

## INFLUENCE DES LIPIDES ALIMENTAIRES SUR LA SÉCRÉTION DES ACIDES GRAS PAR LA MAMELLE DE CHÈVRE

II. — INFLUENCE DE L'ADDITION D'ACIDES GRAS EN C<sub>18</sub>,  
A DES RÉGIMES PAUVRES EN LIPIDES,  
SUR LA COMPOSITION LIPIDIQUE DU PLASMA SANGUIN ET DU LAIT

J. DELAGE et P.-M. FEHR

avec la collaboration technique de M. DORLÉANS

*Laboratoire de Recherches annexé à la Chaire de Zootechnie,  
Institut national agronomique, 16, rue Claude-Bernard - 75-Paris (5<sup>e</sup>)*

---

### SOMMAIRE

Une expérience menée en carré latin sur quatre chèvres, a permis d'étudier l'influence sur la production laitière et la composition en acides gras du lait et du plasma sanguin de quatre régimes, faiblement carencé en lipides, fortement carencé en lipides, additionnés ou non d'acide stéarique ou d'acide linoléique.

Le taux butyreux, la matière grasse sécrétée par jour, la lipémie et la teneur en esters du cholestérol dans le plasma varient selon le niveau lipidique de la ration.

Les triglycérides plasmatiques représentent la fraction lipidique du sang qui est la plus sensible à la nature des matières grasses consommées. Leur composition en acides gras et celle du lait varient d'une manière identique. Seuls les pourcentages des acides gras du lait dont le nombre de carbone est supérieur à dix, sont influencés par la composition des régimes.

L'addition de stéarate au régime augmente les pourcentages d'acide stéarique et d'acide oléique dans le lait. L'acide stéarique semble être désaturé en partie avant son prélèvement par la mamelle. L'addition de linoléate au régime provoque une élévation de la teneur de tous les acides en C<sub>18</sub> dans le lait.

---

### INTRODUCTION

Les connaissances sur la sécrétion de la matière grasse par la mamelle de ruminant ont progressé très sensiblement depuis vingt ans. L'utilisation de techniques d'investigations précises, telles que la chromatographie en phase gazeuse ou les traceurs radioactifs, en est largement responsable. Les résultats des travaux de recherche ont permis de formuler une théorie actuellement bien établie, sur l'origine des lipides

du lait de ruminant (FOLLEY et MACNAUGHT 1961 ; GERSON et *al.*, 1966). D'une part, une fraction des acides gras est synthétisée dans le tissu sécrétoire de la mamelle, à partir d'acétate et de  $\beta$ -hydroxybutyrate provenant des fermentations de la panse. Cette voie de synthèse intéresse chez le ruminant essentiellement les acides dont le nombre d'atomes de carbone est inférieur à dix-huit (FRENCH et *al.*, 1951 ; POPJAK et *al.*, 1951 ; KUMAR et *al.*, 1959). D'après ces auteurs, les acides gras en  $C_{18}$  du lait ont une origine différente de celle des acides inférieurs. Un grand nombre de travaux et en particulier ceux de VIRTANEN (1966) et de DELAGE et FEHR (1967 *b*) ont montré que ces acides chez le ruminant provenaient principalement des lipides alimentaires alors qu'au début de la lactation une fraction des acides gras en  $C_{18}$  aurait pour origine les graisses de réserve (DECAEN et ADDA 1966 ; DECAEN et JOURNET 1967) et qu'une très faible partie pourrait être synthétisée à partir d'acétate (GERSON et *al.*, 1966). Ainsi il n'est pas étonnant que de nombreux auteurs aient constaté que la nature des matières grasses alimentaires se répercute sur celle du lait (HILDITCH, 1956 ; GARTON et DUNCAN, 1956 ; KUZDZAL-SAVOIE, 1964 ; TOVE, 1965), et, que les lipides du plasma sanguin sont prélevés par la mamelle et participent à la synthèse de la matière grasse du lait (GLASCOCK et *al.*, 1956 ; LAURYSSENS et *al.*, 1961 ; GLASCOCK et *al.*, 1964 ; BARRY et *al.*, 1963 ; HARTMANN et LASCELLES, 1964 ; LASCELLES et *al.*, 1964). Cependant l'influence de la fraction lipidique du régime sur la composition en acides gras du lait et du sang a rarement été analysée avec précision.

Dans une précédente étude (DELAGE et FEHR, 1967 *b*) nous avons examiné l'influence d'une ration pauvre en lipides sur la production de matières grasses par la mamelle de chèvre et sur la composition en acides gras du lait. En utilisant la même ration dont nous connaissons bien les effets, nous avons étudié l'influence de faibles teneurs en matières grasses de la ration et de l'addition au régime de deux acides gras, l'acide stéarique et l'acide linoléique sur la sécrétion lipidique de la mamelle sur la lipémie et sur la composition en acides gras du lait ainsi que sur la composition des fractions lipidiques du plasma sanguin. Nous avons choisi deux acides gras à dix-huit atomes de carbone, car les acides en  $C_{18}$  représentent environ 80 p. 100 des acides gras totaux présents dans les rations de ruminants (GARTON, 1960 ; OKSANEN et THAFVELIN, 1965).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pour réduire au maximum l'effet des variations aléatoires de la composition en acides gras du lait sur nos résultats, nous avons fait appel à un protocole expérimental reposant sur le principe du carré latin.

