

Février 2010

Compte rendu n° 001031001

Département Techniques d'Élevage et Qualité

Service Conduite et Traite des Troupeaux Laitiers

Benoît ROUILLE, Marjorie MONTOURCY

Influence de quelques systèmes d'alimentation sur la composition en acides gras du lait de vache en France

Suivi annuel de dix-sept élevages

collection résultats



Février 2010
Compte-rendu N° 001031001
Département Techniques d'Elevage et Qualité
Service Conduite et Traite des Troupeaux Laitiers
Benoît ROUILLE, Marjorie MONTOURCY

Influence de quelques systèmes d'alimentation sur la composition en acides gras du lait de vache en France

Suivi annuel de dix-sept élevages

Collection Résultats

Résumé

Dans le cadre de cette étude, portant sur l'impact de l'alimentation des vaches laitières sur la composition en acides gras (AG) du lait, un suivi a été réalisé sur dix-sept exploitations réparties sur six régions. Des prélèvements de lait, accompagnés d'une enquête décrivant la composition de la ration distribuée aux animaux, ont été réalisés à cinq périodes de l'année.

Quatre systèmes d'alimentation en France ont été identifiés et comparés : ensilage de maïs, ensilage de maïs et herbe, ensilage de maïs et coproduits, et herbe. Sept types de rations ont aussi été isolés.

On observe des variations linéaires des AG poly et monoinsaturés (augmentation), des AG saturés et du rapport ω_6/ω_3 (baisse) avec l'accroissement de la part d'herbe pâturée. La comparaison des différents systèmes d'alimentation montre que les laits du système « herbe » (laits riches en AG polyinsaturés, en AG *trans* et un rapport ω_6/ω_3 faible) sont statistiquement différents des laits des autres systèmes et de composition stable sur l'année. Si l'on compare les laits de printemps-été et les laits d'hiver, toutes les classes d'AG montrent des différences significatives à l'exception des ω_6 , des AG courts et des AG moyens. Cependant, les effets sont moins marqués pour les systèmes d'alimentation utilisant peu le pâturage.

La typologie des laits en fonction de leur composition en AG montre le lien marqué entre un profil en AG et une ration. Les laits obtenus avec des rations à base de foin ont un rapport ω_6/ω_3 faible mais sont riches en AG saturés. Les rations à base d'herbe pâturée donnent les laits ayant le meilleur profil nutritionnel.

SOMMAIRE

Résumé	2
Liste des abréviations.....	4
I. Etat des connaissances des effets de l'alimentation sur le profil en acides gras du lait de vache.....	5
1. Influence de la nature des fourrages sur la composition en acides gras du lait.....	5
1.1. L'herbe améliore la qualité du profil en acides gras	5
1.2. La nature du fourrage conservé a des effets sur la composition du lait	6
2. Effets de la quantité et de la nature des concentrés sur la composition en acides gras du lait.....	8
2.1. La proportion de concentrés dans la ration	8
2.2. La nature du concentré.....	9
3. Identification de trois classes de lait de composition et d'intérêt nutritionnel différents..	10
4. Améliorer le profil en acides gras du lait	10
II. Suivi annuel de la composition en acides gras du lait de dix-sept fermes françaises	12
1. Un dispositif national et des structures variées	12
1.1 Le dispositif mis en place	12
1.2. La description de l'échantillon	13
2. Les principaux fourrages ont des effets marqués sur la composition en acides gras du lait.....	14
2.1. L'augmentation de la part totale d'herbe améliore le profil en acides gras du lait...	14
2.2. L'herbe pâturée a les effets bénéfiques les plus marqués	15
3. Quatre systèmes d'alimentation ont été identifiés	16
4. Sept types de rations ont été isolés	17
5. Un meilleur lait sur le plan nutritionnel quand le système utilise de l'herbe	19
6. Les acides gras du lait donnent des indications sur l'alimentation des vaches.....	22
III. L'aspect économique sera primordial pour améliorer le profil en acides gras du lait	25
CONCLUSION	26
Références bibliographiques	27
Annexe 1 : Profils en acides gras des laits suivant le type de système d'alimentation	30
Annexe 2 : Profils en acides gras des laits suivant le système d'alimentation et la période	32

Liste des abréviations

AG	Acide gras
AGI	Acide gras insaturé
AGMI	Acide gras monoinsaturé
AGPI	Acide gras polyinsaturé
AGS	Acide gras saturé
AGT	Acides gras totaux
ALA	Acide alpha-linolénique
ALC ou CLA	Acide linoléique conjugué
ARU	Acide ruménique
c	Conformation <i>cis</i> d'une double liaison carbone-carbone
EH	Ensilage d'herbe
EM	Ensilage de maïs
EMCo	Ensilage de maïs et coproduits
EMEH	Ensilage de maïs et ensilage d'herbe
EMF	Ensilage de maïs et foin
EMH	Ensilage de maïs et herbe
ETR	Ecart type relatif
F	Foin
H	Herbe
P	Pâturage
PEM	Pâturage et ensilage de maïs
t	Conformation <i>trans</i> d'une double liaison carbone-carbone
TVA ou ATV	Acide trans vaccénique

I. Etat des connaissances des effets de l'alimentation sur le profil en acides gras du lait de vache

Les teneurs des laits en acides gras (AG) dépendent de la composition en acides gras des constituants de la ration ingérée par la vache laitière. L'impact des principaux fourrages et concentrés est maintenant bien documenté. Ces connaissances permettent aujourd'hui de limiter certains aliments et d'en privilégier d'autres afin de produire des laits et des produits laitiers de bonne qualité nutritionnelle.

1. Influence de la nature des fourrages sur la composition en acides gras du lait

1.1. L'herbe améliore la qualité du profil en acides gras

Les lipides des fourrages verts (non conservés) représentent environ 4 à 12% de la matière sèche (MS). Ils sont essentiellement localisés dans les chloroplastes. Du fait de la teneur élevée en pigments et autres lipides complexes, les AG ne constituent que 35 à 55% des lipides totaux (Morand-Fehr & Tran, 2001). La composition en AG des fourrages verts se caractérise par une teneur très élevée en acides gras polyinsaturés (AGPI), et en particulier en acide linoléique (ALA) (souvent plus de 50% des AG totaux) et en acide linoléique (10 à 20%).

Les laits produits à l'herbe présentent des concentrations élevées en acides mono-insaturés (AGMI) dont l'acide *trans* vaccénique (TVA) et l'acide oléique, et en AGPI, notamment en acide ruménique (ARU) qui est un acide gras conjugué (CLA) et en ALA (Martin *et al.*, 2002). En effet, les fourrages peuvent agir de trois manières sur la concentration en CLA et en isomères C18:1 *trans* du lait : apport d'AGPI, apport de fibres favorisant les pH proches de la neutralité (pH optimums des enzymes de la biohydrogénation) et stimulation de la microflore cellulolytique (Troegeler-Meynadier & Enjalbert, 2005b). Ainsi, la mise à l'herbe est classiquement associée à une augmentation parfois brutale de ces acides gras. La forte hydrogénation du C18:3 dans le rumen explique que les teneurs trouvées dans le lait puissent apparaître modestes au regard de celles présentes dans l'herbe consommée.

Tableau 1 : Effet de la part d'herbe dans la ration sur le profil en AG des laits (Couvreur *et al.*, 2006)

Acides gras (% des AGT)	Rapport herbe/maïs (%)				P
	0/100	30/70	60/40	100/0	
AGS	71,80	69,80	68,40	64,70	P ≤ 0,001
AGMI	25,90	27,50	28,10	31,20	P ≤ 0,001
C18:1 t11 (TVA)	0,85	1,45	3,12	4,70	P ≤ 0,001
AGPI	2,81	2,94	3,87	4,52	P ≤ 0,001
C18:2 c9t11 (ARU)	0,48	0,54	1,21	1,65	P ≤ 0,001
C18:3 (ALA)	0,22	0,40	0,56	0,70	P ≤ 0,001
AG C15 à C17	36,00	33,60	32,30	30,10	P ≤ 0,001
AG longs (C18 à C22)	36,10	38,80	39,60	44,10	P ≤ 0,001

Dans un essai faisant varier le rapport herbe/maïs de 0/100 à 100/0, l'accroissement de la part d'herbe entraîne des variations linéaires des AGPI, AG longs (augmentation) et des AGS (baisse) (Couvreur *et al.*, 2006) ce qui signifie que la composition du lait peut être modulée dès que les vaches sortent quelques heures par jour, à condition que l'herbe soit de bonne qualité et offerte en quantité suffisante. Ainsi, l'accroissement de la saison de pâturage semble être un levier efficace et peu coûteux pour améliorer la qualité des laits.

Les comparaisons faites par l'INRA (RGA/féruque) et par l'Institut de l'Elevage (RGA/RGA + trèfle blanc/prairie naturelle) ne semblent pas montrer de différences significatives de composition en AG en fonction de la nature de la prairie pâturée.

Sous forme de pâturage, un mélange à base de graminées et de luzerne permet de produire un lait tendanciellement plus riche en AGMI et AGPI et avec des concentrations significativement plus élevées en acides linoléique et linoléique qu'un lait produit avec un mélange de graminées pures ou un mélange « graminées-trèfle » (Morel *et al.*, 2006).

L'effet du cycle végétatif est peu renseigné, par contre l'effet du stade paraît plus net. Les jeunes pousses et de façon plus générale, les parties feuillues sont plus riches en acide oléique, alors que les teneurs en acide linoléique sont plus variables (Paccard *et al.*, 2006).

1.2. La nature du fourrage conservé a des effets sur la composition du lait

Les laits produits avec des rations à base de foin et d'ensilage d'herbe sont plus riches en AG longs, en AGI (+2 à +8 points), en ALA et parfois en ARU et TVA et plus pauvres en C16:0 comparés aux rations à base d'ensilage de maïs (Chenais *et al.*, 2004 ; Chilliard *et al.*, 2007).

Tableau 2 : Effet de la nature du fourrage conservé sur la composition en AG du lait (Chenais *et al.*, 2004)

% des AGT	<i>AG courts</i>	<i>AG moyens</i>	<i>AG longs</i>	<i>AGS</i>	<i>AGMI</i>	<i>AGPI</i>
Ensilage de maïs (soja)	12,2 ^b	56,4	31,4 ^a	75,8 ^b	21,4 ^a	2,8
Ensilage d'herbe (soja)	11,6 ^a	54,0	34,4 ^b	73,1 ^a	24,0 ^b	3,0
Ensilage de maïs (colza)	14,5 ^d	55,3 ^d	30,2 ^c	75,1 ^d	22,4 ^c	2,6 ^c
Foin (colza)	13,4 ^c	52,9 ^c	33,7 ^d	71,7 ^c	25,4 ^d	3,0 ^d

	<i>C16:0</i>	<i>C18:0</i>	<i>C18:1</i>	<i>C18:2</i>	<i>C18:3</i>	<i>CLA</i>	<i>ω3</i>	<i>ω6/ω3</i>
Ensilage de maïs (soja)	33,3 ^b	10,5	17,7 ^a	2,5	0,3 ^a	0,5	0,3	7,5
Ensilage d'herbe (soja)	31,2 ^a	10,8	20,1 ^b	2,5	0,5 ^b	-	-	-
Ensilage de maïs (colza)	30,1 ^d	8,4	18,9 ^c	2,3	0,1			
Foin (colza)	27,5 ^c	8,6	21,5 ^d	2,4	0,4			

^{a, b} : différence significative au seuil 5% entre l'ensilage de maïs et l'ensilage d'herbe avec une complémentation à base de tourteau de soja.

^{c, d} : différence significative au seuil 5% entre l'ensilage de maïs et le foin avec une complémentation à base de tourteau de colza.

Le traitement des fourrages a d'autant plus d'effet sur les matières grasses que le délai entre la fauche et la récolte est long.

Ainsi, l'ensilage modifie peu la composition en acides gras sauf si le préfanage est important. Ferlay *et al.* (2002) ont montré que les proportions d'acides linoléique et linoléique (ALA) d'une prairie naturelle sont plus élevées dans l'ensilage enrubanné que dans l'ensilage ressuyé, mais les quantités totales sont plus faibles.

Le fanage réduit la teneur en lipides du fait de l'oxydation et des transformations des AGPI. Les teneurs en AGS, acide oléique et acide linoléique augmentent, de même que le rapport ω6/ω3, alors que la proportion d'acide linoléique diminue (tableau 3).

