

INFLUENCE DE L'ACÉTATE ET DU PROPIONATE DE Na AJOUTÉS AU RÉGIME AVANT ET APRÈS LA MISE BAS SUR LE MÉTABOLISME, LA PRODUCTION ET LA COMPOSITION LIPIDIQUE DU LAIT DE CHÈVRE

F. GUESSOUS, P.-M. FEHR et J. DELAGE

*Laboratoire de Recherches de la Chaîre de Zootechnie, I. N. R. A.,
Institut national agronomique Paris-Grignon
16, Rue Claude Bernard
75231 Paris Cedex 05*

RÉSUMÉ

Dix-huit chèvres de race *Alpine* réparties en trois lots reçoivent l'un des trois régimes suivants de la 7^e semaine avant la mise bas à la 3^e semaine de lactation : Régime témoin (Lot T) à base de foin de pré et d'aliments composés ; Régime Acétate (Lot A) et Régime Propionate (Lot P) dont la composition est identique à celle du régime témoin mais leurs aliments composés renferment respectivement 12 p. 100 d'acétate de sodium et 8 p. 100 de propionate de sodium. A partir de la 4^e semaine de lactation toutes les chèvres reviennent au régime témoin.

Juste après la mise bas l'acétate ajouté au régime élève la teneur en corps cétoniques du plasma sanguin, diminue la glycémie et tend à maintenir la teneur en acides gras non estérifiés (AGNE) élevée. La production laitière du lot A a tendance à être plus faible que celle des autres lots mais la production ajustée sur celle de l'année précédente et le taux butyreux des chèvres du lot A sont très proches de ceux du lot T. Cependant le pourcentage des acides gras en C₁₈ est supérieur, et celui des acides de C₈ à C₁₅ inférieur à ceux du lot T. Ces différences tendent à disparaître lorsque l'acétate n'est plus ajouté au régime.

Le propionate du régime semble favoriser le dépôt des réserves adipeuses juste avant la mise bas. De plus, après la parturition, il abaisse la teneur en corps cétoniques, maintient la glycémie à un niveau assez élevé et accélère la diminution de la teneur en AGNE. Il tend à améliorer la production laitière et à abaisser le taux butyreux. Par ailleurs, la composition en acides gras du lait du lot P est très proche de celle du lot T. Les effets de propionate s'estompent nettement lorsqu'il n'est plus ajouté au régime bien que son effet favorable sur la production laitière persiste à la limite de signification au seuil $P < 0,1$.

L'influence de l'acétate et du propionate ajoutés au régime avant et après la mise bas sur la production laitière et la composition du lait peut s'expliquer par le profil métabolique qu'ils engendrent. Les différences constatées entre les effets de ces deux acides gras volatils au début

de la lactation et en pleine lactation pourraient être dues au fait que les chèvres après la mise bas sont en bilan énergétique négatif.

L'intérêt d'ajouter de l'acide propionique aux rations des hautes productrices de lait autour de la mise bas est évoqué.

INTRODUCTION

Les effets de l'acide acétique et de l'acide propionique sur la production laitière et sur la sécrétion lipidique de la mamelle de ruminant ont fait l'objet de nombreuses investigations. L'acide acétique ajouté au régime ou infusé dans le rumen augmente la teneur en matières grasses du lait et généralement la production laitière (ROOK et BALCH, 1961 ; ROOK et coll., 1965 ; STORRY et ROOK, 1965 *a* et *b* ; WILSON et coll., 1967 ; ØRSKOV et coll., 1969 ; Mac CULLOUGH et coll., 1969 ; SAUVANT et coll., 1971 ; HOLTER et coll., 1972 ; FEHR et coll., 1972). Il est en effet le précurseur des acides gras renfermant de 4 à 14 atomes de carbone et d'une partie des acides à 16 atomes de carbone (COWIE et coll., 1951 ; POPJAK et coll., 1951 ; HARDWICK et coll., 1963 ; ANNISON et coll., 1967 ; LINZELL et coll., 1967). Les résultats divergents enregistrés parfois à propos de l'utilisation de l'acide acétique par la mamelle de ruminant peuvent s'expliquer par l'influence de certains facteurs nutritionnels tels que la richesse du régime en matières grasses (SAUVANT et coll., 1971 ; FEHR et coll., 1972) ou le niveau énergétique du régime (FEHR et DELAGE, 1973) et probablement aussi par des facteurs individuels. Au contraire l'acide propionique tend à abaisser le taux butyreux tout en modifiant fort peu la production laitière (ROOK et BALCH, 1961 ; ROOK et coll., 1965 ; WILSON et coll., 1967 ; HOLTER et coll., 1969 ; Mac CULLOUGH et coll., 1969 ; FEHR et coll., 1972).