Au cours de quatre périodes expérimentales de deux semaines, quatre chèvres adultes ayant mis bas depuis trois mois, ont consommé successivement, mais dans un ordre différent (tabl. 1) les quatre régimes suivants :

1. régime délipidé,
2. régime pauvre en lipides,
3. régime délipidé complété par du stéarate d'éthyle,
4. régime délipidé complété par du linoléate d'éthyle.

La composition de ces régimes est décrite dans le tableau 2. Les teneurs en énergie et en matières azotées des rations sont calculées suivant les besoins nutritionnels des chèvres que nous avons déjà mentionnés (DELAGE et FEHR, 1967 *b*). Dans tous les régimes expérimentaux, ces apports étaient identiques pour des besoins équivalents ; seuls, le taux de lipides consommés et leur nature varient

TABLEAU I  
Plan expérimental

Nom et numéro des Chèvres	Périodes de 14 jours			
	I 21 mai-4 juin	II 4 juin-18 juin	III 18 juin-2 juillet	IV 2 juillet-16 juillet
<i>Chanterelle 191</i>	Pauvre en lipides	Délipidé	Délipidé complété par du stéarate	Délipidé complété par du linoléate
<i>Athénée 17</i>	Délipidé	Délipidé complété par du linoléate	Pauvre en lipides	Délipidé complété par du stéarate
<i>Charybde 4</i>	Délipidé complété par du stéarate	Pauvre en lipides	Délipidé complété par du linoléate	Délipidé
<i>Thalie 9</i>	Délipidé complété par du linoléate	Délipidé complété par du stéarate	Délipidé	Pauvre en lipides

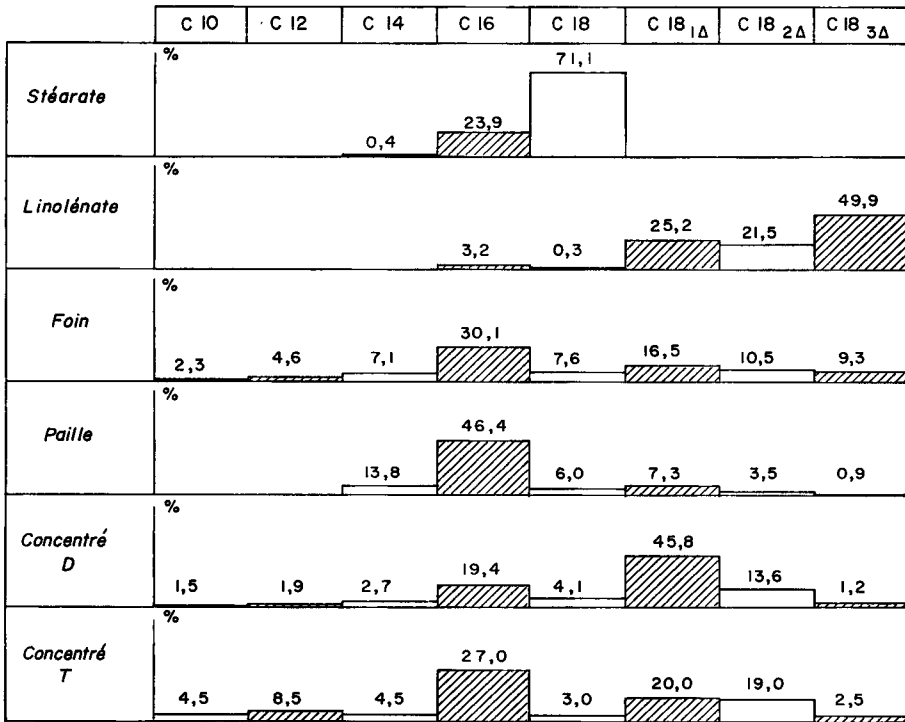


FIG. 1. — Composition en acides gras principaux des aliments distribués

selon les régimes. Par manque de données précises, nous avons été obligés de supposer arbitrairement pour définir les quantités de matières grasses ingérées, que le coefficient d'utilisation digestive des deux acides gras ajoutés était de 80 p. 100. Les chèvres ont consommé quotidiennement 0,2 g de matières grasses digestibles par kg de poids vif avec la ration dite délipidée et 0,4 g avec la ration pauvre en matières grasses. Dans les deux autres régimes, l'acide gras ajouté a été distribué sous forme d'ester éthylique de façon à assurer 1,1 g. par kg de poids vif et par jour d'apport de matières grasses digestibles. La composition en acides gras des aliments est rapportée à la figure 1.

Des régimes plus délipidés auraient été trop difficiles à faire accepter par les animaux. Nos régimes, quoique assez inhabituels pour les chèvres en lactation, n'ont pas donné lieu à des refus plus importants que ceux constatés avec les autres régimes. Pour obtenir ce résultat, nous avons d'ailleurs habitué les chèvres au régime pauvre en lipides pendant une période pré-expérimentale.

