait.

Tableau 1 : Composition moyenne en AG des laits en fonction de la ration distribuée (en % AG totaux) – En rouge, les résultats qui répondent aux objectifs.

Ration-type	EM	EM-F	EM-EH	EM-P	F	EH	P
AGS	72,3	69,7	69,1	67,3	71,6	70,8	64,2
AGMI	23,9	26,5	26,7	28,4	24,1	25,1	29,9
AGPI	3,0	3,0	3,3	3,4	3,3	3,1	4,6
AG trans	2,8	3,1	3,5	3,9	2,7	2,8	6,8
$\omega 3$	0,4	0,5	0,7	0,7	0,9	0,7	1,1
$\omega 6$	2,8	2,6	2,7	2,6	2,1	2,2	2,2
$\omega 6/\omega 3$	7,6	6,7	4,2	4,3	2,4	3,4	2,1

Source : UMT RIEL, 2011

➤ **Les systèmes fourragers annuels riches en herbe présentent un meilleur profil en acides gras**

L'observation de la composition en AG du lait de tank au cours de l'année, réalisée pour quatre systèmes fourragers caractéristiques, montre une évolution distincte selon le ou les fourrages dominants sur l'exploitation :

- le système " ensilage de maïs " est caractérisé par une forte proportion de ce fourrage en moyenne sur l'année mais il comporte aussi d'autres fourrages comme le pâturage ou l'ensilage d'herbe ;
- le système " ensilage de maïs + coproduits " possède sensiblement les mêmes caractéristiques que le système précédent mais il intègre de façon régulière des coproduits ;
- le système mixte " ensilage de maïs + herbe " est basé sur l'ensilage de maïs et l'herbe, tous deux à parts quasiment égales. L'herbe est surtout valorisée sous forme de pâturage au printemps et sous forme d'ensilage dans les rations hivernales en complément de l'ensilage de maïs ;
- le système " herbe " est exclusivement herbager ; il valorise l'herbe sous ses différentes formes en fonction des saisons.

La teneur en AGS du lait (Figure 6) supérieure à 70 % en plein hiver dans les 4 cas ne baisse que de 2 à 4 points en période de printemps-été pour les systèmes introduisant peu d'herbe (systèmes " ensilage de maïs " et " ensilage de maïs + coproduits "). Les systèmes intégrant plus d'herbe en période hivernale (systèmes " ensilage de maïs + herbe " et " herbe ") voient leur teneur en AGS baisser de 6 à 9 points lorsque le pâturage devient majoritaire, dès le printemps.

Quel que soit le système considéré, la teneur en AGS est plus élevée durant la période hivernale, lorsque les vaches laitières consomment des fourrages stockés.

Pour les systèmes " ensilage de maïs + herbe " et " herbe ", l'augmentation au printemps de la part d'herbe pâturée dans la ration entraîne une baisse importante du pourcentage d'AGS, proportionnelle à l'importance du pâturage. À l'inverse, pour les systèmes qui utilisent peu ou pas de pâturage (systèmes " ensilage de maïs " et " ensilage de maïs + coproduits "), la teneur en AGS se maintient à un niveau élevé.

La teneur en CLA $c9t11$ reste relativement constante tout au long de l'année pour la majorité des systèmes d'alimentation (Figure 7). Seule l'utilisation du pâturage (système " herbe ") permet d'augmenter de façon significative la teneur de cet acide gras d'intérêt.

Le rapport $\omega6/\omega3$ présente des variations importantes pour les systèmes qui utilisent l'ensilage de maïs pendant la phase hivernale (Figure 8). Ce rapport est dans la majorité des cas inférieur à 5, ce qui est conforme aux recommandations nutritionnelles. Le système "herbe " aboutit à un rapport constant, inférieur à 3 en moyenne sur la période.