Si les rendements énergétiques de l'acide acétique et de l'acide propionique sont voisins chez la vache en lactation, la répartition de leur utilisation entre la production laitière et la synthèse de tissus corporels n'est pas la même. Une proportion plus importante de l'énergie métabolisable ingérée est sécrétée dans le lait quand l'acide acétique est infusé dans le rumen (ØRSKOV et coll., 1969). En revanche un régime qui augmente le pourcentage d'acide propionique dans le rumen permet d'obtenir une proportion d'énergie déposée dans les tissus plus élevée qu'avec un régime favorisant le pourcentage d'acide acétique (FLATT et coll., 1967).

Par ailleurs le caractère légèrement cétonogénique de l'acide acétique (STORRY et ROOK, 1965 *a* ; HOLTER et coll., 1972) et les propriétés glucogéniques et anticéto-géniques de l'acide propionique permettent de penser que ces acides joueraient un rôle important et même spécifique en fin de gestation et au début de la lactation. En effet, d'une part, les femelles laitières pendant cette période sont très sensibles aux toxémies de gestation et aux cétooses, accidents métaboliques se caractérisant par une hypoglycémie et par une production de corps cétoniques élevée (KRONFELD, 1970, SCHULTZ, 1971 ; SCHWALM et coll., 1972). qui pourraient être évités par l'administration de propionate de sodium (SCHULTZ, 1958). D'autre part, au début de la lactation l'animal est le plus souvent en bilan énergétique négatif en raison de sa faible consommation alimentaire. L'ingestion relativement limitée d'aliments grossiers après la

mise bas (JOURNET et JARRIGE, 1970 ; FORBES, 1970) tend à réduire la proportion d'acide acétique dans le rumen (STORRY et ROOK, 1966) et son prélèvement par la mamelle (BICKERSTAFFE et coll., 1971). On peut ainsi supposer que la mamelle risque de ne pas disposer suffisamment de cet acide pour assurer un bon déclenchement de la lactation et en particulier pour sécréter des lipides en quantité suffisante.

Dans ces conditions, pour préciser le rôle des acides acétique et propionique avant et juste après la parturition, nous avons étudié sur chèvres l'effet de leur addition au régime sur certains métabolites sanguins liés à l'état nutritionnel, sur la production laitière et la composition lipidique du lait.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Schéma expérimental

Dix huit chèvres de race *Alpine* âgées d'au moins 2 ans sont réparties en trois lots de six chèvres, aussi homogènes que possible suivant la production laitière des 7 premières semaines de la précédente lactation, le numéro de lactation, l'âge et le poids à la saillie.

L'expérience se déroule de la 7^e semaine avant la mise bas à la 7^e semaine après la mise bas, mais les enregistrements n'ont commencé qu'en 6^e semaine avant la parturition.

TABLÉAU I

Régimes distribués

Lots	42 jours avant M. B.	Mise bas (M. B.)	21 jours après M. B.	49 jours après M. B.
Témoin (T)	Adaptation	Régime Témoin (sans acétate ni propionate)	Régime Témoin (sans acétate ni propionate)	Régime Témoin (sans acétate ni propionate)
Acétate (A)		Régime Acétate	Régime Acétate	Régime Témoin
Propionate (P)		Régime Propionate	Régime Propionate	Régime Témoin

Comme l'indique le tableau 1, le lot T (témoin) ne reçoit aucun acide gras volatil dans son régime, alors que les régimes des lots A (acétate) et P (propionate) contiennent respectivement de l'acide acétique et de l'acide propionique du début de l'expérience jusqu'à la 3^e semaine de lactation. Ensuite tous les lots reviennent au régime témoin. Dans ces conditions, les chèvres n'ingèrent des acides gras volatils qu'en fin de gestation et pendant la phase fortement ascendante de la courbe de lactation et elles ne subissent aucun changement de régime à la parturition qui risque de perturber sensiblement leur consommation alimentaire (GUESSOUS et FEHR, 1970).