TABLEAU 2

*Composition des régimes*

Régime 1 : Délipidé

Régime 2 : Pauvre en lipides

Régime 3 : Délipidé complété par du stéarate

Régime 4 : Délipidé complété par du linoléate

Quantités journalières (en kg)	Foin de luzerne	Paille de blé	Pulpes de betteraves	Concentré T	Concentré D
Régime 2.....	1 à 1,2	0	0,4	1,8 à 2,5	0
Régimes 1-3-4.....	0	1,7	0	0	1,8 à 2,3
<i>Composition des concentrés</i>					
En pourcentage	Manioc	Levure de distillerie	Tourteau de soja délipidé	Méthionine	Composé minéral vitaminisé
Concentré T.....	66	30	0	0	4
Concentré D.....	55	0	40	1	4
<i>Teneur en lipides des aliments</i>					
En g/kg d'aliments.....	Foin de luzerne	Paille de blé	Pulpes de betteraves	Concentré T	Concentré D
Matières grasses totales..	25	19	13	12	6
M. G. digestibles estimées.	12	6	6	7	4

Les contrôles et les analyses suivantes ont été effectués pendant toute la durée de l'expérience.

Le comportement de chaque animal a été suivi. Les aliments et les refus ont été pesés quotidiennement, toutefois ces derniers sont restés négligeables. Les animaux ont été pesés une fois par semaine à heure fixe. La production journalière, le taux butyreux, la matière grasse totale sécrétée ont été mesurés chaque jour.

En vue de l'analyse des acides gras, des échantillons de lait ont été prélevés proportionnellement à la quantité récoltée aux traites du matin et du soir, au cours des dixième, douzième et quatorzième jours de chaque période.

Des prises de sang de 30 ml ont été pratiquées dans la veine jugulaire les dixième et quatorzième jours de chaque période après la traite du matin. Nous avons vérifié auparavant que les prises de sang n'influençaient ni la composition en acides gras du lait ni la quantité sécrétée. Les chèvres avaient été habituées à ces prises de sang.

La matière grasse du lait a été extraite par la méthode de ROSE-GOTTLIEB (1926) et elle a été méthylée par la méthode de CRAIG et MURTY (1959). Les échantillons d'esters méthyliques ainsi formés ont été analysés par chromatographie gaz-liquide (Aerograph A 600 B à ionisation de flamme). Nous avons utilisé une colonne de succinate de diéthylène glycol à 15 p. 100 de 305 cm de long et de 3 mm de diamètre à 185°C avec un débit sortant d'azote de 22 ml par minute. Le pourcentage des acides gras de la séquence C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>:<sub>3</sub> a été calculé grâce à un intégrateur mécanique.

La lipémie a été mesurée par la méthode de JOVER (1963). Nous avons séparé les phospholipides du plasma des autres fractions lipidiques par chromatographie sur colonne de silice (HIRSCH et ARIENS, 1959), les esters du cholestérol d'une part, et les triglycérides d'autre part, par la méthode de CARROLL (1961) en utilisant une colonne de florisil. Chacune de ces trois fractions a été méthylée par du méthanol-acide sulfurique (98/2) et chromatographiée dans les mêmes conditions que les échantillons de lait. En outre, nous avons dosé les esters du cholestérol du plasma par la méthode de LIEBERMANN-BUCHARD.

## RÉSULTATS

### A. — LIPÉMIE ET ESTERS DU CHOLESTÉROL

Les différents régimes alimentaires sont les seuls facteurs qui ont fait varier significativement la lipémie des chèvres en expérience. La lipémie croît avec le taux de matières grasses du régime et l'addition d'acide linoléique a tendance à plus augmenter que celle d'acide stéarique (tabl. 3). Néanmoins, comme nous ne pouvions prélever fréquemment du sang sur nos animaux sans perturber la sécrétion de la mamelle, le nombre de données par période est relativement faible et seule la différence entre le régime totalement délipidé et celui qui renfermait de l'acide linoléique est significative.

TABLEAU 3

*Productions de lait et teneurs en matières grasses du lait et du plasma sanguin*

Régimes	Poids des animaux (kg)	Quantité de lait (kg/j)	Taux butyreux (g/kg)	Matières grasses (g/j)	Lipémie (g/l)	Esters du cholestérol (g/l)
Délipidé	61	2,45	26,03	62,44	4,77	0,74
Pauvre en lipides	61,6	2,39	27,28	65,25	5,99	0,99
Délipidé complété par du stéarate	61,9	2,47	30,85	77,17	6,49	1,44
Délipidé complété par du linoléate	62,9	2,53	29,48	76,83	6,93	1,45

La variation des esters du cholestérol est aussi essentiellement due aux modifications de l'alimentation. Avec les deux régimes complétés par des acides gras, les teneurs plasmatiques de cholestérol estérifié sont nettement supérieures à celles du régime délipidé.

Nous avons cherché s'il existait dans les conditions de l'expérience une corrélation entre la sécrétion lipidique de la mamelle et la teneur en lipides du sang. Seule la corrélation entre la matière grasse sécrétée et le taux d'esters du cholestérol dans le plasma est significative. En revanche, il n'y a aucune corrélation entre la lipémie et le taux butyreux ou la matière grasse sécrétée.

B. — LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS  
DES DIVERSES FRACTIONS DU PLASMA SANGUIN

Les résultats sont reportés au tableau 4. Seuls les six acides principaux représentant en moyenne 90 p. 100 des acides gras totaux ont été pris en considération. La faible quantité de données recueillies compte tenu de la variabilité de la composition des différentes fractions lipidiques du plasma, n'a pas permis de procéder à une interprétation statistique complète.