Tableau 3 : Effet de la fenaison sur la teneur et la composition en AG des feuilles de luzerne après fanage (Morand-Fehr & Tran, 2001)

	Vert	Après 1h30 de fanage	Après 48h de fanage
Extrait étheré (g/100g MS)	10,3		7,80
AGT (g/100g MS)	4,2		2,57
C14:0	0,9	1,0	1,70
C16:0	13,2	19,1	22,90
C18:0	1,5	1,3	1,86
C18:1	1,0	1,2	1,00
C18:2	13,6	14,2	16,70
C18:3	67,4	60,0	54,20

Les rations tout foin conduisent aux mêmes modifications de la composition en acides gras : baisse des AG courts et augmentation des AG longs et insaturés (Martin *et al.*, 2002). Les effets sont intermédiaires pour les rations mixtes 50% ensilage de maïs et 50% de foin (Chenais *et al.*, 2004). Par ailleurs, des foins provenant d'une herbe de qualité et séchés en grange peuvent avoir des teneurs élevées en AG et en C18:3n-3, permettant la production d'un lait plus riche en C18:3n-3 que le pâturage, et plus riche en C18:1 trans-11 et CLA *cis*-9, *trans*-11 que l'ensilage d'herbe (Tableau 4). Dans un essai avec du foin ventilé (Houssin *et al.*, 2005), les seuls effets bénéfiques par rapport à l'ensilage de maïs, ont porté sur l'augmentation des AGPI et ω 3 et la réduction du rapport ω 6/ ω 3. Ceci s'explique par une teneur plus élevée de l'herbe en acide linoléique que le maïs. Une partie de cet acide gras non hydrogénée dans le rumen se retrouve dans le lait.

Tableau 4 : Impact du foin séché en grange sur la composition en acides gras du lait (Ferlay *et al.*, 2006)

Acides gras		Régime		Résultats en pourcentage des AGT du lait.
		ERG	FPN	
C16:0	Palmitique	32,13 ^b	28,59 ^a	ERG : Ensilage de ray-grass 86% MSI
C18:0	Stéarique	7,93	8,13	
C18:1 c9	Oléique	15,97	15,97	FPN : Foin de prairie naturelle 87%MSI
C18:1 t11	Vaccénique	0,87 ^a	1,36 ^b	
C18:2 c9c12	Linoléique	1,09	1,08	^{a, b} : différence statistiquement significative au seuil 5%
C18:3 c9c12c15	Alpha-linolénique	0,94 ^a	1,25 ^b	
C18:2 c9t11	Ruménique	0,46 ^a	0,71 ^b	

L'ensilage de maïs se distingue des autres fourrages par sa composition en acides gras proche de celle des grains, caractérisée par des teneurs élevées en acides oléique (22%) et linoléique (45%), et une faible proportion d'acide linoléique (5%). Son rapport ω 6/ ω 3, voisin de 9, est très élevé.

De plus, il a une teneur assez faible en MG (2,6 à 2,8%). Les correcteurs azotés utilisés pour corriger son déficit azoté devront apporter une certaine quantité de MG avec un bon rapport ω 6/ ω 3 ou être associés à de l'herbe de bonne qualité.

Les laits produits avec des rations à base d'ensilage de maïs ont de fortes teneurs en AGS, en ω 6 (acide linoléique) et un rapport ω 6/ ω 3 élevé comme le montre le tableau 2 p6. La composition de ces laits s'oppose à celle des laits produits avec des rations pâturage (Martin *et al.*, 2002). Ferlay *et al.*, (2008) ont mis en évidence une relation linéaire positive entre la part d'ensilage de maïs dans la ration et la teneur en C18:1 c12. En effet, l'acide linoléique, présent en très grande quantité dans le maïs, subit des transformations ruminales qui engendrent la formation de cet acide gras, d'où sa présence dans le lait.

Les observations que nous venons de faire montrent que la nature des fourrages offerts aux vaches laitières constitue un levier d'action efficace pour moduler la qualité nutritionnelle de la matière grasse du lait et des produits qui en sont issus.

2. Effets de la quantité et de la nature des concentrés sur la composition en acides gras du lait

2.1. La proportion de concentrés dans la ration

Parmi les aliments concentrés, les céréales et les graines protéagineuses se caractérisent par une faible teneur en MG, de l'ordre de 1 à 2% (sauf le maïs (4%) et le lupin (8%)) une proportion d'acide linoléique (C18:2) élevée (souvent supérieure à 50%) et peu d'AGS (moins de 20%).

Les graines oléagineuses ont des compositions en AG très variables selon les espèces, et la composition des huiles est généralement proche de celle des graines. Par contre, la liaison entre la composition des graines et celle des tourteaux qui en sont issus est beaucoup plus variable.

Tableau 5 : Effet de l'apport de concentré au pâturage sur la composition en AG du lait (Delaby et al., 2001)

Acides gras (% des AGT)	Concentré (kg brut)				P
	0	2	4	6	
AGS	65,20	66,30	67,30	67,50	0,001
C14:0	10,90	11,20	12,00	11,90	0,001
C16:0	27,30	28,70	29,10	29,00	0,010
C18:0	12,70	11,80	10,80	11,10	0,001
AGMI	32,60	31,40	30,50	30,20	0,001
C18:1 <i>cis</i>	22,00	21,40	20,10	20,70	0,003
C18:1 <i>trans</i> 11	5,40	4,60	4,80	4,10	0,001
AGPI	2,20	2,27	2,27	2,33	0,080
C18:2	1,22	1,36	1,47	1,63	0,001
C18:3	0,98	0,91	0,80	0,70	0,001

Même si on observe un effet significatif, l'apport de concentré au pâturage modifie assez peu la composition en acides gras du lait. Cependant, on observe une augmentation des AGS et linoléique (C18:2) et une baisse des AGI, en particulier du C18:3, sans doute en liaison avec la réduction d'ingestion de l'herbe riche en cet acide gras (Tableau 5).

L'augmentation de la part de concentré dans la ration, la baisse de la proportion de cellulose, mais aussi le broyage des fourrages et/ou la granulation, modifient la structure globale de la ration en augmentant la proportion de particules fines et en réduisant le temps de mastication. Les conséquences au niveau des fermentations ruminales se répercutent sur la production des matières grasses du lait. Ainsi, des relations ont pu être établies entre l'indice de fibrosité et le TB (baisse de 3g/kg quand l'indice diminue de 10 minutes de temps de mastication/kg de MS) (Sauvant et al., 1990), et entre la granulométrie des rations et le TB (baisse de TB de 2g/kg quand le diamètre médian des particules baisse de 1 mm au-dessous de 5mm) (Sauvant, 2000).

Les « rations sèches », qui contiennent plus de 80% de concentrés, entraînent des chutes de pH dans le rumen, des déviations fermentaires et des modifications des phénomènes de biohydrogénation (Peyraud & Apper-Brossard, 2006) ce qui entraîne des modifications du profil en acides gras des laits. Ces phénomènes qui se déroulent dans le rumen vont entraîner la production d'isomères *trans*10 dont le C18:1 *t10*. Cet acide gras n'est pas

recherché dans le lait car il entraîne le blocage de l'élongation. De plus, la baisse le pH engendre une réduction de la production d'AG courts et moyens.

2.2. La nature du concentré

La nature du tourteau (complément azoté) apporté en complément de l'ensilage de maïs a un effet sur la composition en acides gras du lait.

- Par rapport au tourteau de soja, le tourteau de colza entraîne une réduction des acides gras moyens (- 3,9 points) et saturés (- 3,2 pt) au profit des acides gras longs (+ 4,4 pt) et insaturés (+ 2,6 pt) (Houssin *et al.*, 2004). Ainsi des rations « ensilage de maïs + colza » ou « ensilage d'herbe + soja » donnent des laits avec des compositions en acides gras comparables et améliorées par rapport à une ration classique d'ensilage de maïs complémenté avec du tourteau de soja.

- Le concentré protéique de luzerne est une source protéique peu dégradable qui pourrait se substituer au tourteau de soja. Compte tenu de sa richesse en C18:3 (60% des AGT), elle permet d'accroître les teneurs en ALA et de diminuer le ratio $\omega 6/\omega 3$ d'une manière aussi importante que la graine de lin extrudée (Peyraud *et al.*, 2008).

- Le tourteau de lin expeller (non déshuilé), comporte 8 à 12% de MG, parfois plus. L'apport de 4,2 kg de tourteau de lin à 10% en remplacement de 2,4 kg de soja et 1,2 kg d'orge, réduit la teneur en AGS de 6 points avec un impact important (-8 points) sur les teneurs en C16:0 (Tableau 7). La présence d'AGMI est plus importante (+ 4,5 points) essentiellement sous l'impact de la teneur en C18:1 qui augmente de 5 points.

La part d'AGPI s'accroît aussi notablement (+ 1,4 points) en grande partie par l'intermédiaire du C18:3 n-3 (+ 0,7 point) dont la teneur est multipliée par 2,5. Au final le rapport $\omega 6/\omega 3$ est diminué (2,6 vs 6,8). L'apport de C18:3 par le lin ne permet pas d'accroître les teneurs en EPA et DHA des laits (Loor *et al.*, 2005) sans doute parce que le C18:3 n'est pas élongué au niveau mammaire.

- Les effets de la graine de soja crue aplatie sur les AGS et AGMI sont peu marqués, mais ils sont notables et bénéfiques sur les AGPI (augmentation), les oméga 3 (augmentation) et les oméga 6 (réduction) (Tableau 6).

Tableau 6 : Effet de l'apport de graine de soja sur la composition en AG du lait (Legarto & Beaumont, 2006)

Graines de soja (kg)	0	2	6
AGS (%)	74,7	73,2	67,8
AGMI (%)	22,9	23	27,6
AGPI (%)	2,4	3,8	4,6
$\omega 3$	0,2	0,5	0,7
$\omega 6$	2,1	3,3	4,6

Tableau 7 : Effet de l'apport de tourteau de lin sur la composition en AG du lait (Brunschwig *et al.*, 1996)

	Témoin soja	Lin (3,7 kg)
AG courts	12,0	11,7
AG moyens	55,9	46,7
AG longs	32,1	41,6
C18:2	2,7	2,9
C18:3	0,4	1,1
AGMI	24,1	28,6
AGPI	3,8	5,2

Données en pourcentage des AGT

- Nous avons vu que par le biais des concentrés il était possible d'apporter des AGPI. Mais les effets sur la composition en AG du lait diffèrent selon les formes d'apport (graine, huile...), car celles-ci affectent leur devenir ruminal. La biohydrogénation ruminale des acides gras, et donc la production d'isomères *trans*, est moins importante pour les graines que pour les huiles, car l'enveloppe des graines limite l'accessibilité des lipides aux microorganismes. Ainsi, l'accroissement des teneurs en C18:2 n-6 du lait est plus marqué

avec l'apport de graines que l'apport d'huile de tournesol ou de soja (Chilliard *et al.*, 2001), alors que les huiles enrichissent plus le lait en ARU que les graines crues. Les savons de calcium des huiles ne protègent que partiellement les AGPI de l'hydrogénation ruminale car ils sont dissociés lorsque le pH du rumen diminue. L'encapsulation des huiles par une coque de protéines tannées est la méthode qui permet de protéger le plus efficacement de la digestion ruminale.

3. Identification de trois classes de lait de composition et d'intérêt nutritionnel différents

Il est possible de regrouper les laits collectés à différentes périodes de l'année, en trois grandes classes de composition d'intérêt nutritionnel croissante : les rations hivernales (à base d'ensilage de maïs, d'ensilage d'herbe ou mixtes), les rations de pâturage complétées avec de l'ensilage (maïs ou herbe), et les rations constituées d'herbe pâturée seule (Tableau 8).

Tableau 8 : Effet de la nature du régime alimentaire sur la composition en AG du lait (Chenais *et al.*, 2004)

Régime	AG courts	AG moyens	AG longs	AGS	AGMI	AGPI
Hivernal	9,0	57,1	33,9	73,8	23,1	3,0
Pât ensilage +	9,7	50,8	39,5	69,7	26,6	3,7
Pâturage seule	9,2	46,3	44,4	65,9	29,4	4,4

Régime	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	CLA	$\omega 3$	$\omega 6/\omega 3$
Hivernal	12,1	36,1	9,3	20,1	2,4	0,4	0,5	0,4	5,2
Pât ensilage +	11,2	30,9	10,4	23,9	2,8	0,6	0,8	0,6	4,0
Pâturage seule	10,5	26,9	11,8	26,8	3,4	0,8	1,3	0,9	2,5

Données en pourcentage des AGT

On oppose souvent les rations hivernales aux rations estivales. De nombreuses recherches ont été consacrées à l'étude des variations saisonnières de composition du lait. Ainsi, Collomb *et al.* (2008) ont montré que comparée à l'hiver, la matière grasse du lait d'été avait des concentrations significativement plus basses en AGS (-8,6%) et plus élevées en AGMI (+ 19,9%), AGPI (+21,7%), CLA (+70,1%) et AG *trans* (+56,7%, CLA non inclus). Chenais *et al.* (2004) ont aussi étudié les différences de composition des laits de ces deux saisons, et ils en sont venus aux mêmes conclusions.

4. Améliorer le profil en acides gras du lait

Les effets de tous les acides gras du lait sur la santé humaine ne sont pas encore tous établis. Il est important de préciser que ce ne sont pas les acides gras qui sont néfastes mais bien une consommation surabondante dans un régime. De nombreux acides gras ont des propriétés métabolique, énergétique ou structurelle importantes pour la santé humaine.