Rations

Les rations comprennent du foin de pré de 2^e coupe, de bonne qualité, bien accepté par les chèvres, et un aliment composé (aliment « entretien ») en gestation. En outre, elles renferment en lactation un second aliment composé (aliment « lactation ») et à partir de la 4^e semaine de lactation, des pulpes de betteraves déshydratées. Les aliments composés sont présentés sous forme granulée. Ils renferment essentiellement des aliments concentrés comme l'indique le tableau 2.

12 pour 100 d'acide acétique et 8 p. 100 d'acide propionique incorporés sous forme de sels de sodium à ces mélanges d'aliments concentrés remplacent leur équivalent en énergie métabolisable, d'amidon de maïs et de paille d'avoine. Ainsi le niveau d'énergie métabolisable de ces mélanges d'aliments concentrés est sensiblement identique quel que soit le régime.

Toutes les chèvres sont nourries individuellement 2 fois par jour. Le tableau 3 indique les quantités distribuées quotidiennement des différents aliments qui ont été calculées selon les recommandations de FEHR et DISSET (1969).

TABLEAU 2

Composition des aliments
(en p. 100)

Aliments composés	« Entretien »			« Lactation »		
	T	A	P	T	A	P
Orge	50	50	50	59	59	59
Avoine	30	30	30	0	0	0
Soja	4	4	4	25	25	25
Amidon de maïs	8	0	0	8	0	0
Paille d'avoine	4	0	4	4	0	4
Acétate de sodium	0	12	0	0	12	0
Propionate de sodium	0	0	8	0	0	8
Composé minéral vitaminisé ..	4	4	4	4	4	4

Mesures

Les chèvres sont pesées chaque semaine. La consommation alimentaire et la production laitière sont mesurées individuellement chaque jour.

Des prélèvements de sang sont effectués au cours des 4^e et 2^e semaines avant la mise bas, les 2^e, 3^e et 6^e semaines après la parturition ainsi qu'aux 2^e et 3^e jours après la mise bas.

Le plasma sanguin est déféqué par la méthode de SOMOGYI (1945). La glycémie est dosée par la réaction au ferricyanure (HAGEDORN et JENSEN, 1923) adaptée à la colorimétrie par SALWAY (1969). La teneur en corps cétoniques est déterminée par la méthode de PEDEN (1964). Les acides gras non estérifiés (AGNE) du plasma sanguin après extraction des lipides par la méthode de FOLCH et coll. (1957) et élimination des phospholipides par chromatographie sur colonne, sont dosés colorimétriquement par la méthode de MAC KENZIE et coll. (1967).

Un échantillon moyen de lait est prélevé pour chaque chèvre sur les deux premières traites puis aux 3^e, 6^e, 10^e et 15^e jours de lactation et ensuite une fois par semaine. Le taux butyreux est déterminé sur ces échantillons par la méthode Gerber.

En outre, la composition en acides gras des matières grasses du lait est analysée par chromatographie en phase gazeuse après extraction par la méthode de ROSE GOTTLIEB (1926) et méthylation en ampoule scellée en présence de méthylate de sodium pendant 24 heures.

Les esters méthyliques des acides gras sont chromatographiés à 170°C sur un appareil Girdel 75 à ionisation de flamme en utilisant une colonne de 3 m de longueur et de 2,5 mm de diamètre remplie de chromosorb DMCS (80-100 mesh) imprégné de 14 p. 100 de succinate de diéthylène glycol.