TABLEAU 4

*Influence des régimes sur les teneurs en acides gras  
des différentes fractions lipidiques du plasma sanguin  
en pourcentages des acides gras totaux*

Fractions lipidiques	Régimes	C <sub>14</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>18</sub>	C <sub>18</sub> :1	C <sub>18</sub> :2	C <sub>18</sub> :3
Phospholipides	Délipidé	2,6	25,7	14,9	34,6	10,9	5,3
	pauvre en lipides	3,3	28,9	18,0	24,1	12,1	4,8
	Délipidé complété par du stéarate	2,2	23,6	21,2	28,0	12,5	5,7
	Délipidé complété par du linoléate	1,8	22,4	20,5	27,8	17,5	4,1
Esters du cholestérol	Délipidé	4,1	15,6	6,8	27,5	20,5	5,2
	Pauvre en lipides	3,5	19,6	5,6	29,3	18,1	3,5
	Délipidé complété par du stéarate	3,9	17,2	4,9	36,3	15,2	4,7
	Délipidé complété par du linoléate	3,7	18,4	9,0	25,5	19,3	7,8
Triglycérides	Délipidé	10,3	23,4	10,2	27,0	8,5	5,9
	Pauvre en lipides	8,1	28,3	9,6	24,4	6,5	4,5
	Délipidé complété par du stéarate	5,8	24,4	13,3	31,3	6,4	3,3
	Délipidé complété par du linoléate	5,9	22,2	9,3	21,4	19,3	6,2

a) *Composition en acides gras des phospholipides*

Les phospholipides du plasma ne présentent que de faibles variations dues à la nature lipidique de la ration.

Au cours des deux régimes carencés en lipides, les phospholipides sont légèrement plus riches en acides myristique et palmitique qu'au cours des deux autres régimes et moins riches en acide stéarique. En outre le régime délipidé provoque une augmentation de l'acide oléique.

Le linoléate alimentaire a peu d'influence sur la composition des phospholipides du plasma, sauf sur le taux d'acide linoléique qui est supérieur à celui trouvé avec les trois autres régimes.

b) *Composition en acides gras des esters du cholestérol*

Les esters du cholestérol, comme les phospholipides, ne subissent pas de variations de grande amplitude.

Le linoléate alimentaire augmente le pourcentage des acides stéarique et linoléique des esters du cholestérol plasmatiques. La teneur de l'acide oléique est élevée quand l'animal reçoit un complément de stéarate.

c) *Composition en acides gras des triglycérides*

La nature des matières grasses de la ration agit fortement sur la composition des triglycérides du plasma.

Avec les deux régimes carencés la teneur en acide myristique est remarquablement élevée et il en est de même pour celle de l'acide palmitique dans le cas du régime pauvre en lipides. L'acide stéarique alimentaire augmente le taux de cet acide dans les triglycérides du plasma ainsi que le pourcentage d'acide oléique. L'acide linoléique du régime accroît la teneur en acide linoléique qui devient égale au triple de la valeur qu'elle atteint avec les autres régimes tandis que l'acide linoléique n'augmente que plus faiblement.

Il est intéressant de noter que les proportions des acides gras en C<sub>18</sub> au cours du régime délipidé restent relativement élevées.

### C. — LES PRODUCTIONS DE LAIT ET DE MATIÈRES GRASSES

Le tableau 3 rapporte les moyennes des productions enregistrées dans les différents régimes. Les résultats de l'analyse statistique sont donnés au tableau 5. Ni les régimes, ni les périodes n'ont influencé le poids des chèvres d'une manière significative au cours de l'expérience. La quantité journalière de lait n'a pas été influencée par les régimes, les variations constatées sont dues aux animaux. Le taux butyreux au contraire est très sensible aux modifications alimentaires. Par rapport aux régimes carencés, les régimes complétés en lipides l'accroissent en moyenne de quatre grammes

par kg. En outre, le taux butyreux le plus faible est enregistré avec le régime délipidé. La matière grasse sécrétée quotidiennement présente des variations comparables à celles du taux butyreux.

TABLEAU 5

Analyse statistique du carré latin

Variance	Totale	Due aux animaux	Due aux périodes	Due aux régimes	Résiduelle
Degré de liberté .....	15	3	3	3	6
Poids des animaux.....	11,39	8,51 NS	4,87 NS	3,23 NS	2,58
Quantité de lait par jour	0,31	1,47 **	0,05 NS	0,01 NS	0,02
Matière grasse par jour .	447,82	1 329,50 **	555,12 S <sub>lim</sub>	237,52 S <sub>lim</sub>	58,46
Taux butyreux.....	15,08	6,53 NS	45,45 **	19,62 **	1,89
Lipémie.....	1,76	2,06 NS	1,26 NS	3,53 S <sub>lim</sub>	0,96
Esters du cholestérol....	0,03	0,02 NS	0,04 NS	0,08 *	0,01
Acides du lait en :					
C <sub>6</sub> .....	0,02	0,03 NS	0,03 NS	0,01 NS	0,01
C <sub>8</sub> .....	0,04	0,02 NS	0,02 NS	0,02 NS	0,06
C <sub>10</sub> .....	1,15	0,20 NS	0,51 NS	2,19 NS	1,60
C <sub>12</sub> .....	1,70	0,63 NS	0,63 NS	6,78 **	0,23
C <sub>14</sub> .....	2,84	0,01 NS	0,80 NS	11,80 NS	0,81
C <sub>16</sub> .....	28,01	15,43 NS	4,75 NS	111,01 **	4,45
C <sub>18</sub> .....	5,57	1,06 NS	3,02 NS	22,06 **	0,85
C <sub>18</sub> :1.....	28,34	17,45 NS	12,33 NS	81,87 *	15,02
C <sub>18</sub> :2.....	5,84	1,19 NS	2,29 NS	23,22 **	1,25
C <sub>18</sub> :3.....	0,86	0,02 NS	0,07 NS	4,16 **	0,02

