

## **Evolution des teneurs du plasma et du lait de vache en $\beta$ -carotène et autres composés d'intérêt nutritionnel lors d'un changement de régime (ensilage d'herbe puis foin)**

*P. NOZIERE (1), B. MARTIN (1), P. GROLIER (2), D. DURAND (1), A. FERLAY (1), D. GRUFFAT (1), P. PRADEL (3), S. PRACHE (1), E. ROCK (2), Y. CHILLIARD (1), M. PETIT (1)*

*(1) INRA Theix, Unité de Recherche sur les Herbivores, 63122 St Genès Champanelle*

*(2) INRA Theix, Unité des Maladies Métaboliques et Micronutriments, 63122 St Genès Champanelle*

*(3) INRA Marcenat, Domaine de la Borie, 15330 Marcenat*

**RESUME** - L'objectif de ce travail a été de préciser les facteurs de variation contrôlant la sécrétion des caroténoïdes dans le lait de vache. Nous avons souhaité 1) déterminer la cinétique de décroissance dans le plasma et le lait de ces micro-nutriments lorsque l'on passe d'une ration "riche" à une ration "pauvre" en caroténoïdes ; 2) préciser si en période de lipo-mobilisation, la restitution des caroténoïdes préalablement stockés dans les tissus adipeux est suffisante pour modifier leur concentration dans le lait. Trente deux vaches en phase décroissante de lactation ont reçu une alimentation à base d'herbe puis d'ensilage d'herbe en période pré-expérimentale. Deux lots ont ensuite reçu un régime "riche" (ensilage d'herbe) et deux lots un régime "pauvre" (foin tardif) en caroténoïdes. Pour chaque type de régime, un lot a eu ses besoins énergétiques et azotés couverts et un lot a subi une sous-alimentation énergétique, la quantité de fourrage et de caroténoïdes ingérée restant identique. Les variations de la teneur en caroténoïdes et de la couleur du plasma et du lait ont été suivies pendant 8 semaines. Parallèlement, les teneurs en d'autres micronutriments d'intérêt (vitamines E et A, acides gras) ont été mesurées. Le passage du régime ensilage d'herbe au régime foin a conduit à une diminution rapide (1 à 2 semaines) de la teneur en  $\beta$ -carotène (et vitamine E) et de la couleur du plasma et du lait. Les teneurs en  $\beta$ -carotène à la fin de l'essai étaient respectivement, pour les lots ensilage et foin, de 5,10 et 1,71  $\mu\text{g} / \text{ml}$  plasma et 0,17 et 0,07  $\mu\text{g} / \text{ml}$  lait. La sous-alimentation énergétique n'a pas modifié la teneur en  $\beta$ -carotène plasmatique et a provoqué une légère augmentation de la concentration dans le lait, liée à une diminution de la production. Dans le lot ensilage, elle a conduit, après 3-4 semaines, à une diminution de l'indice de couleur (et de la vitamine E) plasmatique, non retrouvée dans le lait. Le profil en acides gras du lait a été modifié par le passage au régime foin (augmentation des acides gras à chaîne moyenne et du linoléique, diminution des stéarique et linoléique) et par la sous-alimentation (augmentation des acides oléique, vaccénique et ruménique). Ce travail montre que la persistance du  $\beta$ -carotène et de la vitamine E dans le plasma et le lait est de l'ordre de 2 semaines chez la vache en milieu de lactation. Nos résultats ne permettent donc pas de conclure à une restitution de ces constituants par le tissu adipeux bovin, mais le niveau de sous-alimentation était modéré dans cet essai. Les teneurs en  $\beta$ -carotène expliquent 58 et 40 % des variations d'indice de couleur du plasma et du lait, respectivement. Ces indices semblent intéressants comme outils de traçabilité de l'alimentation (ensilage vs foin) à moyen terme (de l'ordre de 1 mois).