En l'état actuel des connaissances, l'amélioration du profil en acides gras du lait passe par :

- Une **baisse de la teneur en AGS** et notamment en acide palmitique (C16:0) qui est le principal représentant de cette famille. Les AGS sont réputés nocifs quand ils sont consommés en excès dans un régime alimentaire. Il ne faut toutefois plus les considérer en bloc mais bien de façon individuelle car ils n'ont pas tous des effets délétères. Par exemple, les AG courts ont un effet hypocholestérolémiant.
- Une **hausse des AGI** est un objectif majeur pour améliorer le profil nutritionnel des laits. Cette hausse est à rechercher aussi bien pour les AGMI que pour les AGPI.
Une **hausse des AG oméga 3** est à rechercher. Cette famille d'acides gras est réputée pour son rôle bénéfique sur la santé humaine, bien que les teneurs dans le lait soient relativement faibles.
Une **hausse de l'acide ruménique** (CLA *c9t11*) est aussi souhaitable. Cet acide gras conjugué est le plus présent dans le lait et c'est un acide gras que seuls les ruminants sont capables de produire. L'intérêt majeur de cet AG est un effet anticancéreux.
- Un **maintien des AG oméga 6** est à viser pour permettre d'obtenir le rapport oméga6/oméga3 le plus bas possible. Les recommandations nutritionnelles chez l'Homme fixe une valeur « objectif » à 5 pour ce rapport. Le but est de produire un lait ayant un rapport inférieur à 5.
Il faut enfin veiller à **ne pas augmenter certains isomères *trans*** du lait, tels que le C18:1 *t9*, CLA *t10c12*. En l'état actuel des connaissances, seules les teneurs en C18:1 *t11* et en C18:2 *c9t11* peuvent être augmentées. Pour les autres *trans*, on ne doit pas chercher d'augmentation de leur teneur dans le lait.

II. Suivi annuel de la composition en acides gras du lait de dix-sept fermes françaises

La diversité des acides gras du lait : courts/longs, saturés/insaturés, cis/trans, oméga3/oméga6... rend la matière grasse du lait intéressante sur le plan nutritionnel. Toutefois, elle n'a pas une très bonne réputation en nutrition humaine en raison de sa richesse en acides gras saturés. Pourtant, ces acides gras ont eux aussi des fonctions très importantes. Avec ses forces et ses faiblesses, la matière grasse laitière a donc sa place dans notre alimentation, dans un régime équilibré.

L'alimentation des vaches laitières est un moyen efficace, rapide et réversible d'améliorer la composition du lait. L'aptitude à la transformation des laits, les qualités nutritionnelles et organoleptiques des produits laitiers, dépendent du profil en acides gras du lait. L'alimentation a des effets majeurs, de mieux en mieux connus, sur ce profil. A terme, la voie génétique pourrait aussi contribuer à l'apparition d'animaux produisant des laits au profil différencié, et on peut espérer un éventuel cumul des effets génétique et alimentaire.

Si les pistes d'amélioration de la composition en acides gras des laits sont maintenant connues, l'enjeu est aujourd'hui de développer des systèmes d'alimentation qui permettent d'assurer, une composition des laits adaptée et la plus stable possible tout au long de l'année, tout en limitant les coûts alimentaires. C'est dans cette optique que s'inscrit l'étude. En effet, elle a pour objectif de caractériser certains systèmes d'alimentation français, à partir de prélèvements de laits de ferme, effectués sur une année.

1. Un dispositif national et des structures variées

1.1 Le dispositif mis en place

L'étude a été réalisée à partir des données d'enquêtes et des prélèvements de lait effectués dans dix-sept élevages répartis sur six départements français : la Somme, la Moselle, le Jura, le Puy de Dôme, l'Ille-et-Vilaine et les Landes. Elle s'est déroulée de mai 2008 à février 2009. Les exploitations choisies sont adhérentes au Contrôle Laitier ou font partie d'un Réseau d'Élevage et sont représentatives des systèmes de production de la région. L'échantillon sélectionné a permis d'assurer une diversité des systèmes étudiés mais n'est pas exhaustif.

Une première enquête répertoriant les données générales de l'exploitation a permis de décrire globalement le système de production des élevages sélectionnés. Elle a été réalisée en mai 2008. Elle a permis d'ajuster les dates de réalisation des enquêtes alimentaires suivantes, réalisées le jour du prélèvement de lait, en fonction du calendrier d'alimentation.

Sur chaque site, un prélèvement de lait de troupeau a été effectué aux périodes alimentaires choisies, et ceci dans les deux jours suivant un contrôle de performances.

Prélèvement 1 : entre le 15/05/2008 et le 25/06/2008

Prélèvement 2 : entre le 27/06/2008 et le 29/08/2008

Prélèvement 3 : entre le 01/09/2008 et le 04/11/2008

Prélèvement 4 : entre le 09/01/2009 et le 17/02/2009

Prélèvement 5 : entre le 09/02/2009 et le 23/03/2009

Ce protocole génère donc des résultats sur 85 échantillons de lait associés à 85 enquêtes d'alimentation.

Au moment du prélèvement, un questionnaire permettait de décrire la ration du jour et la conduite du système autour de cette période. Pour chaque département, un responsable était en charge de l'organisation des prélèvements et des enquêtes. Il s'agissait soit de correspondants des Chambres d'Agriculture, soit d'ingénieurs de l'Institut de l'Elevage, soit d'agents du Contrôle Laitier en charge du suivi des élevages sélectionnés.

Le prélèvement de lait du troupeau s'est fait directement dans le tank contenant impérativement un nombre pair de traites. Les échantillons de lait ont été prélevés dans un flacon de 150 ml sans conservateur puis congelés.

Les échantillons congelés ont ensuite été envoyés par colis au laboratoire d'analyses Actilait, situé à Mamirolle dans le département du Doubs, où le profil en AG des laits a été déterminé. Cette analyse du profil en acides gras des laits se fait par chromatographie en phase gazeuse. La première phase permet d'extraire les AG du lait par extraction éthanolique. La deuxième est une méthylation (estérification des AG par le méthanol) qui permet la séparation des acides gras C18 :1 de forme *trans* et *cis*. La dernière phase est l'analyse par chromatographie en phase gazeuse proprement dite. Les résultats permettent de distinguer plus d'une cinquantaine d'acides gras.

Les données d'enquête ont été vérifiées et/ou corrigées en utilisant les caractéristiques du troupeau (capacité d'ingestion, poids vif, note d'état corporel, indice de lactation, indice de gestation et indice de maturité), des fourrages et des concentrés. Cette étape a été réalisée selon une méthode Inra utilisée dans le projet européen Truefood. L'ingestion au pâturage a été estimée à partir des informations collectées auprès des éleveurs et en soustrayant les quantités de fourrages et de concentrés ingérées par les vaches à la capacité d'ingestion totale.

Les données d'alimentation sont utilisées sous forme de pourcentage de la ration totale :

- La classe « ensilage de maïs » comprend également la betterave fourragère.
- La classe « ensilage d'herbe » regroupe l'ensilage et l'enrubannage d'herbe ou de luzerne.
- La classe « foin » regroupe tous les foins (luzerne, prairie permanente...) ainsi que la paille.
- La classe « herbe pâturée » correspond à l'herbe consommée par les vaches au pâturage.
- La classe « coproduits » regroupe les drèches de brasserie ou de distillerie, la mélasse de canne et les pulpes de betterave ou de pomme de terre.

Les variables utilisées par la suite pour les analyses statistiques sont la part de chacun de ces groupes d'aliment dans la ration. Les parts d'ensilage de maïs, d'ensilage d'herbe, de foin, d'herbe pâturée et de coproduits dans la ration sont respectivement notées EM-P, EH-P, Foin-P, Pat-P et Cop-P. La part de concentrés (Conc-P) est une variable illustrative.

1.2. La description de l'échantillon

Les exploitations enquêtées présentent une grande diversité, avec des quotas pouvant varier de 182 391 à 960 641 litres. Notre échantillon comporte une moyenne de 55 vaches laitières (+/- 24) avec un pourcentage de primipares de 33% (+/- 10%). La production laitière moyenne sur 12 mois est très variable. Elle est en moyenne de 7 707 L (+/- 1299 L). On note également des références MG assez différentes les unes des autres (39,0 g/L (+/- 2) en moyenne). Cette variabilité se retrouve au niveau du taux butyrique observé en moyenne de 39,4 g/kg (+/- 2,4). Le taux protéique est plus stable (32,5 g/kg +/- 0.7).

Tableau 9 : Caractéristiques des exploitations enquêtées

	<i>Moyenne</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Ecart type</i>
Droit à produire (litres)	390 982	182 391	960 641	193 663
Nombre moyen VL	55	26	131	24
Primipares (%)	33	21	53	10
PL moyenne sur 12 mois (kg)	7 707	5 622	9 770	1 299
Référence Matière Grasse (g/l)	39,0	35,0	43,0	2,0
TB moyen (g/kg)	39,4	34,6	45,0	2,4
TP moyen (g/kg)	32,5	31,3	33,4	0,7

2. Les principaux fourrages ont des effets marqués sur la composition en acides gras du lait

2.1. L'augmentation de la part totale d'herbe améliore le profil en acides gras du lait

Cette partie présente les résultats en fonction de la part d'herbe totale de la ration : herbe conservée et/ou pâturée.

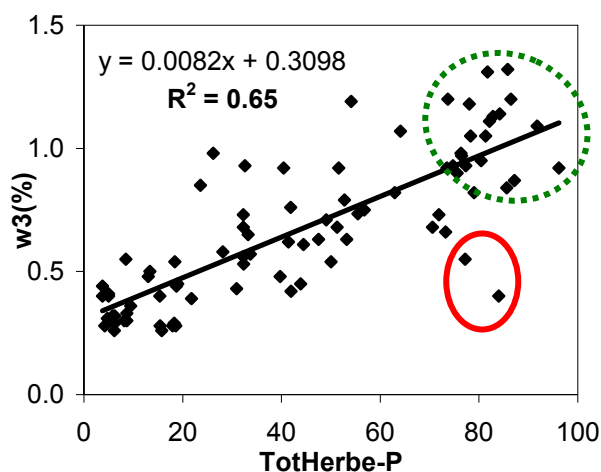


Figure 1 : Relation entre la part d'herbe totale dans la ration et le pourcentage d' ω 3

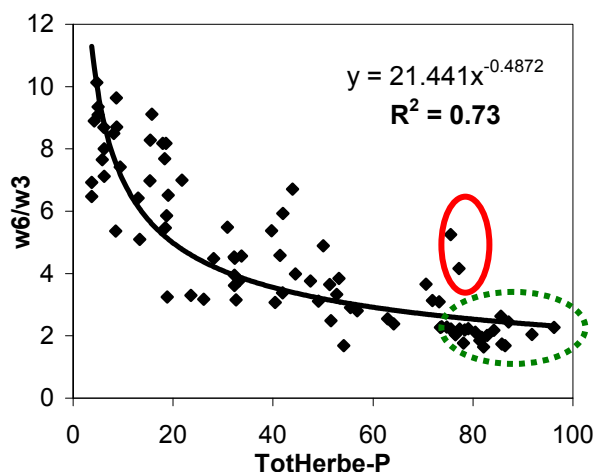


Figure 2 : Relation entre la part d'herbe totale dans la ration et le rapport ω 6/ ω 3

La figure 1 montre que le pourcentage d'AG ω 3 augmente de façon quasi-linéaire avec la part d'herbe (conservée ou non) de la ration. Par conséquent, il est logique d'observer une diminution du rapport ω 6/ ω 3 lorsque la part d'herbe dans la ration augmente. Mais cette diminution n'est pas linéaire (figure 2).

Pour une même part d'herbe dans la ration, on obtient des rapports ω 6/ ω 3 assez variables. Les deux points entourés en rouge correspondent à des rations très riches en herbe mais composées à 70% d'ensilage d'herbe et à 5% de foin. Les points entourés en pointillés verts correspondent à des rations composées essentiellement d'herbe pâturée ou de foin. Il semblerait donc que les rations à base d'ensilage d'herbe aient un effet moins important sur la diminution du rapport ω 6/ ω 3 que les rations à base d'herbe ou de foin. Même si ces observations sont à nuancer, compte tenu du faible nombre de valeurs comparées, les tendances sont bien présentes.