\* : Significatif au seuil de 95 p. 100.

\*\* : Significatif au seuil de 99 p. 100.

S<sub>lim</sub> : Limite de signification.

NS : Non significatif.

## D. — LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DU LAIT

Les résultats de l'influence des régimes expérimentaux sur la teneur en acides gras du lait sont indiqués par les tableaux 5 et 6. Ni la variation due aux animaux, ni la variation due aux périodes n'ont une influence significative sur la composition en acides gras du lait. La variation due aux traitements est la cause essentielle des modifications enregistrées. Le pourcentage des acides caproïque, caprylique et caprique reste très stable pendant l'expérience quel que soit le régime. Toutes les variations enregistrées intéressent les acides à poids moléculaire plus élevé.

La différence entre les teneurs en lipides des deux régimes pauvres en matières grasses n'a pas eu d'incidence sensible sur la composition en acides gras du lait. Les régimes complétés par de l'acide stéarique ou de l'acide linoléique déterminent des teneurs en acides laurique et myristique semblables dans les matières grasses du lait. Par contre, le taux d'acide palmitique est plus élevé en « régime stéarique » qu'en « régime linoléique », mais, l'acide stéarique ingéré contient comme impureté 23 p. 100



d'acide palmitique, et l'acide linoléique 8 p. 100 seulement. Le stéarate provoque une augmentation des teneurs de l'acide stéarique et de l'acide oléique, alors que les acides linoléique et linoléinique conservent le même taux qu'au cours des régimes carencés en lipides. Au contraire, le linoléinate augmente fortement les taux de ces acides poly-insaturés. Celui de l'acide linoléique a triplé et celui de l'acide linoléinique a quintuplé. Il est tout aussi remarquable qu'avec ce régime, les acides stéarique et oléique aient des taux légèrement supérieurs à celui qu'ils présentent avec le régime enrichi en stéarate.

TABLEAU 6

*Influence du régime sur la composition en acides gras du lait de chèvre en p. 100 des acides gras de C<sub>6</sub> à C<sub>18</sub> : 3*

Régimes	C <sub>6</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>18</sub>	C <sub>18</sub> : 1	C <sub>18</sub> : 2	C <sub>18</sub> : 3
Délipidé	0,9	2,8	9,5	7,4	13,3	33,2	2,5	15,8	2,0	0,5
Pauvre en lipides	0,9	2,7	10,1	6,9	12,9	33,9	2,7	14,4	2,1	0,5
Délipidé complété par du stéarate	0,8	2,6	8,4	4,9 **	11,0 **	30,6 *	6,4 **	21,3 **	2,1	0,5
Délipidé complété par du linoléinate..	0,8	2,1	8,7	5,1 *	9,6 **	22,4 **	6,9 **	24,0 **	6,9 **	2,5 **

\*\* : Significativement différent du régime délipidé au seuil de 99 p. 100.

\* : Significativement différent du régime délipidé au seuil de 95 p. 100.

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Cette expérience confirme nos résultats antérieurs qui mettaient en évidence que la carence en lipides chez les chèvres en lactation entraînait une baisse du taux butyreux. L'addition d'acide stéarique ou d'acide linoléinique à des régimes pauvres en matières grasses détermine une augmentation du taux butyreux. Nous avons montré que cet effet est essentiellement dû à l'augmentation de la sécrétion des acides gras en C<sub>18</sub> dans la matière grasse du lait (DELAGE et FEHR, 1966, 1967 a, b). La lipémie et surtout le taux des esters du cholestérol plasmatiques dépendent aussi essentiellement de la teneur lipidique du régime. Or, d'après HARTMANN et LASCELLES (1964), et ANNISON et al. (1965), les acides gras des esters du cholestérol ne sont pas prélevés par la mamelle. L'existence d'une corrélation positive de 0,35 entre la matière grasse sécrétée par la mamelle et le taux d'esters du cholestérol dans le plasma, qui avait déjà été observé par RIIS (1964) sur des vaches en lactation peut difficilement constituer un argument en faveur d'un rôle éventuel des esters du cholestérol dans la sécrétion lipidique de la mamelle.