## **Evolution in the concentration of plasma and milk in components having a nutritional interest, after a switch from a grass-silage diet to a hay diet in cows**

*P. NOZIERE (1), B. MARTIN (1), P. GROLIER (2), D. DURAND (1), A. FERLAY (1), D. GRUFFAT (1), P. PRADEL (1), S. PRACHE (1), E. ROCK (2), Y. CHILLIARD (1), M. PETIT (1)*

*(1) INRA Theix, Unité de Recherche sur les Herbivores, 63122 St Genès Champanelle*

**SUMMARY** - The aim of this work was to assess factors affecting the secretion of carotenoids in cow's milk. Our objectives were 1) to determine the persistence of these components in both plasma and milk after a switch from a "high" to a "low" carotenoid diet; 2) to investigate if during a period of lipomobilisation, the restitution of carotenoids previously stored in the adipose tissues is sufficient to modify their secretion in milk. Thirty-two cows in mid-lactation were fed a grass silage based diet during the pre-experimental period, then allocated to 4 groups. Two groups were fed a diet "high" (grass silage) in carotenoids and two groups a diet "low" (late hay) in carotenoids for 8 weeks. For each forage, one group was fed according to energy and nitrogen requirements, and one group was submitted to an energetic underfeeding, the forage and carotenoid intake being similar for both groups. Variations in the concentration of carotenoids and in the colour of plasma and milk were determined for 8 weeks. Other components of nutritional interest (vitamins E and A, fatty acids) were also measured. The switch from grass silage to a hay diet induced a rapid decrease (1-2 weeks) in the concentration of  $\beta$ -carotene and vitamin E and in the colour of plasma and milk. Concentrations in  $\beta$ -carotene at the end of the experiment were respectively, for the silage and hay groups, 5.10 and 1.71  $\mu\text{g}/\text{mL}$  plasma et 0.17 and 0.07  $\mu\text{g}/\text{mL}$  milk. The energetic underfeeding did not affect the plasma concentration of  $\beta$ -carotene, and induced a low increase in milk concentration of  $\beta$ -carotène, related to a decreased milk production. In the silage group, the energetic underfeeding induced, after 3-4 weeks, a decrease in the colour (and vitamin E) of plasma, but not of milk. The pattern of fatty acids in milk was modified by a change from grass silage to a hay diet (an increase in C10-C14 and linoleic, a decrease in stearic and linolenic acids) and by underfeeding (an increase in oleic, vaccenic and rumenic acids). This work shows that the persistence of  $\beta$ -carotene and vitamin E in cow's plasma and milk is about 2 weeks in mid-lactation. Our results did not allow concluding on a release of these components by bovine adipose tissue, but the level of underfeeding was moderate in this trial. The concentrations in  $\beta$ -carotene explained 58 and 40% of variations in colour of plasma and milk, respectively. The measurement of colour seems valuable as tool for the traceability of feeding (silage vs hay) in the medium term (1 month).

## INTRODUCTION

La nature de la ration ingérée par les vaches laitières conditionne fortement la teneur du lait en certains composés d'intérêt nutritionnel comme les vitamines A et E, les caroténoïdes ou les acides gras (AG). Les régimes à base d'herbe en particulier conduisent à un lait plus riche, mais il est nécessaire de préciser les facteurs de variation contrôlant la sécrétion de ces composés dans le lait. Les résultats obtenus jusqu'alors proviennent d'animaux en bilan énergétique positif après plusieurs semaines d'adaptation au régime. La cinétique d'évolution de la composition du lait en ces constituants lors d'un changement de régime alimentaire n'est pas connue. Par ailleurs, les constituants liposolubles étant susceptibles d'être stockés dans les tissus adipeux de l'animal, leur éventuelle rémanence est envisageable lorsque les animaux mobilisent leurs réserves corporelles. Les objectifs de cet essai étaient 1) de déterminer la cinétique de décroissance dans le plasma et le lait des caroténoïdes et de la vitamine E lorsque l'on passe d'une ration "riche" à une ration "pauvre" en ces composés ; 2) de préciser si en période de lipomobilisation, la restitution de ces composés préalablement stockés dans les tissus adipeux est suffisante pour modifier leur concentration dans le lait.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. ANIMAUX ET ALIMENTATION