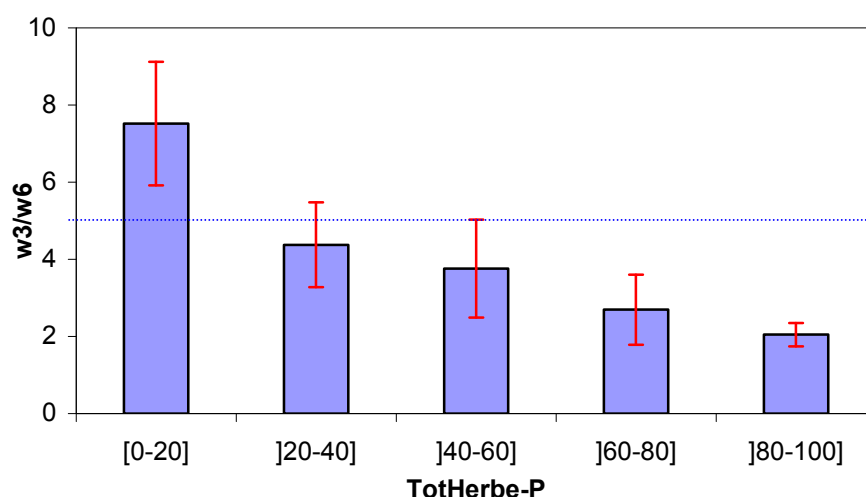


Figure 3 : Histogramme représentant le rapport ω_6/ω_3 en fonction de la quantité totale d'herbe dans la ration.

La figure 3 met en évidence le fait qu'à partir de 20% d'herbe dans la ration, les effets sur le rapport ω_6/ω_3 sont très marqués. A partir de 20% d'herbe, ce rapport est inférieur à 5 en moyenne.

On observe également une variabilité des résultats illustrée par les intervalles [moyenne \pm écart type] représentés en rouge. Elle est maximale pour les faibles parts d'herbe de la ration, et minimale pour les parts d'herbe élevées (]80-100]).

2.2. L'herbe pâturée a les effets bénéfiques les plus marqués

Les données d'alimentation recueillies ont permis d'isoler les effets de l'herbe pâturée sur la composition en acides gras du lait.

Tableau 10 : Effet de la part d'herbe pâturée de la ration sur le profil en AG du lait

Nom commun	Classe Herbe Pâturée (% de la ration) (Effectif)				
	[0-20] (54)]20-40] (8)]40-60] (11)]60-80] (9)]80-100] (3)
AGS	71,0	67,8	66,4	63,8	62,8
AGMI	25,1	28,0	28,9	30,4	30,6
AGPI	3,10	3,33	3,76	4,60	5,05
AG trans	2,95	3,72	4,70	6,65	8,75
ω_3	0,57	0,64	0,83	1,10	0,97
ω_6	2,54	2,67	2,38	2,28	2,01
ω_6/ω_3	5,43	4,68	3,11	2,14	2,13
AG courts	10,6	10,3	10,1	10,0	10,0
AG moyens	51,8	49,7	48,8	45,3	45,5
AG longs	33,0	39,1	40,0	43,5	43,0

Ce tableau montre des variations linéaires des AGPI, AGMI (augmentation) et AGS (baisse) avec l'accroissement de la part d'herbe pâturée dans la ration. On note également une diminution linéaire du rapport ω_6/ω_3 et une augmentation des AG longs avec l'accroissement de la part d'herbe pâturée dans la ration.

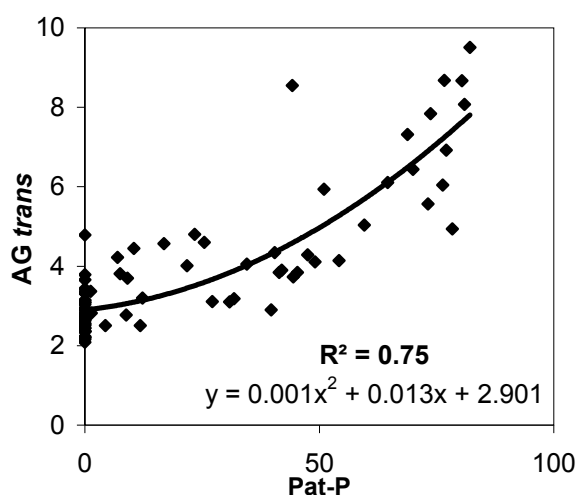


Figure 4 : Effet du pourcentage d'herbe pâturée de la ration sur les AG *trans* du lait

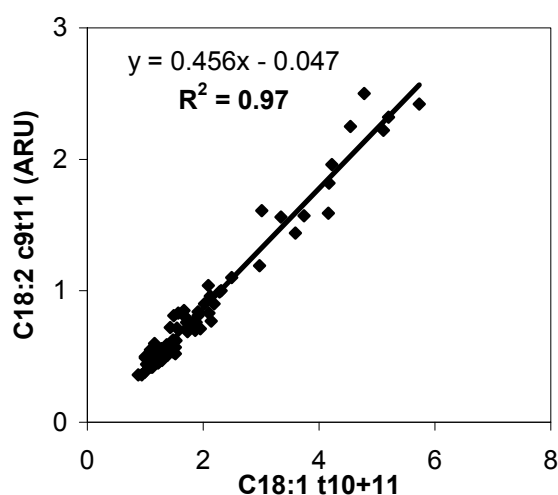


Figure 5 : Relation entre le pourcentage de C18:1 t10+11 et l'ARU du lait

La figure 4 illustre l'augmentation des AG *trans* dont l'ATV et l'ARU avec l'accroissement du pourcentage d'herbe pâturée dans la ration. Ces acides gras sont bénéfiques pour la santé humaine. L'acide ruménique est d'ailleurs spécifique des produits issus des ruminants. On observe une relation linéaire positive, avec un coefficient de corrélation élevé, entre ces deux AG puisque l'un est le précurseur de l'autre. L'herbe pâturée permet donc bien d'améliorer le profil en acides gras des laits de façon importante.

3. Quatre systèmes d'alimentation ont été identifiés

Une analyse en composante principale a permis d'identifier quatre systèmes d'alimentation moyens sur l'année. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les résultats complets se trouvent en annexe 1 page 28.

Les quatre systèmes isolés sont les suivants : ensilage de maïs dominant (EM), ensilage de maïs et herbe (EMH), ensilage de maïs et coproduits (EMCo) et herbe (H).

Tableau 11 : Influence du système d'alimentation sur la composition moyenne en acides gras du lait de vache

Nom commun	Système d'alimentation (Effectif)				ETR	P
	EM (5)	EMH (3)	EMCo (3)	H (6)		
TB moyen (g/kg)	40,9 ^a	39,6 ^{ab}	40,7 ^a	37,2 ^b	-	P<0,05
AGS	69,6	69,0	70,5	67,9	1,94	NS
AGMI	26,5	27,0	25,4	27,0	1,42	NS
AGPI	3,02 ^b	3,12 ^b	3,38 ^{ab}	3,97 ^a	0,56	P<0,05
AG <i>trans</i>	3,27 ^b	3,33 ^{ab}	3,22 ^b	4,89 ^a	1,11	P<0,05
ω3	0,56 ^b	0,57 ^b	0,47 ^b	0,95 ^a	0,26	P<0,05
ω6	2,58 ^a	2,50 ^a	2,95 ^a	2,16 ^b	0,33	P<0,05
ω6/ω3	5,74 ^a	4,97 ^a	6,69 ^a	2,38 ^b	2,12	P<0,05
AG courts	10,8	10,8	9,3	10,5	1,26	NS
AG moyens	52,1	51,5	45,7	50,6	5,58	NS
AG longs	36,3	36,8	31,0	37,8	3,96	NS

^{a, b} : différence statistiquement significative au seuil indiqué par la probabilité P

Cela montre que la composition moyenne des laits des exploitations du système H se détache de celle des autres systèmes. En effet, elle est plus riche en AGPI et en AG *trans* (dont ARU et C18:1 t10+11). Elle est également plus riche en ω_3 et moins riche en ω_6 , d'où un rapport ω_6/ω_3 moyen beaucoup plus faible (2,38).

On observe que la composition moyenne des laits du système EMH est intermédiaire, avec un pourcentage d'AGS et un rapport ω_6/ω_3 tendanciellement plus faibles que les laits des systèmes EM et EMCo, mais plus élevés que ceux du système H. Le pourcentage d'AG *trans* est également intermédiaire. Cependant, ce que le tableau ne fait pas apparaître, ce sont les variabilités des résultats au sein de chaque système.

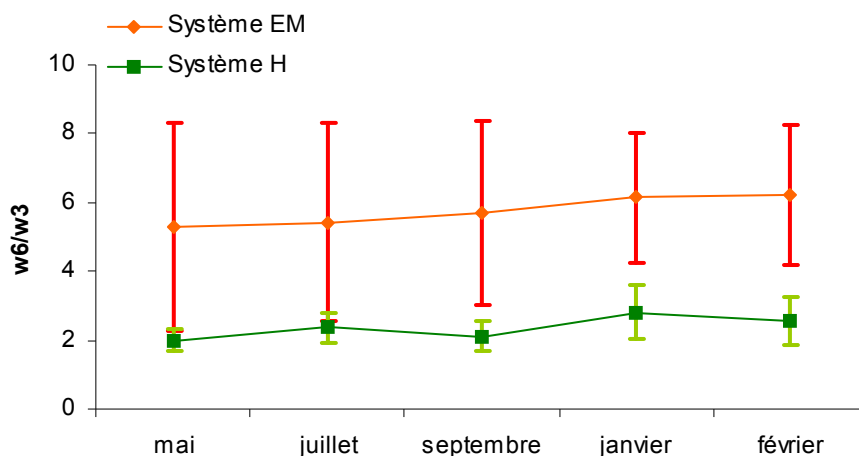


Figure 6 : Evolution et variabilité du rapport ω_6/ω_3 au cours de l'année, pour les systèmes EM et H

La figure 6 représente l'évolution du rapport ω_6/ω_3 au cours de l'année pour les systèmes EM et H, ainsi que l'intervalle [moyenne \pm écart-type]. Le rapport ω_6/ω_3 qui semble stable en moyenne sur l'année pour le système EM, cache de grandes disparités (valeurs comprises entre 2,38 à 9,12). Il en est de même pour les systèmes EMH et EMCo en janvier et février notamment. Contrairement à ces systèmes, le système H conserve une valeur du rapport ω_6/ω_3 faible et stable tout au long de l'année, restant comprise entre 1,64 et 3,84.

4. Sept types de rations ont été isolés

Sept types de rations ont été déterminés par une analyse en composante principale. On retrouve des rations mixtes (EMF, EMEH, EMP) et des rations contenant un fourrage principal (EM, F, EH, et P). Le graphique ci-dessous représente la part des différents constituants composant ces rations, les valeurs sont reprises dans le tableau 12.

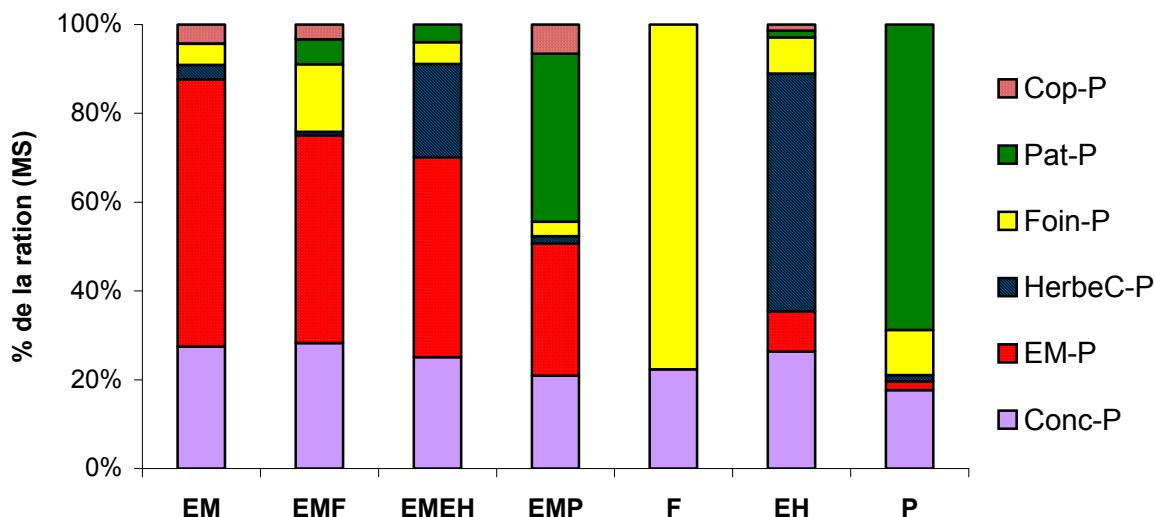


Figure 7 : Composition des sept types de rations isolés

Tableau 12 : Effet du type de ration sur le profil en acides gras du lait

Type de ration	EM	EMF	EMEH	EMP	F	EH	P
<i>Effectif</i>	17	12	9	14	9	8	16
Constituants de la ration (%MS)							
Conc-P	27,4	28,3	25,1	20,9	22,4	26,3	17,6
Cop-P	4,3	3,3	0,0	6,6	0,0	1,4	0,0
EM-P	60,3	46,8	45,0	29,7	0,0	9,0	2,0
Foin-P	4,7	15,3	4,9	3,2	77,6	8,2	10,2
HerbeC-P	3,2	0,8	21,1	1,7	0,0	53,6	1,4
Pat-P	0,1	5,6	4,0	37,9	0,0	1,5	68,8
TotHerbe-P	8,1	21,7	30,0	42,8	77,6	63,3	80,4
Composition en AG du lait (% des AGT)							
AGS	72,3 ^a	69,7 ^{ab}	69,1 ^{bc}	67,3 ^c	71,6 ^a	70,8 ^{ab}	64,2 ^d
AGMI	23,9 ^e	26,5 ^{cd}	26,7 ^{bc}	28,4 ^{ab}	24,1 ^{de}	25,1 ^{cde}	29,9 ^a
AGPI	2,97 ^c	3,03 ^c	3,25 ^{bc}	3,36 ^b	3,33 ^b	3,11 ^c	4,62 ^a
AG <i>trans</i>	2,84 ^d	3,05 ^{cd}	3,54 ^{bc}	3,87 ^b	2,71 ^d	2,83 ^d	6,80 ^a
ω3	0,37 ^d	0,46 ^d	0,70 ^c	0,66 ^c	0,91 ^b	0,69 ^c	1,06 ^a
ω6	2,76 ^a	2,63 ^a	2,73 ^a	2,59 ^a	2,10 ^b	2,21 ^b	2,20 ^b
ω6/ω3	7,64 ^a	6,68 ^a	4,15 ^b	4,30 ^b	2,40 ^c	3,43 ^b	2,11 ^c
AG courts	10,6	9,5	11,2	10,3	10,7	11,2	10,0
AG moyens	52,1	47,8	50,8	49,3	55,6	53,7	46,4
AG longs	30,7 ^c	33,6 ^c	37,1 ^b	39,6 ^b	32,7 ^c	34,3 ^c	42,4 ^a