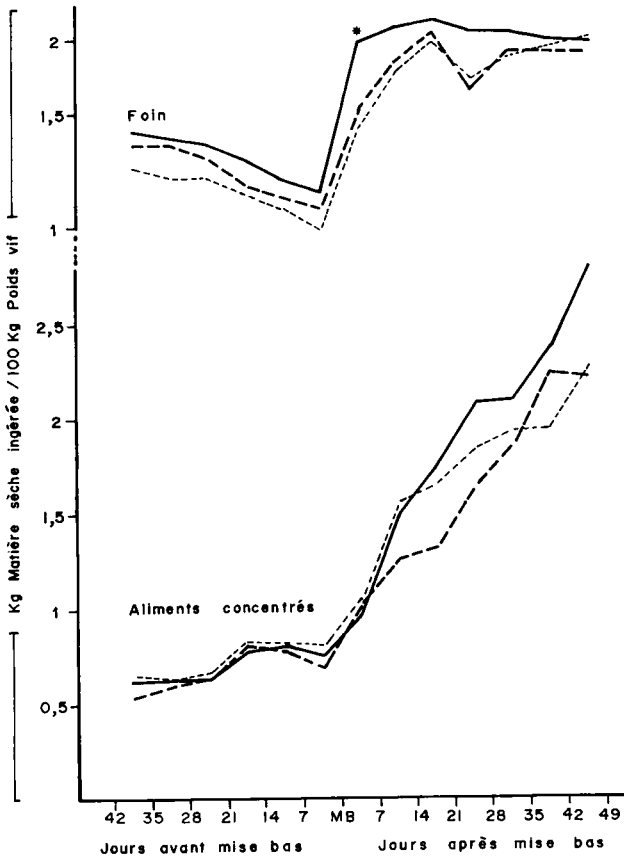
Les résultats de chaque acide gras sont exprimés en pourcent de l'ester méthylique rapporté à la somme des esters méthyliques des acides de 4 : 0 à 18 : 3. Compte tenu de l'imprécision de l'interprétation du chromatogramme pour les acides gras à moins de 8 atomes de carbone, leurs teneurs ne seront pas rapportées ici.

Les résultats sont interprétés en utilisant les méthodes décrites par SNEDECOR (1956) et notamment l'analyse de variance. Compte tenu de difficultés à la mise bas, trois chèvres, une dans chaque lot, ont été éliminées ; ce qui n'a guère déséquilibré les lots excepté pour la production laitière des 7 premières semaines de la précédente lactation. Dans ce cas, l'interprétation statistique des résultats a dû être effectuée par analyse de covariance.

RÉSULTATS

Consommation alimentaire (fig. 1)

Pendant les 6 dernières semaines de gestation, la consommation de foin de toutes les chèvres diminue progressivement. Bien que l'effet du régime ne soit pas significatif, le lot P et dans une moindre mesure le lot A ingèrent moins de foin que le lot T.

FIG. 1. — *Consommation alimentaire*

Légende des figures 1, 2, 3, 4, 5 et 6

- Lot Témoin (T)
- - - Lot Acétate (A)
- · · Lot Propionate (P)

Effet régime :

- * Significatif au seuil de $P < 0,05$;
- ** Significatif au seuil de $P < 0,01$;
- *** Significatif au seuil de $P < 0,001$.

La consommation d'aliments concentrés reste au contraire assez stable, sauf en 3^e semaine où son augmentation est simplement due à l'élévation des quantités distribuées (voir tabl. 3). Elle semble assez peu influencée par la nature du régime excepté au cours de la 6^e semaine avant la mise bas où les chèvres recevant de l'acétate sont un peu plus lentes à s'adapter au mélange d'aliments concentrés et pendant la semaine précédant la parturition où les chèvres du lot P à la différence de celles des autres lots maintiennent leur niveau de consommation même lorsqu'elles portent trois fœtus.

Au début de la lactation toutes les chèvres consomment presque deux fois plus de foin qu'à la fin de la gestation. Mais cette augmentation est immédiate dans le lot T et progressive dans les autres lots ; ce qui explique la différence significative enregistrée en première semaine. Le changement de régime en 4^e semaine abaisse momentanément la consommation de foin des lots A et P. Par la suite le niveau d'ingestion de foin des différents lots reste très comparable.