La composition en acides gras du lait de chèvre consommant des régimes carencés en matières grasses est caractérisée par une faible teneur en acides à dix-huit atomes de carbone et par un taux élevé des acides gras de  $C_{10}$  à  $C_{18}$ , ce qui confirme nos précédents résultats (DELAGE et FEHR, 1967 b). Comme le taux en cellulose brute des régimes reste constant pendant l'expérience et que les teneurs des lipides alimentaires ne semblent pas être assez élevées pour modifier les fermentations du rumen, la synthèse intramammaire à partir d'acétate et de  $\beta$ -hydroxybutyrate n'a pas dû être perturbée. Seul le pourcentage des acides provenant de l'alimentation qui ne peuvent être synthétisés que très faiblement diminue. Nos résultats sont en accord avec la théorie de la sécrétion de la matière grasse par la mamelle de ruminants. Ils confirment que chez ces animaux, les acides en  $C_{18}$  du lait sont essentiellement d'origine alimentaire.

L'acide stéarique alimentaire ne peut être désaturé de plus d'une double liaison chez la chèvre en lactation. Ainsi il est clair que cet animal ne peut synthétiser de l'acide linoléique ou de l'acide linoléique à partir d'acides gras en  $C_{18}$  plus saturés. L'acide linoléique de la ration est retrouvé dans le lait sous la forme d'acides en  $C_{18}$  plus saturés. L'ensemble de ces acides dans le lait ne renferme en moyenne que 1,03 double liaison alors que dans le régime il contient 2,23 doubles liaisons. Ainsi, plus de 50 p. 100 des doubles liaisons des acides gras alimentaires sont saturés avant leur sécrétion par la mamelle. Cependant grâce aux résultats sur la composition en acides gras des fractions lipidiques du plasma sanguin, nous avons pu mieux suivre le sort des acides gras alimentaires avant leur sécrétion dans le lait.

La composition des diverses fractions du plasma sanguin de chèvre est comparable à celle qu'ont trouvée DUNCAN et GARTON (1963) chez la vache.

Alors que la composition en acides gras du lait a présenté les mêmes caractéristiques avec les deux régimes carencés en lipides, les acides gras en  $C_{18}$  des diverses fractions lipidiques du plasma accusent le plus souvent des taux plus élevés au cours du régime le plus délipidé. On peut alors supposer que la carence en matières grasses plus accusée dans ce cas provoque une mobilisation des acides en  $C_{18}$  des réserves lipidiques.

Les esters du cholestérol plasmatiques et à un moindre degré les phospholipides présentent des variations dont certaines peuvent être imputées au régime. Mais les triglycérides plasmatiques sont les plus sensibles aux modifications alimentaires. De plus, les fluctuations de composition qui les caractérisent se répercutent sur les variations de composition de la matière grasse du lait. Ainsi, leur pourcentage en acide myristique est plus élevé au cours des régimes délipidés, leur taux d'acides stéarique et oléique augmentent en « régime stéarate » et il en est de même des acides poly-insaturés en « régime linoléate ». Ces observations confirment que les acides gras des triglycérides plasmatiques sont les principaux précurseurs des acides gras longs du lait (BARRY; et *al.* 1963, HARTMANN et LASCELLES, 1964; LASCELLES et *al.*, 1964).

Il faut cependant remarquer que les acides en  $C_{18}$  ne sont pas dans les mêmes proportions entre eux dans les triglycérides du plasma et dans les lipides du lait. Par exemple, avec le régime additionné de stéarate le rapport  $\frac{\text{Acide stéarique}}{\text{Acide oléique}}$  qui est de 5 dans la ration, s'abaisse à 0,425 dans les triglycérides plasmatiques et à 0,3 dans le lait au cours du régime additionné de stéarate. Si l'on considère que la plupart des acides en  $C_{18}$  du lait proviennent de l'alimentation par l'intermédiaire des triglycé-

rides plasmatiques la plus grande partie de l'acide stéarique est désaturée avant son prélèvement par la mamelle. ZHEREBTSOV et SOLNTSEV (1964) ont d'ailleurs suggéré que le rumen pouvait être le siège d'une désaturation des acides gras saturés alimentaires mais ce phénomène n'est pas encore admis par la majorité des chercheurs. Les résultats précédents font ressortir qu'environ un quart seulement de l'acide stéarique des triglycérides plasmatiques est désaturé en acide oléique par la glande mammaire, en admettant que cette dernière ne prélève pas préférentiellement l'un de ces deux acides dans le plasma. LAURYSSENS *et al.* (1961) en se fondant sur une expérience de perfusion estimaient que 50 p. 100 de l'acide stéarique plasmatique sont désaturés dans la glande, mais le taux d'acide stéarique dans le plasma atteignait alors des valeurs nettement supérieures aux nôtres. En définitive, nous constatons que lorsque la ration d'une chèvre comprend essentiellement des acides saturés, la désaturation la plus importante semble se situer avant le prélèvement des acides gras par la mamelle. Il n'en est peut-être pas ainsi quand la ration contient une grande proportion d'acides gras insaturés.