^{a-e}: différence statistiquement significative au seuil 5%

Le taux d'AGS le plus élevé est obtenu avec des rations EM. Cette teneur diminue avec l'incorporation d'herbe dans la ration. En effet, le pourcentage d'AGS est plus faible pour les rations mixtes EMF, EMEH et EMP. Cependant, même si les taux d'AGS des rations à base d'herbe conservée (F et EH), sont inférieurs à ceux des rations EM, ils ne sont pas plus faibles que ceux des rations mixtes. Les effets sur la diminution des AGS du lait sont les plus marqués avec l'herbe pâturée, comme le montre le taux d'AGS faible (64,2%) obtenu avec les rations à dominante herbe pâturée.

Les AGMI et les AGPI ont une évolution inverse de celle décrite pour les AGS.

Le rapport ω6/ω3 évolue de la même façon que le taux d'AGS du lait. Néanmoins, il faut noter que le rapport le plus bas (2,11) est obtenu avec les rations P, mais celui des rations F est également très bas (2,40).

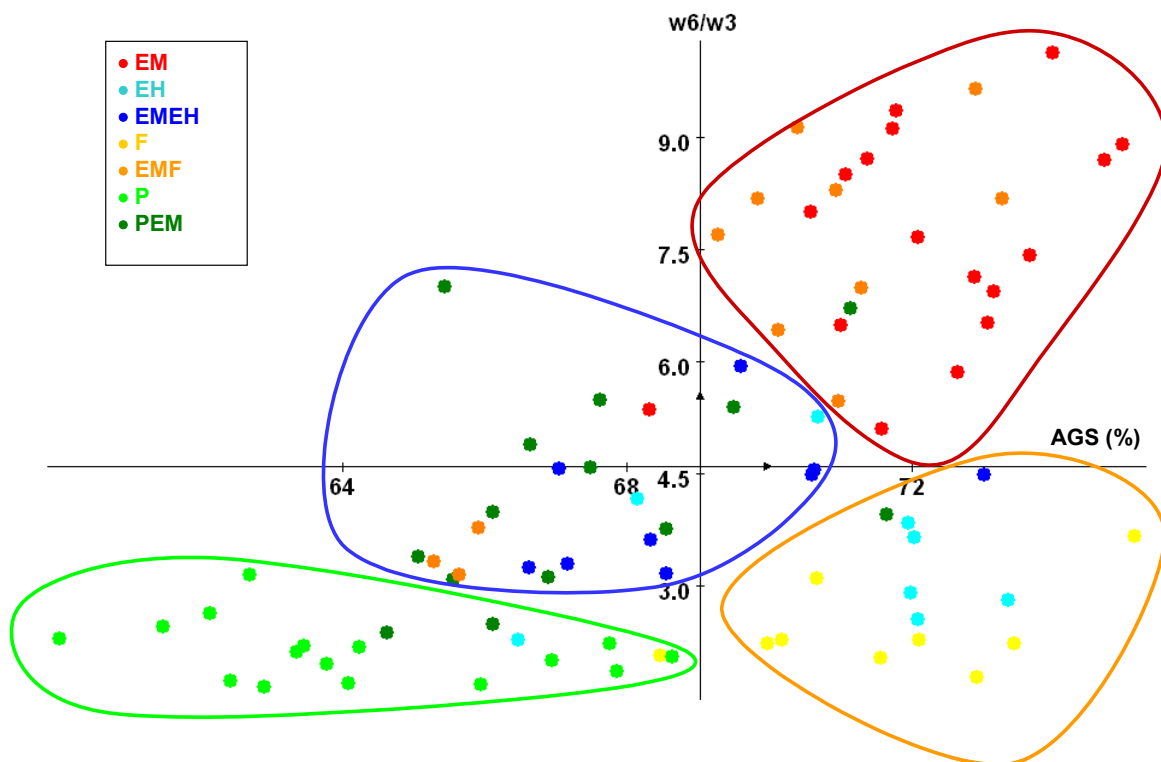


Figure 8 : Répartition des 85 échantillons de lait en fonction du rapport ω_6/ω_3 et du pourcentage d'AGS.

Le graphique ci-dessus représente la répartition des 85 échantillons de lait en fonction du taux d'AGS et du rapport ω_6/ω_3 . Il fait également apparaître le type de ration dont les laits sont issus. Ainsi, les rations P à dominante herbe pâturée donnent le lait de meilleure qualité nutritionnelle. Les rations mixtes, ensilage de maïs et pâturage ou ensilage de maïs et ensilage d'herbe, donnent des laits au profil intermédiaire. Les rations à dominante ensilage d'herbe ou foin donnent des laits avec un rapport ω_6/ω_3 faible mais ils sont riches en AGS. Les laits produits à base de rations à dominante ensilage de maïs ou ensilage de maïs et foin, possèdent le moins bon profil nutritionnel. En effet, ils sont riches en AGS et ont un rapport ω_6/ω_3 élevé et toujours supérieur à 5.

5. Un meilleur lait sur le plan nutritionnel quand le système utilise de l'herbe

Les rations de printemps/été utilisent plus d'herbe notamment pâturée qu'en hiver car c'est à cette période que cette ressource est la plus disponible. Les laits issus d'une alimentation hivernale diffèrent donc des laits produits avec une alimentation de printemps/été.

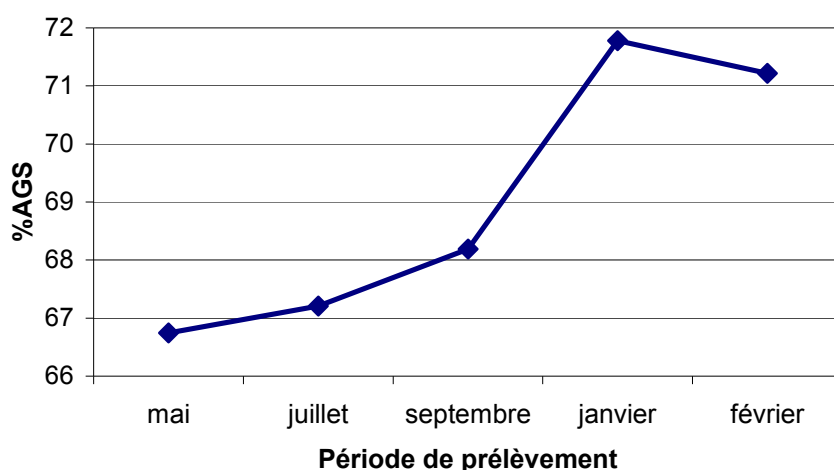


Figure 9 : Evolution du pourcentage d'AGS du lait au cours de l'année

La figure 9 illustre l'évolution en AGS de la composition du lait au cours de l'année, tous systèmes d'alimentation confondus. Les résultats complets se trouvent en annexe. Ces résultats sont à mettre en relation avec les données concernant la composition des rations. En observant la figure, on remarque une augmentation du pourcentage d'AGS quasi linéaire de mai à septembre. Cette augmentation est brutale en janvier et se stabilise en février. On distingue donc nettement deux phases : une première regroupant les mois de mai, juillet et septembre que l'on appellera la saison « printemps-été » et la deuxième saison dite « hivernale », regroupant les mois de janvier et février. La figure 10 ci-dessous nous présente les différences de composition des laits entre ces deux saisons.

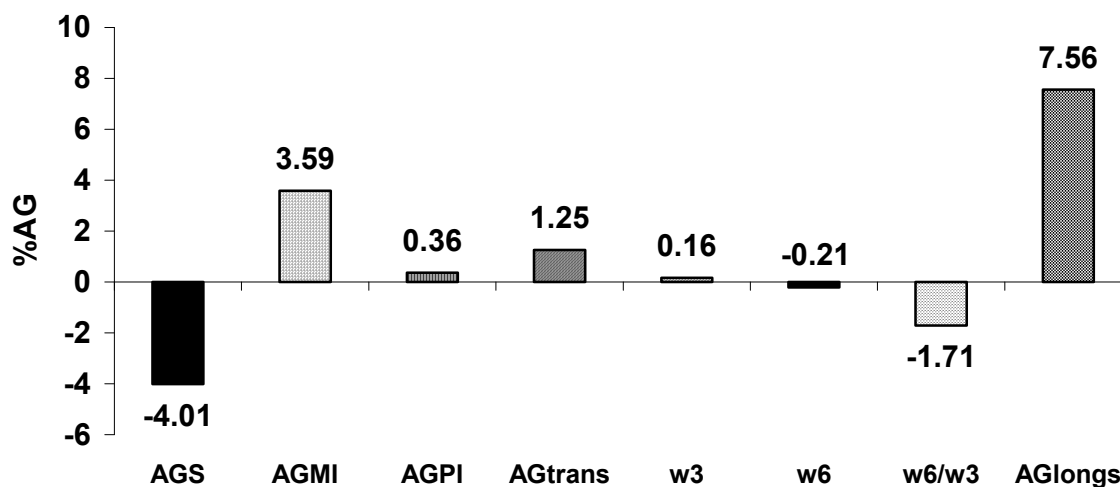


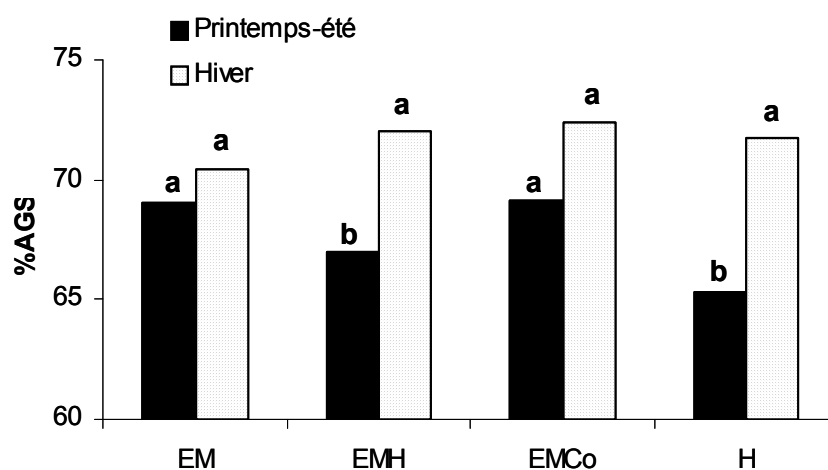
Figure 10 : Différence de composition entre les laits de printemps-été et d'hiver

Les laits de printemps-été ont une teneur en AGS plus faible, et une teneur en AGMI et AGPI plus élevée, que les laits d'hiver. Les proportions d'AG *trans*, d'oméga 3 et d'AG longs sont également plus élevées. Le pourcentage d'oméga 6 est plus faible dans les laits de printemps-été, d'où un rapport $\omega6/\omega3$ plus élevé pour ces laits. Comme le montre le tableau 13, toutes les différences observées sur les grandes classes d'AG sont significatives excepté pour les $\omega6$, les AG courts et les AG moyens.