La consommation d'aliments composés s'élève très progressivement pendant les 7 premières semaines de lactation. Toutefois, l'augmentation de la consommation du lot A est plus lente pendant les trois premières semaines que celle des autres lots, mais ensuite elle rattrape son retard.

Poids des animaux (fig. 2)

En fin de gestation, le gain de poids moyen des lots est comparable sauf pendant la dernière semaine avant la mise bas où le poids vif du lot A augmente moins rapidement.

Pendant les 7 premières semaines de lactation les chèvres du lot T perdent progressivement du poids, alors que le poids du lot P se maintient à la valeur enregistrée juste après la parturition. Jusqu'à la 3^e semaine, le lot A présente une diminution de poids rapide ; ensuite ce lot a tendance à reprendre du poids.

Métabolites sanguins (fig. 3)

Quatre semaines avant la mise bas, les glycémies sont significativement différentes dans les trois lots, mais leurs valeurs deviennent très voisines deux semaines avant la parturition. Pendant cette période, les glycémies des lots T et P ont tendance à augmenter, alors que celle du lot A diminue nettement.

A la fin de la gestation les teneurs plasmatiques en acides gras non estérifiés (AGNE) et en corps cétoniques totaux du lot P sont moins élevées que celles des autres lots. Entre la 4^e et la 2^e semaine avant la mise bas, ces teneurs augmentent sensiblement dans le lot A alors que celles du lot P ne varient pas ou s'élèvent très légèrement et que celles du lot T restent constantes ou diminuent.

Après la parturition, la glycémie de tous les lots diminue puis elle augmente en 3^e semaine. La glycémie du lot P est assez stable et elle reste relativement élevée. En revanche celle du lot A baisse d'abord fortement, puis elle se maintient à un niveau inférieur à celui des autres lots.

La teneur en AGNE du plasma sanguin diminue nettement dans tous les lots pendant les trois premières semaines de lactation, mais de façon plus accusée dans le lot P. Dès la 2^e semaine la teneur du lot A est sensiblement supérieure à celles des

TABLEAU 3
Composition des rations
(en kg)

	42 jours avant M. B.	21 jours avant M. B.	Mise bas	21 jours après M. B.	49 jours après M. B.
Foin de pré	1,2	1,2	A volonté	A volonté	
Pulpes de betteraves déshydratées	0	0	0	0,2	
Aliment entretien	0,5	0,7	0,7	0,7	
Aliment lactation	0	0	0,4/kg de lait au-dessus de 2 kg	0,4/kg de lait au-dessus de 2 kg	

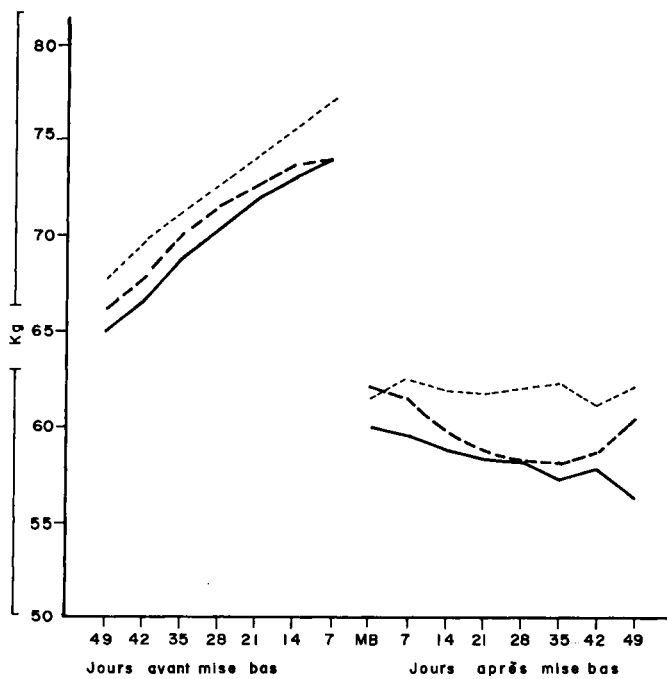


FIG. 2. — Évolution du poids des chèvres

autres lots. A partir de la 4^e semaine, la teneur en AGNE du lot P a tendance à augmenter et celle du lot A à diminuer bien que de manière moins rapide que celle du lot T.