L'essai a été réalisé au domaine expérimental de Marcenat (Cantal) sur 32 vaches laitières multipares (20 Montbéliardes, 12 Holstein) en milieu de lactation. Les vaches ont pâturé jusqu'à fin septembre puis ont reçu de l'ensilage d'herbe jusqu'au début de l'essai. Les vélages ont eu lieu en moyenne fin novembre. A partir du 11 mars, 4 lots homogènes (5 Montbéliardes et 3 Holsteins / lot) ont été constitués sur la base du poids vif (654 kg), du stade de lactation, de la production laitière, des caroténoïdes totaux du plasma et du lait. Pendant toute la période expérimentale (8 semaines), 2 lots ont été soumis à un régime pauvre (foin tardif) et les 2 autres lots à un régime riche (ensilage d'herbe) en caroténoïdes. Pour chaque régime, la quantité de fourrage ingérée était limitée et identique entre les 2 lots (10,6 kg MS de foin, 11,5 kg MS d'ensilage) au cours de la période expérimentale, de façon à apporter des quantités de caroténoïdes identiques. Pour chaque type de fourrage, un lot a eu ses besoins énergétiques et azotés couverts et un lot a subi, par le biais d'une diminution de la quantité d'orge (-4,5 kg / j), une sous-alimentation énergétique. Les besoins en PDI étaient couverts pour chaque fourrage avec du soja

tanné et, pour les animaux au foin, par l'addition d'urée (100 g / j). Tous les animaux ont reçu 180 g / j de CMV sans carotène, couvrant les besoins en vitamines A, D<sub>3</sub> et E.

### 1.2. MESURES, PRELEVEMENTS ET ANALYSES

Les quantités ingérées ont été mesurées individuellement 4 jours par semaine. La production laitière a été enregistrée à chaque traite. Les prélèvements de lait individuels (matin et soir) et de sang caudal (préprandial) ont été effectués à J-5, J1, 3, 5, 8, 10, 12, 15, 18, 23, 29, 36, 43 et 50. Le taux butyreux du lait, les indices de couleur du lait (par réflectance, Prache *et al.*, 2002) et du plasma (par absorbance) ont été mesurés entre 450 et 530 nm sur les échantillons frais. Les teneurs en caroténoïdes et vitamine E du lait et du plasma ont été déterminées sur l'ensemble des échantillons. Les teneurs en vitamine A et acide gras non estérifiés (AGNE) du plasma, vitamine A et AG du lait, ont été déterminées dans les échantillons individuels à J-5 et J50. Les données ont été analysées par la procédure mixed de SAS, en données répétées, avec covariable (mesure en S-1), effets fixes pour la nature du fourrage (foin vs ensilage), le niveau alimentaire (NA, haut vs bas), la race, le temps et leurs interactions et effet aléatoire pour l'animal.

## 2. RESULTATS

### 2.1. RESULTATS ZOOTECHNIQUES

Contrairement à ce que nous avons prévu dans le protocole, les apports UFL et PDI ont été plus élevés avec les lots "foin" qu'avec les lots "ensilage" (tableau 1), en raison d'une sous-estimation initiale de la valeur énergétique du foin. Malgré la production laitière plus élevée des vaches des lots "foin", leur bilan énergétique a été plus élevé de 1,4 UFL / j. Entre les NA haut et bas, la réduction des apports énergétiques de 3,2 et 4,1 UFL / j pour les lots "foin" et "ensilage" respectivement a entraîné une diminution modeste de la production laitière de 1,4 et 1,9 kg / j. La diminution de bilan énergétique était identique (2,4 UFL / j) pour les lots "foin" et "ensilage". La réduction des apports alimentaires a donc entraîné un bilan énergétique négatif plus marqué pour les animaux à l'ensilage que pour les animaux au foin (-1,64 vs -0,36 UFL / j). Ceci s'est traduit par une augmentation des AGNE plasmatiques pour le lot "ensilage bas" mais pas pour le lot "foin bas".

### 2.2. CAROTENOIDES DU PLASMA ET DU LAIT

Dans le plasma, la proportion de  $\beta$ -13-cis était en moyenne de 22 % du  $\beta$ -carotène total et la teneur en lutéine était faible (en moyenne 0,05  $\mu$ g / ml), indépendamment du fourrage, du NA et de la durée du traitement.