Tableau 13 : Influence de la saison sur la composition du lait

Nom commun	Saison (Effectif)			
	Printemps-été (51)	Hiver (34)	ETR	P
AGS	67,4 ^a	71,5 ^b	3,54	P<0,001
AGMI	28,0 ^a	24,4 ^b	2,93	P<0,001
AGPI	3,62 ^a	3,16 ^b	0,72	P<0,05
AG trans	4,46 ^a	2,92 ^b	1,72	P<0,001
ω3	0,74 ^a	0,59 ^b	0,30	P<0,05
ω6	2,41	2,58	0,40	NS
ω6/ω3	4,04 ^a	5,42 ^b	2,43	P<0,05
AG courts	10,3	10,6	1,79	NS
AG moyens	50,0	50,8	8,85	NS
AG longs	38,7 ^a	31,8 ^b	7,16	P<0,001

Cependant, les différences de composition entre les laits de printemps-été et d'hiver ne sont pas toujours significatives pour tous les systèmes d'alimentation. Comme le montre la figure 11, le pourcentage d'AGS des laits d'hiver est toujours plus élevé que celui des laits de printemps-été, mais cette différence n'est pas statistiquement significative pour les systèmes EM et EMCo. Seuls les systèmes utilisant une part importante d'herbe produisent des laits de compositions fines statistiquement différentes entre les deux périodes considérées.



a, b: différence significative au seuil 5%

Figure 11 : Histogramme du pourcentage d'AGS suivant la saison pour chacun des systèmes d'alimentation

Les résultats complets se trouvent en annexe 2 page 30.

Tableau 14 : Influence du système d'alimentation et de la saison sur la composition en acides gras du lait de vache (% des AGT)

Système Saison (Effectif)	EM		EMH		EMCo		H	
	Ptps-été (15)	hiver (10)	Ptps-été (9)	hiver (6)	Ptps-été (9)	hiver (6)	Ptps-été (18)	hiver (12)
AGS	69,1	70,4	66,9 ^b	72,0 ^a	69,2	72,4	65,3 ^b	71,7 ^a
AGMI	27,0	25,6	28,9 ^a	24,3 ^b	26,7	23,4	29,1 ^a	24,0 ^b
AGPI	3,02	3,01	3,27	2,89	3,34	3,43	4,42 ^a	3,29 ^b
AG trans	3,41	3,07	3,68 ^a	2,79 ^b	3,34	3,04	6,29 ^a	2,79 ^b
ω3	0,59	0,51	0,66 ^a	0,43 ^b	0,53	0,38	1,03 ^a	0,84 ^b
ω6	2,50	2,69	2,43	2,60	2,76	3,24	2,16	2,16
ω6/ω3	5,48	6,19	4,00 ^b	6,43 ^a	5,42	8,60	2,17 ^b	2,69 ^a
AG courts	10,5	11,1	10,3	11,6	10,3	7,8	10,2	11,0
AG moyens	51,8	52,5	49,6 ^b	54,4 ^a	52,0	36,3	47,6 ^b	54,9 ^a
AG longs	36,8	35,5	39,2 ^a	33,1 ^b	36,9	22,1	41,0 ^a	33,1 ^b

^{a, b}: différence significative au seuil 5%

Les différences observées sont le plus souvent statistiquement significatives au sein des systèmes EMH et H. On note donc les mêmes observations que pour les laits de printemps-été et d'hiver tous systèmes confondus : les laits de printemps-été des systèmes EMH et H sont moins riches en AGS et en acide linoléique ($\omega 6$), plus riches en AG *trans* (ARU et ATV), AGMI et $\omega 3$. Ils ont donc un rapport $\omega 6/\omega 3$ plus faible que celui des laits d'hiver.

6. Les acides gras du lait donnent des indications sur l'alimentation des vaches

Une première ACP réalisée à partir de tous les acides gras a permis d'isoler les variables les plus discriminantes pour réaliser la classification. Les variables retenues sont les suivantes : pourcentages d'AGS, d'AG *trans*, d'AGMI et d'acides gras oméga 3.

Une analyse en composante principale a permis d'isoler cinq classes de laits. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous donne la composition moyenne en AG des classes de laits.

Tableau 15 : Tableau de composition en acides gras des différentes classes de laits et de la ration moyenne associée

Classe	C1	C2	C3	C4	C5	ETR	P
Effectif	9	17	12	32	15		
Stade de lactation moyen (mois)	5,8 ^b	7,0 ^a	6,6 ^{ab}	6,2 ^{ab}	5,0 ^c	1,4	P<0,001
Production (kg/VL/j)	19,7 ^d	24,3 ^{bc}	25,6 ^{ab}	27,9 ^a	22,7 ^c	4,3	P<0,001
Constituants de la ration (%)							
Conc-P	18,8 ^b	19,1 ^b	22,0 ^b	27,5 ^a	24,1 ^{ab}	6,4	P<0,001
Cop-P	0,0 ^b	0,0 ^b	4,4 ^a	4,4 ^a	1,7 ^{ab}	5,2	P<0,05
EM-P	3,5 ^c	20,9 ^b	30,6 ^b	50,5 ^a	6,9 ^c	24,1	P<0,001
Foin-P	5,7 ^{cd}	13,1 ^b	3,1 ^d	7,4 ^c	48,5 ^a	22,9	P<0,001
HerbeC-P	0,0	8,0	11,0	7,2	16,3	16,8	NS
Pat-P	72,0 ^a	38,5 ^b	27,9 ^b	3,1 ^c	2,6 ^c	27,7	P<0,001
TotHerbe-P	77,7 ^a	59,6 ^a	42,0 ^b	17,7 ^c	67,4 ^a	28,7	P<0,001
Composition en AG du lait (%)							
AGS	62,5 ^c	66,3 ^b	67,1 ^b	71,7 ^a	71,8 ^a	3,5	P<0,001
AGMI	31,2 ^a	28,8 ^b	28,8 ^b	24,6 ^c	23, ^c	2,9	P<0,001
AGPI	4,96 ^a	3,86 ^b	3,24 ^c	2,92 ^d	3,29 ^c	0,72	P<0,001
AG <i>trans</i>	7,87 ^a	4,81 ^b	3,77 ^c	2,76 ^d	2,76 ^d	1,72	P<0,001
ω3	1,03 ^a	1,00 ^a	0,58 ^c	0,39 ^d	0,83 ^b	0,30	P<0,001
ω6	2,20 ^b	2,51 ^a	2,49 ^a	2,66 ^a	2,20 ^b	0,40	P<0,001
ω6/ω3	2,21 ^c	2,57 ^c	4,45 ^b	7,22 ^a	2,75 ^c	2,43	P<0,001
AG courts	9,7	10,4	10,2	10,4	11,0	1,8	NS
AG moyens	45,3	47,4	49,9	51,3	55,0	8,9	NS
AG longs	43,7 ^a	41,1 ^b	39,0 ^c	31,3 ^d	33,0 ^d	7,2	P<0,001

a, b, c, d, e: différence significative au seuil 5%

On observe une évolution progressive de la composition des laits de la classe 1 à la classe 4.

La classe de lait n°1 contient les laits les plus pauvres en AGS (les plus riches en AGMI et AGPI), les plus riches en AG *trans*, en AG longs et en ω3. Les ω6 sont les plus bas dans cette classe de lait d'où un rapport ω6/ω3 de 2,21 en moyenne, ce qui est extrêmement faible.

Les différentes classes d'AG évoluent progressivement pour atteindre une composition opposée et statistiquement différente (sauf pour les AG moyens et courts) de celle venant d'être décrite. En effet, la classe de lait n°4 comporte des laits avec des teneurs en AGS élevées et un rapport ω6/ω3 le plus élevé de toutes les classes (7,22).

Les classes n°2 et n°3 ont des compositions intermédiaires entre celles des classes n°1 et n°4. Les laits de ces deux classes ont des taux d'AG *trans*, d'AGPI, d'AG longs et d'ω3 significativement différentes.

La classe n°5 contient des laits de composition proche des laits de la classe n°4. Ils ont des teneurs identiques en AGS que les laits de la classe n°4 mais ils sont plus riches en ω3 et aussi pauvres en ω6 que les laits de la classe n°1, ce qui donne leur rapport ω6/ω3 faible égal à 2,75.

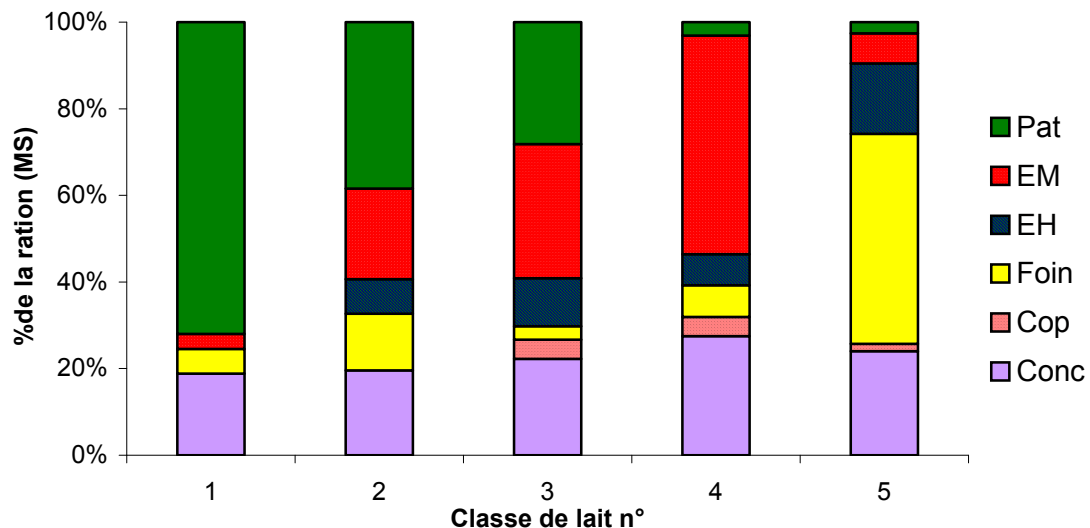


Figure 12 : Composition moyenne des rations des cinq classes de laits

La composition des laits de ces différentes classes est en relation directe avec la composition de la ration moyenne de ces classes. Lorsque l'on observe la composition des rations associées aux différentes classes de lait, on note une diminution presque linéaire de la part d'herbe pâturée de la classe 1 à la classe 4.

Les laits de la classe n°1 sont obtenus à partir d'une ration très riche en herbe pâturée (plus de 70%).

La part de cette herbe pâturée diminue en allant de la classe n°1 à la classe n°4, remplacée progressivement par de l'ensilage de maïs. Les laits de la classe n°4 ont donc été obtenus à partir d'une ration moyenne contenant plus de 50% d'ensilage de maïs et moins de 3% d'herbe pâturée.

La composition un peu particulière des laits de la classe n°5 a été obtenue avec une ration moyenne très riche en foin (environ 50%) et contenant de l'ensilage d'herbe en quantité non négligeable (16% environ).

III. L'aspect économique sera primordial pour améliorer le profil en acides gras du lait

Le versement d'une prime en fonction du profil en acides gras du lait est une voie à explorer. Toutefois, des démarches spécifiques « oméga 3 » sont aujourd'hui mises en place par des laiteries. Elles représentent un surcoût qui n'est pas complètement compensé par la hausse de la production laitière. Il varie suivant le système et la stratégie plus ou moins économe en concentrés (Pruilh, 2009).

Les éleveurs qui se lancent dans les démarches « oméga 3 » doivent respecter un cahier des charges qui repose à la fois sur une obligation de résultats (analyse du profil en AG) et surtout sur une obligation de moyens (utilisation de sources naturelles d'oméga 3). Pour atteindre les résultats escomptés, il faut parfois avoir recours à la complémentation des rations avec des concentrés à base de graines de lin extrudées.

L'utilisation de ces concentrés à base de lin permet une augmentation de la production laitière et une baisse du TB ce qui est plutôt positif. Mais cela ne suffit pas toujours à compenser le surcoût alimentaire. L'Institut de l'Élevage, les Réseaux d'Élevage et les Contrôles Laitiers de Nord-Picardie et Normandie ont étudié la question. Ils ont analysé l'impact technico-économique d'un concentré à base de graine de lin extrudée en retenant les prix suivants : blé à 140 €/t, correcteur azoté à 330 €/t, concentré à base de lin à 600 €/t, VL 18 à 260 €/t. Leur conclusion est que ces démarches « oméga 3 » nécessitent une compensation comprise entre 5 et 14 euros pour 1000 litres, pour maintenir l'EBE (Excédent Brut d'Exploitation) initial. Le surcoût lié à la démarche varie selon que le système est plus ou moins pâturant, et que l'éleveur a ajusté ou non ses concentrés, suite à l'ajout de concentrés à base de lin (Béguin *et al.*, 2009).

Notons aussi que des marges de manœuvre efficaces sur les plans technique et économique existent pour améliorer le profil en AG du lait. Apporter de l'herbe conservée dans la ration hivernale a des effets positifs ; opter pour du tourteau de colza en remplacement du tourteau de soja est aussi efficace ; enfin, une utilisation optimale de l'herbe pâturée est synonyme d'économie et d'amélioration de la qualité nutritionnelle des laits. Ces modifications ne sont peut être pas applicables partout mais elles constituent un premier pas nécessaire vers une amélioration globale de la composition fine des laits.