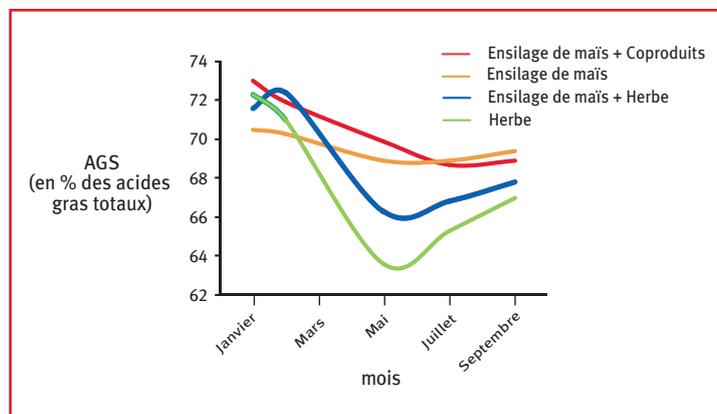


Figure 6 : Évolution entre janvier et septembre de la teneur en AGS du lait pour les quatre systèmes fourragers étudiés

Source : Institut de l'Élevage

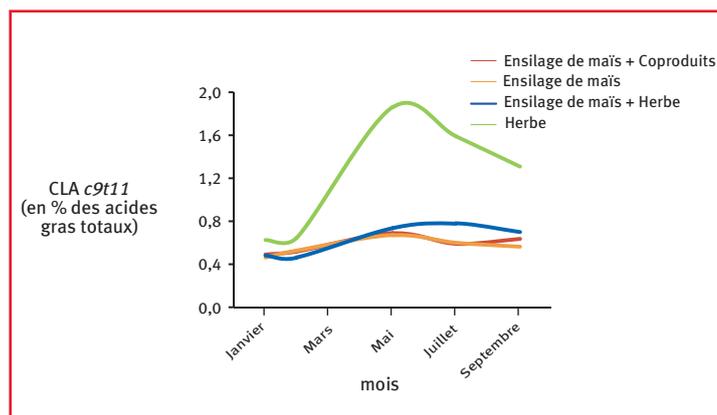


Figure 7 : Évolution entre janvier et septembre de la teneur en CLA $c9t11$ du lait pour les quatre systèmes fourragers étudiés

Source : Institut de l'Élevage

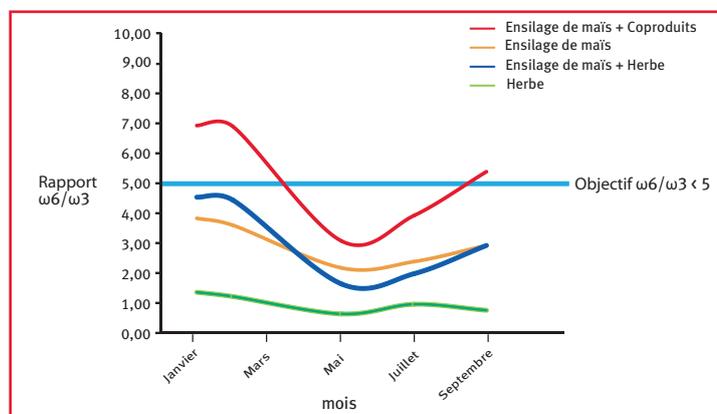


Figure 8 : Évolution entre janvier et septembre du rapport $\omega6/\omega3$ du lait pour les quatre systèmes fourragers étudiés

Source : Institut de l'Élevage

L'effet des concentrés

› **Les tourteaux de colza ou de lin sont des correcteurs efficaces pour améliorer le profil en acides gras du lait**

Lorsqu'ils se substituent à du tourteau de soja, les tourteaux de colza industriels, les tourteaux de lin et les concentrés protéiques de luzerne entraînent des variations notables et favorables sur le profil en acides gras du lait (Tableau 2). Il est donc possible d'améliorer de façon significative la composition fine du lait en changeant simplement de correcteur azoté. Sans valorisation spécifique de la composition en AG du lait ainsi produit, l'utilisation de tourteau de colza industriel est économiquement intéressante lorsque le prix du tourteau de colza vaut moins de 80 % du prix du tourteau de soja, dans les mêmes conditions d'approvisionnement.