**Tableau 1** : quantités ingérées, production et composition du lait, bilans UF et PDI, AGNE plasmatiques.

Nature du fourrage	Foin		Ensilage d'herbe		SE	Effets			
	Niveau alimentaire	Haut	Bas	Haut		Bas	Fourrage	Niveau alimentaire	Fourrage x Niveau
UFL ingéré / j		17,0	13,8	15,1	11,0	0,27	***	***	†
PDI ingéré (g / j)		1862	1796	1522	1432	45	***	NS	NS
Production lait (kg / j)		21,3	19,9	19,5	17,6	0,4	***	***	NS
Taux butyreux (g / kg)		39,6	38,1	42,4	38,4	0,7	*	***	†
Taux protéique (g / kg)		34,9	33,0	32,6	31,7	0,3	***	***	†
MG secrétée (g / j)		854	752	830	663	22	*	***	NS
Bilan UFL (/ j)		+2,03	-0,36	+0,76	-1,64	0,24	***	***	NS
Bilan PDI (g / j)		342	461	60	258	36	***	***	NS
AGNE plasmatiques ( $\mu$ M)		56	46	53	175	39	NS	NS	†

\*\*\* P < 0,001 ; \* P < 0,05 ; † P < 0,10 ; NS P > 0,10.

La teneur plasmatique en  $\beta$ -carotène a légèrement augmenté entre J1 et J50, de 4,2 à 5,1  $\mu\text{g} / \text{ml}$  ( $P < 0,001$ ) pour les animaux à l'ensilage (figure 1), les variations d'une semaine à l'autre reflétant essentiellement des variations de quantités ingérées. Chez les animaux au foin, elle a diminué de 3,8 à 1,7  $\mu\text{g} / \text{ml}$  entre J1 et J10 ( $P < 0,001$ ), puis s'est stabilisée entre J10 et J50. La différence entre les deux régimes était significative dès J5 ( $P < 0,10$ ). La diminution du NA n'a pas affecté, en moyenne, la teneur plasmatique en  $\beta$ -carotène.

Les concentrations en  $\beta$ -carotène dans le lait et sa MG et la quantité de  $\beta$ -carotène secrétée dans le lait ont augmenté de 107, 109 et 75 %, respectivement, entre J1 et J50 ( $P < 0,001$ ) chez les animaux à l'ensilage. Chez les animaux au foin, elles n'ont pas varié significativement jusqu'à J10. Elles ont faiblement diminué entre J10 et J29 ( $P < 0,001$ ) puis ré-augmenté pour atteindre à J50 des valeurs similaires à celles observées à J1. A la fin de l'essai, la concentration en  $\beta$ -carotène dans le lait était de 0,17 et 0,07  $\mu\text{g} / \text{ml}$  avec les régimes ensilage et foin, respectivement et la différence entre les deux régimes était significative dès J10 ( $P < 0,001$ ). La concentration en  $\beta$ -carotène dans le lait et sa MG était légèrement plus élevée avec le NA bas ( $P < 0,10$  et  $P < 0,05$ ), mais la quantité totale secrétée dans le lait n'était pas significativement modifiée.

### 2.3. COULEUR DU PLASMA ET DU LAIT

L'indice de couleur du plasma n'a pas significativement varié entre J1 et J50 ( $P = 0,12$ ) chez les animaux à l'ensilage (figure 1). Chez les animaux au foin, l'indice a diminué fortement dans les 5 premiers jours ( $P < 0,001$ ), puis a continué à diminuer pour se stabiliser entre J43 et J50. La différence entre les deux régimes était significative dès J3 ( $P < 0,01$ ). Chez les animaux à l'ensilage, un effet du NA a été observé, l'indice chutant dans le lot bas à partir de J15, la différence étant significative à partir de J29 ( $P < 0,01$ ).

L'indice de couleur du lait a augmenté entre J1 et J50 ( $P < 0,001$ ) chez les animaux à l'ensilage. Chez les animaux au foin, l'indice a significativement diminué dans les 3 premiers jours ( $P < 0,001$ ), puis a continué à diminuer pour se stabiliser entre J24 et J50. La différence entre les régimes foin et ensilage était significative ( $P < 0,005$ ) dès J1. Aucun effet du NA n'a été mis en évidence.