La chromatographie en phase gazeuse est la voie traditionnellement utilisée pour l'analyse qualitative de la MG du lait. Mais c'est une méthode lente qui exige de l'expertise. Il se fait ressentir le besoin d'une méthode de contrôle applicable en routine. La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier semble être une méthode rapide et plus facile à mettre en œuvre. Son coût la rend intéressante (de l'ordre de 2,50 euros par analyse contre 100 euros pour la chromatographie) mais le système n'est pas encore validé et les résultats ont besoin d'être consolidés.

CONCLUSION

La matière grasse laitière a une composition spécifique, à défendre avec précision et rigueur. Même en considérant sa principale faiblesse (pour l'adulte sur-consommateur), qui est sa richesse en acides gras saturés, on a vu qu'ils n'ont pas tous des effets délétères. Il faut aussi évaluer comparativement les différentes matières grasses. Car, si les effets nocifs pour la santé des AG *trans* issus des matières grasses végétales hydrogénées sont démontrés, ceux des AG *trans* d'origine animale ne sont pas prouvés.

Par ailleurs, la grande richesse nutritionnelle du lait et de ces dérivés contribue à la bonne couverture nutritionnelle de certaines populations (âgées notamment). Le lait et les produits laitiers restent la source essentielle en un certain nombre de nutriments indispensables à la santé. Il est donc légitime de défendre cette catégorie d'aliments et d'étudier les moyens de gommer cette image négative, en communiquant sur les aspects nutritionnels indispensables des produits laitiers, et en étudiant les moyens d'améliorer leur composition, afin de répondre au mieux aux attentes des consommateurs et des industriels.

Les moyens dont disposent les éleveurs de vaches laitières pour y parvenir sont variés, plus ou moins efficaces, actifs à court ou plus long terme, et applicables avec plus ou moins de facilité. L'alimentation des vaches laitières est certainement le plus efficace et le plus réversible d'entre eux.

Cette étude confirme l'amélioration de la qualité nutritionnelle du lait par l'utilisation d'herbe dans la ration, et notamment de l'herbe pâturée. Une recherche originale de corrélations a consisté dans un premier temps, à partir de l'alimentation vers la composition du lait et dans un deuxième temps, à partir de la composition du lait vers l'alimentation. Ainsi, nous avons pu mettre en évidence que les différentes classes de laits isolées correspondaient à des types de régimes bien distincts.

Les résultats de ce travail devront d'autre part être élargis en considérant les aspects économiques de l'alimentation. En effet, il est possible techniquement de modifier la qualité du lait, mais faut-il encore que les agriculteurs se retrouvent financièrement dans la démarche. La rentabilité économique dépend de l'écart de prix entre les concentrés utilisés, du prix du litre de lait, et notamment du niveau de rémunération de sa composition. Si le coût de l'analyse des acides gras du lait est aujourd'hui élevé, on peut en espérer la réduction, avec l'arrivée de la spectroscopie infra-rouge à Transformée de Fourier.

Naturellement, les autres critères de qualité du lait devront également être pris en compte, notamment la quantité de matière grasse produite. De plus, les effets de l'alimentation sur le taux protéique ou encore la saisonnalité de la production ne seront pas neutres sur les évolutions techniques à envisager sur cette thématique de qualité du lait. Enfin, il faudra considérer les propriétés technologiques du lait pour répondre aux besoins des transformateurs laitiers. Les choix techniques qui seront faits devront répondre à l'ensemble de ces interrogations et pas seulement au volet sur le profil en acides gras du lait. Cette étude ouvre donc la voie à de nouveaux projets qui pourraient être réalisés avec les acteurs de la filière laitière.

Références bibliographiques

BEGUIN E., BRUNSCHWIG P., HEUMEZ G., GARNIER C., GILLES B. 2009. Enrichir le lait en oméga 3 avec la graine de lin. Impact technico-économique d'un concentré à base de graine de lin extrudée dans 2 systèmes fourragers. Paris : Institut de l'Élevage, 2009, 12 pages.

BRUNSCHWIG P., MOREL D'ARLEUX F., COLIN G., EVRARD J. 1996. Effets de l'apport de tourteau de lin sur les performances de vaches laitières à l'ensilage de maïs. *Renc. Rech. Ruminants*, **3**, 285-288.

CHENAIS F., RICHOUX R., HOUSSIN B. 2004. Nature des fourrages et qualité nutritionnelle de la matière grasse du lait. *Renc. Rech. Ruminants*, **11**, 71-74.

CHILLIARD Y., FERLAY A., DOREAU L. 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**, 323-335.

CHILLIARD Y., GLASSER F., FERLAY A., BERNARD L., ROUEL J., DOREAU M. 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **109**, 828-855.

COLLOMB M., BISIG W., BÜTIKOFER U., SIEBER R., BREGY M., ETTER L. 2008. Seasonal variation in the fatty acid composition of milk supplied to dairies in the mountain regions of Switzerland. *Dairy Sci. Technol.*, **88**, 631-647.

COUVREUR S., HURTAUD C., LOPEZ C., DELABY L., PEYRAUD J.L. 2006. The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cow diet, milk fatty acid composition, and butter properties. *J. Dairy Sci.*, **89**, 1956-1969.

DELABY L., HURTAUD C., PEYRAUD J.L. 2001. Effet des quantités d'herbe offertes et de l'apport de concentré sur la composition fine du lait des vaches laitières au pâturage. *Renc. Rech. Ruminants*, **8**, 96.

FERLAY A., AGABRIEL C., SIBRA C., JOURNAL C., MARTIN B., CHILLIARD Y. 2008. Tanker milk variability in fatty acids according to farm feeding and husbandry practices in French semi-mountain area. *Dairy Science Technology*, **88**, 193-215.

FERLAY A., ANDRIEU J.P., POMIES D., MARTIN-ROSSET W., CHILLIARD Y. 2002. Effet de l'ensilage enrubanné d'herbe de demi-montagne sur la composition en acides gras d'intérêt nutritionnel du lait de vache. *Renc. Rech. Ruminants*, **9**, 365.

FERLAY A., MARTIN B., PRADEL P., COULON J.B., CHILLIARD Y. 2006. Influence of grass based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in Tarentaise and Montbéliarde cow breeds. *J. Dairy Sci.*, **89**, 4026-4041.

HOUSSIN B., CHENAIS F., HARDY A. 2004. Influence du correcteur azoté des régimes à base d'ensilage de maïs sur la composition de la matière grasse et les qualités organoleptiques et nutritionnelles des beurres et des camemberts. *Renc. Rech. Ruminants*, **11**, 106.

HOUSSIN B., CHENAIS F., HARDY A. 2005. Utilisation du foin par les vaches laitières. Influence sur les performances zootechniques, sur la composition de la matière grasse du lait et sur les qualités organoleptiques des camemberts. *Renc. Rech. Ruminants*, **12**, 414.

- LEGARTO J., BEAUMONT B. 2006. Détermination des seuils d'incorporation de la graine de soja crue dans l'alimentation des vaches laitières. CR Institut de l'Elevage.
- LOOR J.J., FERLAY A., OLLIER A., DOREAU M., CHILLIARD Y. 2005. Relationship among *trans* and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *J. Dairy Sci.*, **88**, 726-740.
- MARTIN B., FERLAY A., PRADEL P., ROCK E., GROLIER P., DUPONT D., GRUFFAT D., BESLE J.M., BALLOT N., CHILLIARD Y., COULON J.B. 2002. Variabilité de la teneur des laits en constituants d'intérêt nutritionnel selon la nature des fourrages consommés par les vaches laitières. *Renc. Rech. Ruminants*, **9**, 347-350.
- MORAND-FEHR P., TRAN G. 2001. La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *INRA Prod. Anim.*, **14**, 285-302.
- MOREL I., WYSS U., COLLOMB M. 2006. Influence de la composition botanique de l'herbe ou de l'ensilage que la composition du lait. *Revue Suisse Agricole*, **38**, 115-120.
- PACCARD P., CHENAIS F., BRUNSCHWIG P. 2006. Maîtrise de la matière grasse du lait par l'alimentation des vaches laitières. Compte rendu Institut de l'Elevage, collection Résultats, Onilait n°030631012, 27.
- PEYRAUD J.L., APPER-BROSSARD E. 2006. L'acidose latente chez la vache laitière. *Prod. Anim.*, **19** (2), 79-92.
- PEYRAUD J.L., DELABY L., NOZIERE P., HURTAUD C. 2008. Détermination de la valeur azotée du concentré protéique de luzerne et de ses effets sur la composition des laits. *Renc. Rech. Ruminants*, **15**, 288.
- PRUILH C. 2009. Les démarches oméga 3 représentent un surcoût. *Réussir lait Elevage*, mars 2009, n°223, 50-53.
- SAUVANT D. 2000. Granulométrie des rations et nutrition du ruminant. *INRA Prod. Anim.*, **13**, 99-108.
- SAUVANT D., DULPHY J.P., MICHALET-DOREAU B. 1990. Le concept d'indice de fibrosité des aliments des ruminants. *INRA Prod. Anim.*, **3**, 309-318.
- TROEGELER-MEYNADIER A., ENJALBERT F. 2005b. Les acides linoléiques conjugués : 3. Facteurs de variation des teneurs dans le lait et les produits laitiers. *Revue Méd. Vét.*, **156** (6), 323-331.

ANNEXES

Annexe 1 : Profils en acides gras des laits suivant le type de système d'alimentation

<i>Formule chimique</i>	<i>EM</i>	<i>EMH</i>	<i>EMCo</i>	<i>H</i>	<i>ETR</i>	<i>P</i>
TB	40,76	39,89	37,7	37,58	2,61	NS
TP	31,92	32,25	32,42	32,75	0,85	NS
C4	3,89	3,81	3,75	3,86	0,12	NS
C5	0,03 a	0,03 a	0,03 a	0,02 b	0,00	P<0,05
C6	2,26	2,26	2,21	2,17	0,08	NS
C7	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	NS
C8	1,30	1,32	1,30	1,26	0,06	NS
C9	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03	NS
C10:0	2,90	3,00	3,06	2,82	0,19	NS
C11:0	0,34 a	0,33 ab	0,34 a	0,30 b	0,03	P<0,05
C12:0	3,28	3,41	3,57	3,28	0,22	NS
C12:1	0,09	0,09	0,10	0,09	0,01	NS
C13:0	0,09	0,09	0,09	0,08	0,01	NS
C14:0	11,09	11,10	11,51	11,34	0,36	NS
iC14:0	0,10 b	0,10 b	0,11 ab	0,15 a	0,03	P<0,05
C14:1c9	0,99	0,96	0,93	0,84	0,10	NS
C15:0	1,02 b	1,11 ab	1,15 a	1,19 a	0,09	P<0,05
iC15:0	0,22 b	0,24 b	0,23 b	0,33 a	0,06	P<0,001
aiC15:0	0,43 b	0,46 b	0,55 ab	0,57 a	0,07	P<0,05
C15:1c10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	NS
C16:0	31,26	30,26	31,41	29,00	2,11	NS
iC16:0	0,28	0,26	0,28	0,33	0,05	NS
C16:1c9	1,59	1,67	1,48	1,39	0,17	NS
C16:1t7	0,06 b	0,08 ab	0,08 ab	0,15 a	0,05	P<0,05
C17:0	0,59 b	0,66 a	0,71 a	0,71 a	0,06	P<0,01
iC17:0	0,32 c	0,35 bc	0,39 ab	0,41 a	0,05	P<0,05
aiC17:0	0,42 c	0,42 bc	0,53 a	0,46 b	0,04	P<0,01
C17:1c10	0,21	0,24	0,22	0,24	0,02	NS
C18:0	9,45	9,34	8,90	9,10	0,76	NS
iC18:0	0,05	0,05	0,05	0,06	0,01	NS
C18:1t6+8	0,26	0,22	0,22	0,22	0,04	NS
C18:1t9	0,19	0,18	0,20	0,14	0,03	NS
C18:1t10+11	1,44 b	1,50 b	1,46 b	2,62 a	0,72	P<0,05
C18:1t12	0,31 a	0,28 a	0,29 a	0,14 b	0,09	P<0,05
C18:1t16	0,26	0,26	0,24	0,23	0,06	NS
TotalC18:1trans	2,46	2,45	2,40	3,36	0,69	NS