L'acide linoléique additionné à la ration délipidée se retrouve sous une forme plus saturée dans les triglycérides du sang et dans le lait. REISER et REDDY (1956), SHORLAND *et al.* (1957) et GARTON *et al.* (1961) ont mis en évidence que les acides gras insaturés subissaient dans la panse une saturation importante. Nos résultats sont en accord avec leurs observations. Cependant, nous pouvons nous demander si la mamelle ne sature pas les acides en C<sub>18</sub> à deux ou trois doubles liaisons ou si elle effectue des prélèvements préférentiels puisque les rapports  $\frac{\text{Acide linoléique}}{\text{Acide oléique}}$  et  $\frac{\text{Acide linoléique}}{\text{Acide oléique}}$

ont des valeurs environ trois fois plus faibles dans le lait que dans les triglycérides du plasma avec le régime enrichi en linoléate. La mamelle peut en effet influencer la composition lipidique du lait de deux façons : par un prélèvement sélectif des acides gras plasmatiques ou par modification des acides prélevés. PATTON et MAC CARTHY (1962) ont émis l'hypothèse du pool commun d'acides gras au niveau de la mamelle. La mamelle prélèverait les acides gras plasmatiques sans discrimination et les verserait dans son pool d'acides gras où ils se mélangeraient aux acides synthétisés par la glande. Aucun auteur n'a montré que la mamelle procédait à un prélèvement discriminatoire des acides gras plasmatiques. En revanche, des transformations chimiques ont été mises en évidence. Ainsi, les modifications observées au cours de notre expérience entre la composition en acides gras des triglycérides du plasma et des lipides du lait peuvent plutôt être mises sur le compte des transformations chimiques ayant lieu dans le tissu sécrétoire de la mamelle.

La quantité et la nature des lipides alimentaires influencent la composition lipidique du plasma sanguin, la quantité et la composition chimique des lipides du lait de chèvre. Les variations enregistrées dans le lait ont une amplitude bien inférieure à celles des modifications du régime. En effet, quand l'acide stéarique de la ration passe de 2 à 40 g, son pourcentage dans la matière grasse du lait augmente de 2,5 à 7 p. 100 et sa sécrétion de 1,5 à 5,2 g. Ainsi l'organisme semble avoir des effets compensateurs qui diminuent l'influence des fluctuations d'origine alimentaire sur la sécrétion lipidique de la mamelle pour se rapprocher d'une composition en acides gras du lait, caractéristique de chaque animal.

## SUMMARY

## EFFECT OF DIETARY FAT ON THE PRODUCTION OF FATTY ACIDS IN GOAT MILK

## II. EFFECT OF THE SUPPLEMENTATION OF LOW-FAT DIETS

BY C<sub>18</sub> FATTY ACIDS

## ON THE COMPOSITION OF BLOOD PLASMA AND MILK

A latin square-designed experiment was undertaken on four dairy goats to study the effects of four low-fat diets on milk yield and fatty acid composition of milk and blood plasma. The four diets were as follows : one low-fat diet and three lower-fat diets added or not with stearic acid or linolenic acid.

The fat percentage and butterfat yield and the rates of lipids and cholesterol esters in blood plasma varied depending upon the rate of dietary fat.

Blood plasma triglycerides are most alterable depending on the composition of dietary fat. The variations in fatty acid compositions of milk and plasma triglycerides are of similar pattern. Modifications in the composition of dietary fat induce alterations only in the percentage of fatty acids with a C<sub>10</sub> or more chain.

The addition of stearic acid to the low-fat diets resulted in an increase in the rate of stearic and oleic acids in butterfat. A fraction of plasma stearic acid is desaturated before it is taken by the mammary gland. The addition of linolenic acid induced an increase in the rate of all C<sub>18</sub> acids of butterfat.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANNISON E. F., FARAKERLEY S., LINZELL J. L., NICHOLS B. W., 1965. The metabolism of plasma free fatty acids by the lactating mammary gland of the goat. *Biochem. J.*, **94**, 21-28.
- BARRY J. M., BARTLEY W., LINZELL J. L., ROBINSON D. S., 1963. The uptake from the blood of triglycerid fatty acids of chylomicra and low-density lipoproteins by the mammary gland of the goat. *Biochem. J.*, **89**, 6-11.
- CARROLL K. K., 1961. Separation of lipid classes by chromatography on florisil. *J. Lipid Res.*, **2**, 135-41.
- CRAIG B. M., MURTY N. L., 1959. Quantitative fatty acid analysis of vegetable oils by gas-liquid chromatography. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **36**, 549-554.
- DECAEN C., ADDA J., 1966. Évolution de la sécrétion des acides gras des glycérides du lait de vache au cours de la lactation. *XVII<sup>e</sup> Cong. Intern. Laiterie*, Munich, A, 161-171.
- DECAEN C., JOURNET M., 1967. Évolution au début de la lactation, de la sécrétion des principaux acides gras du lait et de la concentration en acides gras libre du sang chez la vache. *Ann. Biol. anim. Biochim., Biophys.* 1967 **7** 137-144.
- DELAGE J., FEHR P.-M., 1966. Influence des acides gras alimentaires sur la sécrétion et la composition de la matière grasse du lait de chèvre. *Congr. Mond. Alim. Anim.*, Madrid, 2-8 octobre 1966, **11**, 61-68.
- DELAGE J., FEHR P.-M., 1967 a. Influence des acides gras alimentaires sur la composition de la matière grasse du lait de chèvre. *C. R. Acad. Sci.*, **264**, 1116-1118.
- DELAGE J., FEHR P.-M., 1967 b. Influence des lipides alimentaires sur la sécrétion des acides gras par la mamelle de chèvre. Influence de la teneur du régime en lipides sur le taux butyreux du lait et sa composition en acides gras. *Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys.*, **7**.
- DUNCAN W. R. H., GARTON G. A., 1963. Blood lipids : 3. Plasma lipids of the cow during pregnancy and lactation. *Biochem. J.*, **89**, 414-19.
- FOLLEY S. J., MAC NAUGHT M. L., 1961. Biosynthesis of milk fat. In *Milk — The mammary gland and its secretion*, ed. by Kon S. K. and Cowie A. T. Academic Press. 441-482.
- FRENCH T. H., HUNTER G. D., MARTIN A. J. P., POJAK G., 1951. Mode of formation of milk fatty acids with the aid of CH<sub>3</sub><sup>14</sup>COONa. *Biochem. J.*, **48**, VI.
- GARTON G. A., DUNCAN W. R. H., 1956. The fatty acid composition of milk fats from beef cows fed on different winter rations. *J. Sci. Food Agric.*, **7**, 734-739.
- GARTON G. A., 1960. Fatty acid composition of the lipids of pasture grasses. *Nature*, **187**, 511-512.
- GARTON G. A., LOUGH A. K., VIOQUE E., 1961. Glycerid hydrolysis and glycerol fermentation by sheep rumen contents. *J. gen. Microb.*, **25**, 215-225.