Lorsqu'à ce changement de correcteur azoté s'ajoute l'incorporation d'au moins 20 % d'herbe dans la ration fourragère, alors les modifications du profil sont amplifiées.

› **L'apport de matières grasses végétales a aussi un impact sur le profil en acides gras du lait**

Les effets des matières grasses végétales sur le profil en AG des laits dépendent de la dose d'apport, mais aussi de la forme d'apport (graine entière ou broyée ou extrudée, huile, savons de calcium), quelle que soit la matière première considérée (lin, soja, colza, tournesol ou palme). Les huiles et les graines extrudées sont à privilégier en respectant un maximum de 5% de matière grasse dans la ration totale (Tableau 3).

Mis à part les fourrages, la graine de lin est la seule source lipidique qui permette des apports importants en $\omega 3$. Elle permet également de réduire les teneurs en AGS. Aux doses générale-

ment utilisées, elle apporte une quantité d' $\omega 3$ équivalente à celle d'un pâturage de qualité. Toutefois, son efficacité est tributaire de la forme d'apport utilisée.

Tableau 2 : Effets de la substitution du tourteau de soja par d'autres sources azotées sur la composition en AG des laits

	Tourteau de colza	Tourteau de colza fermier	Tourteau de lin	Concentré protéique de luzerne
Diminution des AGS	++	+++	+++	+
Diminution du C16:0	++	+++	+++	0
Augmentation des AGMI	+	+	+++	0
Augmentation des AGPI	0	0	0	+++
Diminution du ratio $\omega 6/\omega 3$	+	0	+++	+++



Introduire 20 % d'herbe dans une ration à base d'ensilage de maïs permet d'améliorer le profil en acides gras du lait de façon notable.

Tableau 3 : Effets de la forme d'apport des matières grasses végétales alimentaires sur le profil en AG des laits

	Huile	Graines extrudées	Graines crues	Huile encapsulée ou savons de Ca
Diminution du C16:0	+++	+++	++	++
Risque d'apparition d'AGT non souhaités	+++	++	+	0/+
Risques de chute du taux butyreux	+++	++	+	0/+



Le lin (graine ou tourteau) est le seul aliment (hors fourrages) qui permet des apports importants de C18:3 n-3.

EFFET DE LA GÉNÉTIQUE

PHÉNOFINLAIT: UNE PHOTOGRAPHIE PRÉCISE DES LAITS FRANÇAIS

Le projet PhénoFinlait, développé sur le terrain en 2009, a pour objectif de caractériser les laits produits dans les fermes commerciales françaises de vaches, chèvres et brebis. Ce projet regroupe les interprofessions laitières, la Recherche et le Développement, les acteurs du conseil et ceux de la sélection, et les éleveurs laitiers volontaires. Afin de déterminer la teneur en acides gras du lait de vache, 1150 élevages de différents systèmes bovins, dans 16 départements, ont été suivis à l'occasion de 6 contrôles laitiers. Ainsi 86 480 vaches ont été concernées par 5 contrôles en moyenne, répartis en hiver et en été. Une enquête approfondie sur l'alimentation a été conduite à chacun d'eux. Les résultats permettront de préciser les effets de facteurs alimentaires, physiologiques et génétiques sur la composition du lait en certains acides gras ou groupes d'acides gras.

Pour en savoir plus :
www.phenofinlait.fr

PhénoFinlait

DES PISTES POUR L'AVENIR

LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DU LAIT : UN INDICATEUR DE SUIVI DE L'ÉLEVAGE

L'analyse infra-rouge est un moyen rapide et peu coûteux pour mesurer la composition en acides gras du lait. Cette mesure des acides gras permettra d'établir des indicateurs de production laitière, de santé et d'émissions de gaz à effet de serre.

La teneur en certains acides gras pourra ainsi être utilisée pour établir un diagnostic de l'efficacité de l'alimentation des animaux d'un troupeau. Il est cependant difficile pour le moment d'émettre des recommandations claires à ce sujet.