Formule chimique	EM	EMH	EMCo	H	ETR	P
C18:1c9	20,11	20,593	19,23	20,145	1,08	NS
C18:1c11	0,35	0,38	0,34	0,34	0,04	NS
C18:1c12	0,23 a	0,17 a	0,22 a	0,08 b	0,07	P<0,001
C18:1c13	0,05	0,06	0,05	0,05	0,01	NS
C18:1c15	0,14	0,12	0,12	0,13	0,03	NS
TotalC18:1cis	20,88	21,32	19,96	20,74	1,09	NS
TotalC18:1	23,34	23,77	22,36	24,11	1,52	NS
C18:2t9c12	0,20	0,17	0,15	0,17	0,05	NS
C18:2c9c12	1,58 bc	1,59 b	2,00 a	1,50 c	0,20	P<0,001
TotalC18:2n-6	1,78 a	1,76 a	2,15 a	1,67 b	0,21	P<0,05
C18:2c9t11	0,56 b	0,63 b	0,59 b	1,21 a	0,37	P<0,05
TotalC18:2	2,33 b	2,39 ab	2,73 ab	2,88 a	0,36	P<0,05
C18:3n-6	0,02 ab	0,03 ab	0,03 a	0,02 b	0,01	P<0,05
C18:3n-3	0,41 b	0,42 b	0,34 b	0,77 a	0,23	P<0,05
TotalC18:3	0,44 b	0,45 b	0,37 b	0,79 a	0,22	P<0,05
C20:0	0,11	0,13	0,11	0,13	0,01	NS
C20:1c9	0,11 b	0,127 ab	0,11 b	0,133 a	0,01	P<0,05
C20:1c11	0,05	0,05	0,05	0,04	0,01	NS
TotalC20:1	0,16	0,18	0,16	0,18	0,01	NS
C20:2n-6	0,03	0,04	0,03	0,05	0,01	NS
C20:3n-6	0,07	0,07	0,09	0,08	0,03	NS
C20:3n-3	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	NS
TotalC20:3	0,07	0,08	0,10	0,08	0,03	NS
C20:4n-6	0,11 a	0,11 a	0,14 a	0,09 b	0,02	P<0,001
C20:5n-3	0,02 b	0,02 b	0,01 b	0,04 a	0,01	P<0,001
C21:0	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	NS
C22:0	0,04 b	0,05 b	0,04 b	0,07 a	0,01	P<0,001
C22-1n-9	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	NS
C22:2n-6	0,02 b	0,04 a	0,01 b	0,04 a	0,02	P<0,001
C23:0	0,02 b	0,02 b	0,02 b	0,04 a	0,01	P<0,001
C24:0	0,06	0,07	0,06	0,08	0,02	NS
C24:1n-9	0,02 a	0,02 a	0,02 a	0,01 b	0,01	P<0,05
AGS	69,61	68,95	70,47	67,86	1,94	NS
AGMI	26,47	27,03	25,36	27,03	1,42	NS
AGPI	3,02 b	3,13 b	3,38 ab	3,97 a	0,55	P<0,05
AG <i>trans</i>	3,27 b	3,33 ab	3,22 b	4,89 a	1,11	P<0,05
ω3	0,56 b	0,57 b	0,47 b	0,95 a	0,26	P<0,05
ω6	2,58 a	2,51 a	2,95 a	2,16 b	0,33	P<0,05
ω6/ω3	5,76 a	5,00 a	6,69 a	2,38 b	2,12	P<0,05
AG courts	10,75	10,80	9,27	10,51	1,26	NS
AG moyens	52,05	51,53	45,72	50,55	5,58	NS
AG longs	36,29	36,78	30,98	37,79	3,97	NS

Annexe 2 : Profils en acides gras des laits suivant le système d'alimentation et la période

Formule chimique	EM		EMH		EMCo		H	
	Ptps-été	Hiver	Ptps-été	Hiver	Ptps-été	Hiver	Ptps-été	Hiver
TB	40,36	41,35	40,2	39,43	36,44	39,58	37,28	38,04
TP	31,98	31,83	32,08	32,48	32,4	32,45	32,48	33,16
C4	3,83	3,95	3,78	3,86	3,69	3,85	3,85	3,86
C5	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
C6	2,21 a	2,32 b	2,16 a	2,40 b	2,11 a	2,37 b	2,10 a	2,28 b
C7	0,02	0,03	0,02 a	0,03 b	0,02	0,03	0,02	0,02
C8	1,27 a	1,35 b	1,23 a	1,46 b	1,23 a	1,42 b	1,20 a	1,35 b
C9	0,03	0,05	0,03 a	0,04 b	0,03 a	0,04 b	0,05	0,05
C10:0	2,79 a	3,01 b	2,70 a	3,44 b	2,84 a	3,39 b	2,64 a	3,11 b
C11:0	0,34	0,35	0,32	0,34	0,32 a	0,38 b	0,30	0,31
C12:0	3,18	3,44	3,05 a	3,96 b	3,29 a	3,99 b	3,02 a	3,66 b
C12:1	0,09	0,10	0,08 a	0,11 b	0,09	0,11	0,08	0,09
C13:0	0,09	0,09	0,08 a	0,11 b	0,08 a	0,11 b	0,08 a	0,10 b
C14:0	11,01	11,22	10,51	11,99	11,07	12,17	10,66	12,36
iC14:0	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,15	0,16
C14:1c9	0,99	0,93	0,94	0,98	0,90	0,97	0,79 a	0,91 b
C15:0	1,01	1,03	1,08	1,14	1,12	1,19	1,19	1,20
iC15:0	0,23 b	0,20 a	0,26	0,21	0,24 b	0,21 a	0,33	0,33
aiC15:0	0,44	0,42	0,48	0,43	0,55	0,54	0,59	0,55
C15:1c10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C16:0	30,99	31,68	29,11 a	31,98 b	30,76	32,39	27,02 a	31,95 b
iC16:0	0,28	0,27	0,26	0,25	0,29	0,28	0,33	0,33
C16:1c9	1,66 b	1,50 a	1,73	1,58	1,52 b	1,43 a	1,35	1,44
C16:1t7	0,07	0,06	0,08 b	0,06 a	0,08	0,08	0,20 b	0,08 a
C17:0	0,64 b	0,52 a	0,69	0,62	0,72 b	0,69 a	0,72	0,70
iC17:0	0,34 b	0,30 a	0,38 b	0,30 a	0,41 b	0,35 a	0,43 b	0,39 a
aiC17:0	0,42	0,42	0,43	0,42	0,53	0,53	0,45	0,46
C17:1c10	0,22	0,20	0,26 b	0,21 a	0,24	0,20	0,24	0,23
C18:0	9,50	9,37	9,84	8,6	9,38	8,17	9,73 b	8,15 a
iC18:0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,07	0,06
C18:1t6+8	0,25	0,28	0,23	0,21	0,21	0,24	0,24 b	0,20 a
C18:1t9	0,17	0,18	0,17 a	0,21 b	0,17	0,24	0,16 b	0,12 a
C18:1t10+11	1,53	1,31	1,75 b	1,14 a	1,58	1,28	3,50 b	1,31 a
C18:1t12	0,31	0,31	0,28	0,29	0,27	0,31	0,12	0,17
C18:1t16	0,28	0,25	0,27	0,24	0,24	0,23	0,27 b	0,16 a
TotalC18:1trans	2,55	2,33	2,68 b	2,09 a	2,48	2,29	4,30 b	1,96 a
C18:1c9	20,49	19,55	22,10 b	18,33 a	20,43	17,44	21,22 b	18,54 a
C18:1c11	0,36	0,34	0,39	0,36	0,36	0,30	0,35	0,31
C18:1c12	0,22	0,25	0,14 a	0,21 b	0,19	0,27	0,08	0,08

Formule chimique	EM		EMH		EMCo		H	
	Ptps-été	Hiver	Ptps-été	Hiver	Ptps-été	Hiver	Ptps-été	Hiver
TB	40,36	41,35	40,2	39,43	36,44	39,58	37,28	38,04
TP	31,98	31,83	32,08	32,48	32,4	32,45	32,48	33,16
C4	3,83	3,95	3,78	3,86	3,69	3,85	3,85	3,86
C5	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
C6	2,21 a	2,32 b	2,16 a	2,40 b	2,11 a	2,37 b	2,10 a	2,28 b
C7	0,02	0,03	0,02 a	0,03 b	0,02	0,03	0,02	0,02
C8	1,27 a	1,35 b	1,23 a	1,46 b	1,23 a	1,42 b	1,20 a	1,35 b
C9	0,03	0,05	0,03 a	0,04 b	0,03 a	0,04 b	0,05	0,05
C10:0	2,79 a	3,01 b	2,70 a	3,44 b	2,84 a	3,39 b	2,64 a	3,11 b
C11:0	0,34	0,35	0,32	0,34	0,32 a	0,38 b	0,30	0,31
C12:0	3,18	3,44	3,05 a	3,96 b	3,29 a	3,99 b	3,02 a	3,66 b
C12:1	0,09	0,10	0,08 a	0,11 b	0,09	0,11	0,08	0,09
C13:0	0,09	0,09	0,08 a	0,11 b	0,08 a	0,11 b	0,08 a	0,10 b
C14:0	11,01	11,22	10,51	11,99	11,07	12,17	10,66	12,36
iC14:0	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,15	0,16
C14:1c9	0,99	0,93	0,94	0,98	0,90	0,97	0,79 a	0,91 b
C15:0	1,01	1,03	1,08	1,14	1,12	1,19	1,19	1,20
iC15:0	0,23 b	0,20 a	0,26	0,21	0,24 b	0,21 a	0,33	0,33
aiC15:0	0,44	0,42	0,48	0,43	0,55	0,54	0,59	0,55
C15:1c10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C16:0	30,99	31,68	29,11 a	31,98 b	30,76	32,39	27,02 a	31,95 b
iC16:0	0,28	0,27	0,26	0,25	0,29	0,28	0,33	0,33
C16:1c9	1,66 b	1,50 a	1,73	1,58	1,52 b	1,43 a	1,35	1,44
C16:1t7	0,07	0,06	0,08 b	0,06 a	0,08	0,08	0,20 b	0,08 a
C17:0	0,64 b	0,52 a	0,69	0,62	0,72 b	0,69 a	0,72	0,70
iC17:0	0,34 b	0,30 a	0,38 b	0,30 a	0,41 b	0,35 a	0,43 b	0,39 a
aiC17:0	0,42	0,42	0,43	0,42	0,53	0,53	0,45	0,46
C17:1c10	0,22	0,20	0,26 b	0,21 a	0,24	0,20	0,24	0,23
C18:0	9,50	9,37	9,84	8,6	9,38	8,17	9,73 b	8,15 a
iC18:0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,07	0,06
C18:1t6+8	0,25	0,28	0,23	0,21	0,21	0,24	0,24 b	0,20 a
C18:1t9	0,17	0,18	0,17 a	0,21 b	0,17	0,24	0,16 b	0,12 a
C18:1t10+11	1,53	1,31	1,75 b	1,14 a	1,58	1,28	3,50 b	1,31 a
C18:1t12	0,31	0,31	0,28	0,29	0,27	0,31	0,12	0,17
C18:1t16	0,28	0,25	0,27	0,24	0,24	0,23	0,27 b	0,16 a
TotalC18:1trans	2,55	2,33	2,68 b	2,09 a	2,48	2,29	4,30 b	1,96 a
C18:1c9	20,49	19,55	22,10 b	18,33 a	20,43	17,44	21,22 b	18,54 a
C18:1c11	0,36	0,34	0,39	0,36	0,36	0,30	0,35	0,31
C18:1c12	0,22	0,25	0,14 a	0,21 b	0,19	0,27	0,08	0,08

Février 2010

Compte rendu n° 001031001

Département Techniques d'Élevage et Qualité

Service Conduite et Traite des Troupeaux Laitiers

Benoît ROUILLE, Marjorie MONTOURCY

Influence de quelques systèmes d'alimentation sur la composition en acides gras du lait de vache en France

Suivi annuel de dix-sept élevages

Dans le cadre de cette étude, portant sur l'impact de l'alimentation des vaches laitières sur la composition en acides gras (AG) du lait, un suivi a été réalisé sur dix-sept exploitations réparties sur six régions. Des prélèvements de lait, accompagnés d'une enquête décrivant la composition de la ration distribuée aux animaux, ont été réalisés à cinq périodes de l'année.

Quatre systèmes d'alimentation en France ont été identifiés et comparés : ensilage de maïs, ensilage de maïs et herbe, ensilage de maïs et coproduits, et herbe. Sept types de rations ont aussi été isolés.

On observe des variations linéaires des AG poly et monoinsaturés (augmentation), des AG saturés et du rapport $\omega 6/\omega 3$ (baisse) avec l'accroissement de la part d'herbe pâturée. La comparaison des différents systèmes d'alimentation montre que les laits du système « herbe » (laits riches en AG polyinsaturés, en AG trans et un rapport $\omega 6/\omega 3$ faible) sont statistiquement différents des laits des autres systèmes et de composition stable sur l'année. Si l'on compare les laits de printemps été et les laits d'hiver, toutes les classes d'AG montrent des différences significatives à l'exception des $\omega 6$, des AG courts et des AG moyens. Cependant, les effets sont moins marqués pour les systèmes d'alimentation utilisant peu le pâturage.

La typologie des laits en fonction de leur composition en AG montre le lien marqué entre un profil en AG et une ration. Les laits obtenus avec des rations à base de foin ont un rapport $\omega 6/\omega 3$ faible mais sont riches en AG saturés. Les rations à base d'herbe pâturée donnent les laits ayant le meilleur profil nutritionnel.

collection résultats



CNIEL
42 rue de Châteaudun
75314 Paris Cedex 09



Institut de l'Élevage
149, rue de Bercy
75595 Paris CEDEX 12
www.inst-elevage.asso.fr

ISSN : 1773-4738