- GERSON T., WILSON G. F., SINGH H., SHORLAND F. B., 1966. Origin of the glycerid fatty acids of milk fat. *J. dairy Sci.*, **49**, 680-681.
- GLASCOCK R. F., REINIUS L. R., DUNCOMBE W. G., 1956. Studies on the origin of milk fat. 2. The secretion of dietary long chain fatty acids in milk by ruminants. *Biochem. J.*, **62**, 535-541.
- GLASCOCK R. F., WELCH V. A., BISHOP C., DAVIES T., 1964. The contribution of serum beta-lipoprotein triglycerides to milk fat in the dairy cow in *Radio-isotopes in Animal Nutrition and Physiology*. p. 253-266. Symposium, Prague 23, 27 nov. 1964.
- HARTMANN P. E., LASCELLES A. K., 1964. The uptake of plasma lipid and some non-lipid constituents by the mammary gland of the cow. *Austr. J. Biol. Sci.*, **17**, 935-944.
- HILDITCH T. P., 1956. *The chemical constitution of natural fats*. London, Chapman and Hall Ltd 3rd ed.
- HIRSCH J., AHRENS F. M., 1959. The separation of complex lipid mixtures by use of silicid acid chromatography. *J. Biol. Chem.*, **233**, 311-320.
- JOVER A., 1963. A technique for the determination of serum glycerides. *J. Lipid. Res.*, **4**, 228-250.
- KUMAR S., LAKSHMANAN S., SHAW J. C., 1959.  $\beta$ -hydroxy-butyrate and acetate metabolism of the perfused bovine udder. *J. Biol. Chem.*, **234**, 754-757.
- KUZDZAL-SAVOIE, 1964. *Influence de la composition de la ration sur la composition chimique du beurre de vache* Thèse Fac. Sci., Paris.
- LASCELLES A. K., HARWICK D. C., LINZELL J. L., MEPHAM T. B., 1964. The transfer of  $H^8$  stearic acid from chylomicra to milk fat in the goat. *Biochem. J.*, **92**, 36-42.
- LAURYSSSENS M., VERBECKE R., PEETERS G., 1961. Metabolism of stearate -  $^{14}C$  in the isolated cow's udder. *J. Lipid Res.*, **2**, 383-388.
- OKSANEN H. E., THAFVELIN B., 1965. Fatty acid composition of hay. *J. dairy Sci.*, **48**, 1305-1309.
- PATTON S., MCCARTHY R. D., EVANS L., JENSEN R. G., GANDER G. W., 1962. Structure and synthesis of milk fat. III. Utilization of pentadecanoate infused into the lactating goat mammary gland. *J. dairy Sci.*, **45**, 248-249.
- POPJAK G., FRENCH T. H., HUNTER G. D., MARTIN A. J. P., 1951. Mode of formation of milk fatty acids from acetate in the goat. *Biochem. J.*, **48**, 612-618.
- REISER R., REDDY H. G. R., 1956. The hydrogenation of dietary unsaturated fatty acids by the ruminant. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **33**, 155-156.
- RIIS P. M., 1964. *Investigations on lipid metabolism in cattle*. Mortensen C. F. Copenhagen.
- ROSE-GOTTLIEB, 1926. Méthodes officielles américaines d'analyse du lait. *Le Lait*, **6**, 54-74.
- SHORLAND F. B., WEENINK R. O., JOHNS A. T., McDONALD I. R. C., 1957. The effect of sheep rumen contents on unsaturated fatty acids. *Biochem. J.*, **67**, 328-333.
- TOVE S. B., 1965. Fat metabolism in ruminants, *Physiology of digestion of the ruminant*. Butterworth, London.
- VIRTANEN A. I., 1966. Milk production of cows on protein-free feed. *Science*, **153**, 1603-1614.
- ZHEREBTSOV P. I., SOLNTSEV A. I., 1964. On the change of lipids in the Rumen *Izvest. Timirjasev. seiskokhozjajstv. Stád. S. S. S. R.*, **2**, 205-209.