A l'exception de 2 animaux, la discrimination de la nature de la ration (foin vs ensilage) ingérée par chaque individu était possible à partir de J15 dans le plasma et de J36 dans le lait. Elle était parfaite à partir de J36 dans le plasma.

### 2.4. VITAMINES E ET A DU PLASMA ET DU LAIT

La teneur plasmatique en vitamine E n'a pas significativement varié entre J1 et J45 chez les animaux à l'ensilage (figure 1) et était en moyenne de 5,6  $\mu\text{g} / \text{ml}$ . Chez les animaux au foin, elle a diminué de 5,2 à 3,7 entre J1 et J12 ( $P < 0,001$ ), puis s'est stabilisée entre J12 et J45. La différence entre les deux régimes était significative dès J3 ( $P < 0,001$ ). Chez les animaux à l'ensilage, la teneur plasmatique en vitamine E a chuté de 27 % avec le NA bas à partir de J10, chute significative à partir de J15 ( $P < 0,10$ ). Les concentrations dans le lait et sa MG et la quantité de vitamine E secrétée dans le lait n'ont pas significativement varié entre J3 et J45 chez les animaux à l'ensilage et ont diminué ( $P < 0,01$ ) chez les animaux au foin. A la fin de l'essai, la concentration en vitamine E dans le lait était de 0,79 et 0,39  $\mu\text{g} / \text{ml}$  avec les régimes ensilage et foin, respectivement et la différence entre les deux régimes était significative dès J8 ( $P < 0,001$ ). Chez les animaux à l'ensilage, la concentration en vitamine E dans le lait et sa MG était en moyenne légèrement plus élevée avec le NA bas ( $P < 0,05$  et  $P < 0,001$ ), mais la quantité secrétée dans le lait n'était pas significativement modifiée.

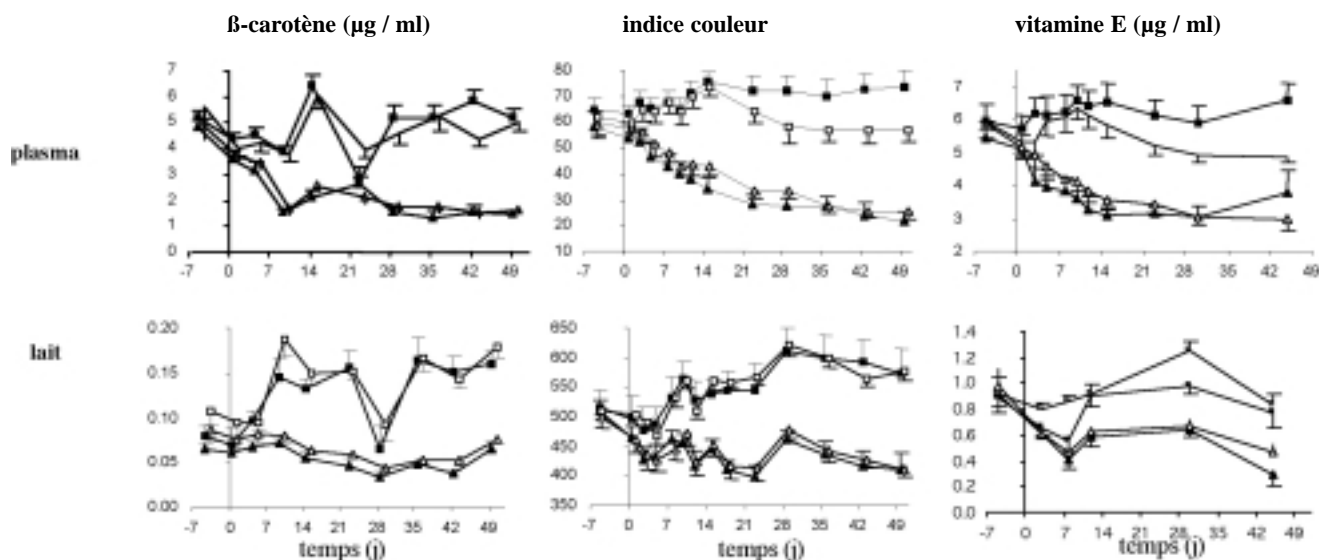
La nature du fourrage et le NA n'ont pas significativement affecté les teneurs en vitamine A du plasma et du lait, qui étaient en moyenne de 0,16 et 0,50  $\mu\text{g} / \text{ml}$ , respectivement.