Le lien entre le profil en acides gras du lait et la santé animale est aussi un facteur d'avenir. Par exemple, des liens sont établis entre des acides gras *trans* et l'état d'acidose des animaux.

Enfin, des équations sont disponibles pour permettre de prédire les émissions de méthane entérique à partir de la composition en acides gras du lait. Elles doivent cependant encore être testées et validées. L'UMT RIEL doit procéder à ce travail en 2012.

Ces pistes pour l'avenir apporteront de nouvelles perspectives pour proposer des diagnostics directement en élevage selon deux approches bien distinctes : une approche "à la vache" et une approche "au troupeau".

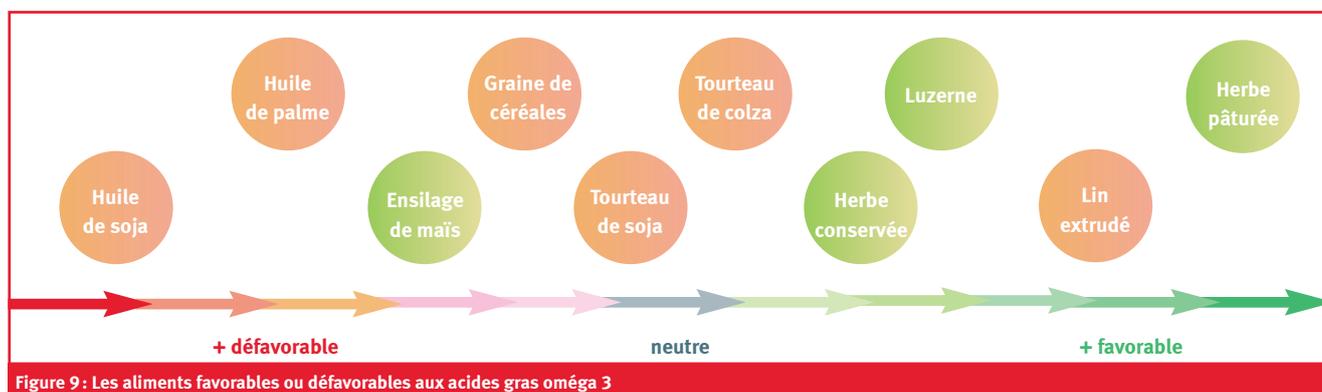


Figure 9 : Les aliments favorables ou défavorables aux acides gras oméga 3

Conclusion

L'alimentation des troupeaux bovins laitiers permet de modifier de manière importante, rapide et réversible les profils en AG des laits et notamment la proportion d'AGS, le rapport entre AG $\omega 6$ et $\omega 3$ et parfois les teneurs en CLA *c9t11* (acide ruménique) (Figure 9).

Dans le contexte français, deux grandes voies d'amélioration sont identifiées pour obtenir les acides gras souhaités dans le lait de vache :

- la pâture aussi souvent que possible et même en faible proportion dans la ration journalière,
- la complémentation de l'ensilage de maïs par un part d'herbe conservée et un tourteau adapté comme le tourteau de colza ou le tourteau de lin.

Naturellement, ces recommandations doivent être adaptées en fonction du contexte pédoclimatique de l'exploitation et des ressources fourragères disponibles.

Collection : L'Essentiel

Rédaction :

B. Rouillé (Institut de l'Élevage), J.-L. Peyraud (Inra), C. Hurtaud (Inra), Ph. Brunschwig (Institut de l'Élevage)

Crédit photos : Institut de l'Élevage, DR

Conception : Bêta Pictoris - Mise en page : Marie-Thérèse Gomez (Institut de l'Élevage)

Édité par :

Institut de l'Élevage - 149, rue de Bercy - 75 595 Paris CEDEX 12 - www.idele.fr

Dépôt légal :

4^e trimestre 2011 - © Tous droits réservés à l'Institut de l'Élevage

Novembre 2011 - Réf: 001131022/ISBN : 978-2-36343-130-1