Au cours des trois premières semaines de lactation, la cétonémie des 3 lots est très différente. En effet, elle est significativement plus élevée dans le lot recevant de l'acétate et plus basse dans le lot recevant du propionate. Ces différences disparaissent en 6^e semaine.

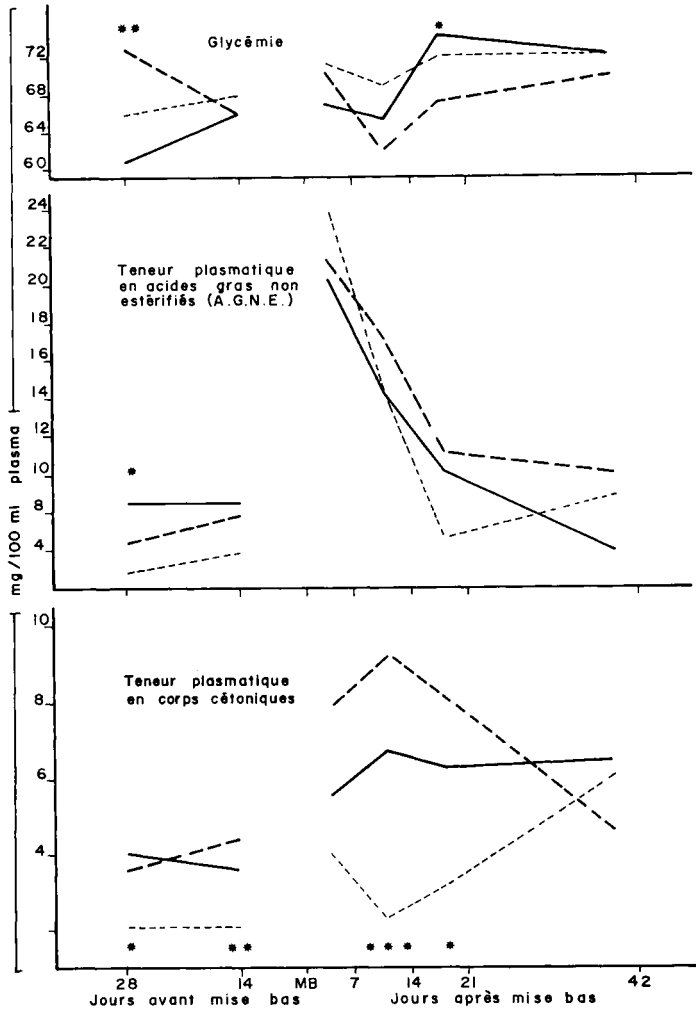


FIG. 3. — Constantes sanguines

Production laitière et composition lipidique du lait (fig. 4 et 5)

En première semaine le niveau de production laitière des trois lots est identique (fig. 4). Ensuite l'augmentation de la production est la plus rapide dans le lot P et la plus lente dans le lot A. Cette situation se maintient jusqu'à la 7^e semaine.

Par ailleurs aucune différence significative due au régime n'a été mise en évidence sur les productions laitières ajustées sur celles de l'année précédente (tabl. 4). Toutefois, la production laitière ajustée tend à être légèrement favorisée par la présence dans le régime de propionate et dans une moindre mesure d'acétate pendant les trois premières semaines. Mais seul l'effet du propionate persiste lorsque celui-ci n'est plus ajouté à la ration.