### 2.5. ACIDES GRAS DU LAIT

La nature du fourrage et le NA n'ont pas modifié la teneur du lait en AG à chaîne courte (tableau 2). Comparativement à l'ensilage d'herbe, le foin a conduit à une augmentation des pourcentages (dans les AG totaux) d'AG à chaîne moyenne et d'acide linoléique et une diminution des pourcentages d'acide stéarique et linoléique. Les pourcentages d'acides oléique, vaccénique et ruménique étaient similaires entre les 2 fourrages. La diminution du NA a conduit à une légère augmentation des acides oléique, vaccénique et ruménique et une diminution des acides stéarique et linoléique. Cet effet a été plus marqué avec le régime ensilage.

Figure 1 : évolution des teneurs en  $\beta$ -carotène et vitamine E et de l'indice de couleur du plasma et du lait

■ Ensilage Haut □ Ensilage bas ▲ Foin Haut △ Foin Bas



**Tableau 2** : composition en acides gras du lait en semaine 8 (en % pondéral des acides gras totaux).

Nature du fourrage Niveau alimentaire	Foin		Ensilage d'herbe		SE	Effets		
	Haut	Bas	Haut	Bas		Fourrage	Niveau aliment.	Fourrage x Niveau
C4 + C6 + C8	7,00	7,22	7,25	7,16	0,06	NS	NS	NS
C10 + C12 + C14	22,20	21,48	20,23	19,71	0,19	**	NS	NS
C18:0	7,02	6,20	7,57	6,76	0,11	†	*	NS
C18:1 <i>cis</i> 9	14,46	14,68	13,97	17,03	0,25	NS	*	*
C18:1 <i>trans</i> 11	0,59	0,69	0,52	0,82	0,02	NS	***	*
C18:2 <i>cis</i> 9 <i>trans</i> 11	0,29	0,37	0,21	0,44	0,01	NS	***	**
C18:2 <i>cis</i> 9 <i>cis</i> 12	1,78	1,39	1,17	0,95	0,02	***	***	NS
C18:3 <i>cis</i> 9 <i>cis</i> 12 <i>cis</i> 15	0,41	0,36	0,47	0,51	0,01	***	NS	*

\*\*\* P < 0,001 ; \*\* P < 0,01 ; \* P < 0,05 ; † P < 0,10 ; NS P > 0,10.

### 3. DISCUSSION

#### 3.1. EFFET DE LA NATURE DU REGIME

Les différences de teneur en  $\beta$ -carotène et en vitamine E dans le plasma et le lait, ainsi que les différences de composition en AG du lait selon le régime, sont cohérentes avec celles observées précédemment (Martin *et al.*, 2002; Ferlay *et al.*, 2002). La chute des teneurs plasmatiques après le passage au régime foin est très rapide, la teneur minimale étant atteinte en 10 à 12 jours. Cette persistance est du même ordre de grandeur que celle observée pour la lutéine chez les ovins (Prache *et al.*, 2003). Dans le lait, la chute des concentrations en  $\beta$ -carotène a été beaucoup plus lente. Ceci peut s'expliquer par un effet de concentration, lié en partie à une diminution de la production laitière. On peut aussi émettre l'hypothèse d'une augmentation de l'exportation du  $\beta$ -carotène plasmatique vers le lait. Ces observations, comme l'augmentation des concentrations plasmatiques avec le régime riche, sont en accord avec Jensen *et al.* (1999) à un stade de lactation identique. La différence de teneur en  $\beta$ -carotène dans le lait entre les deux régimes était maximale après 10 jours, soit une persistance comparable à celle observée dans le plasma. Lors du passage au régime foin, la chute de  $\beta$ -carotène (d $\beta$ C) et vitamine E (dVE) dans le plasma ( $\mu$ g / ml) a été très variable d'un individu à l'autre. Elle a été d'autant plus importante que leur teneur plasmatique au début de l'essai ( $\beta$ C<sub>0</sub> et VE<sub>0</sub>) était élevée :

$$d\beta C = 1,043 \beta C_0 - 1,765 \quad (N=16, R^2=0,83)$$

$$dVE = 0,536 VE_0 - 0,457 \quad (N=19, R^2=0,76)$$

Des résultats similaires ont été observés pour la lutéine chez les ovins (Prache *et al.*, 2003). L'existence d'un statut plasmatique minimal, de l'ordre de 1,5  $\mu$ g  $\beta$ -carotène / ml après 8 semaines de déplétion dans cet essai, suggère qu'il existe un équilibre entre les quantités de  $\beta$ -carotène absorbées, catabolisées, stockées et / ou mobilisées.

#### 3.2. EFFET DU NIVEAU ALIMENTAIRE

Les effets du NA n'ont été observés que sur les animaux à l'ensilage, pour lesquels les animaux du lot bas étaient en bilan énergétique négatif. En ce qui concerne les AG du lait, ces effets se sont caractérisés par une augmentation des teneurs en acide oléique, vaccénique et ruménique, essentiellement lié à un effet de concentration dû aux baisses de production laitière et de TB, les quantités sécrétées ne variant pas entre les NA haut et bas. Contrairement à notre hypothèse de départ, nous avons observé une diminution des teneurs en vitamine E plasmatique après 10 jours de sous-alimentation dans le lot ensilage et la sécrétion dans le lait n'a pas été affectée. Ceci pourrait refléter une augmentation

de la captation de la vitamine E plasmatique par la glande mammaire, permettant de maintenir le potentiel anti-oxydant dans le lait (Durand *et al.*, 2003). Nous n'avons pas mis en évidence d'effet du NA sur la teneur en  $\beta$ -carotène du plasma, mais le niveau de sous-alimentation était modéré dans cet essai. La capacité du tissu adipeux bovin à restituer le  $\beta$ -carotène, suggérée par les résultats de Patterson (1965) reste donc à confirmer. L'augmentation de la teneur en  $\beta$ -carotène et en vitamine E dans le lait entre les NA haut et bas était essentiellement due à un effet de concentration lié à la chute de production et de TB.

#### 3.3. SIGNIFICATION DES INDICES DE COULEUR

Les teneurs en  $\beta$ -carotène expliquaient 58 et 40 % de la variabilité de l'indice de couleur du plasma et du lait, respectivement. D'autres composés non dosés absorbant entre 450 et 530 nm (isomères ou composés oxydés des caroténoïdes) pourraient participer à l'évolution de l'indice de couleur. Ces résultats montrent qu'une simple mesure de la couleur ne permet pas d'estimer de façon fiable la teneur en  $\beta$ -carotène. Cependant, malgré la forte variabilité individuelle, l'utilisation de la couleur du plasma et du lait comme index de traçabilité de l'alimentation (ensilage vs foin) semble envisageable après une période d'un peu plus d'un mois.

### CONCLUSION

La persistance du  $\beta$ -carotène et de la vitamine E dans le plasma et le lait est de l'ordre de 2 semaines chez la vache. Avec une sous-alimentation modérée, nous n'avons pas mis en évidence, dans nos conditions expérimentales et par les simples mesures de concentration, de restitution de ces constituants par le tissu adipeux.

*Travail financé avec l'aide de GALA et de Limagrain..*

Durand D., Gruffat D., Ferlay A., Scislawski V., Ortigues-Marty I., Micol D., Nozière P., Doreau M., Martin B., Chilliard Y., Bauchart D. 2003. Proc. 1<sup>er</sup> Congrès SFN, 63.

Ferlay A., Martin B., Pradel Ph., Capitan P., Coulon J.B., Chilliard Y., 2002. Grassland Science in Europe 7, 556-557.

Jensen S.K., Johannsen A.K.B., Hermansen J.E., 1999. J Dairy Res 66,511-522.

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. Renc. Rech. Rum. 9, 347-350.

Patterson DSP, 1965. Nature 206, 1069.

Prache S., Priolo A., Jailler R., Dubroeuq H., Micol D., Martin B., 2002. Proc. 19<sup>th</sup> Meeting EGF, 7, 592-593.

Prache S., Priolo A., Grolier P. 2003. J. Anim. Sci. 81, 360-367.