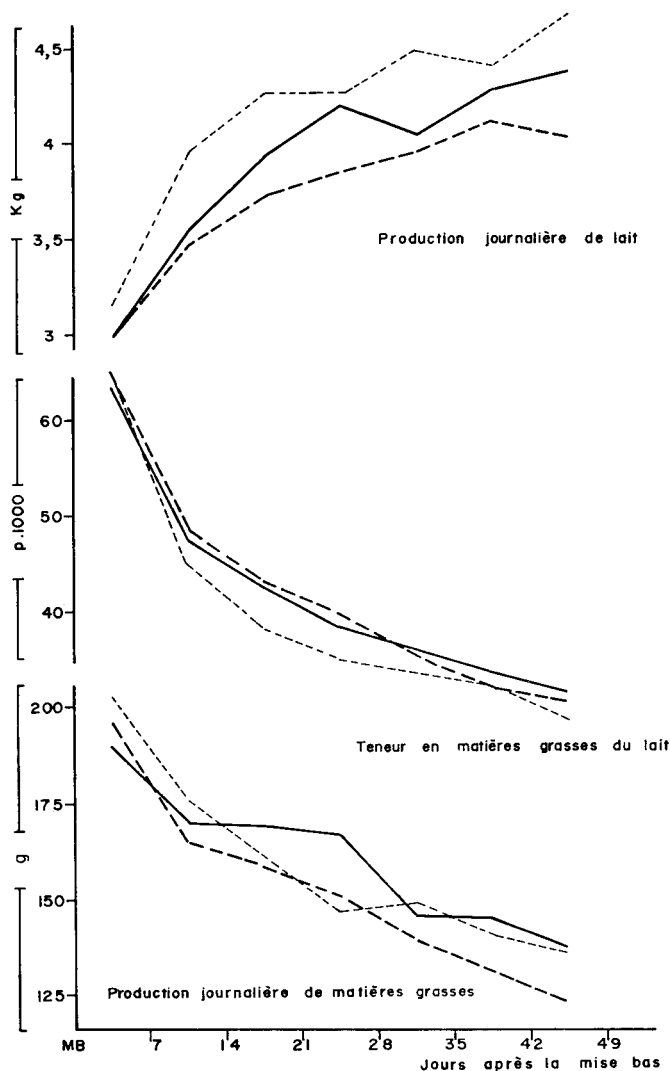


FIG. 4. — Production laitière, teneur et production de matières grasses

La teneur en matières grasses du lait diminue rapidement jusqu'en 2^e semaine et plus lentement ensuite (fig. 4). En première semaine sa valeur est identique dans les trois lots, mais dès la 2^e semaine le taux butyreux du lot P apparaît inférieur à ceux

TABLEAU 4
Comparaison de la production de lait et de matières grasses
 (Analyse de Covariance)
 (kg/chèvre/période)

Périodes	Lots	Production réelle de lait			Production de lait ajustée par rapport à l'année précédente			Production réelle de MG			Production de MG ajustée par rapport à l'année précédente			Niveau de signification
		T	A	P	T	A	P	T	A	P	T	A	P	
3 premières semaines après la mise bas		72,7	70,4	78,8	70,4	74,4	77,1	3,65	3,54	3,70	3,53	3,74	3,66	NS
	4 ^e , 5 ^e , 6 ^e													
	et 7 ^e semaines après la mise bas	118,4	111,6	124,8	114,6	115,7	124,5	4,13	3,81	4,00	3,97	3,94	4,02	NS
7 premières semaines après la mise bas														
		191,1	182,0	203,6	185,0	190,1	201,6	7,78	7,85	7,70	7,50	7,68	7,68	NS

NS : non significatif au seuil de $P < 0,1$.
 + lim. : à la limite de signification au seuil de $P < 0,1$.

des autres lots quoique de façon non significative. Cette différence s'estompe à partir de la 4^e semaine lorsque le propionate n'est plus présent dans le régime.

La production de matières grasses baisse progressivement au cours des 7 premières semaines de lactation. Au début, cette diminution semble plus rapide chez les chèvres ingérant des acides gras volatils. Après la 4^e semaine la production du lot A reste légèrement inférieure à celle des 2 autres lots. En réalité la production ajustée des matières grasses ne présente aucune différence significative bien que l'acétate et dans une moindre mesure le propionate aient tendance à augmenter cette production pendant les trois premières semaines de lactation (tabl. 4).

La figure 5 présente l'évolution au cours des 7 premières semaines de lactation des pourcentages dans les matières grasses du lait de trois groupes d'acides gras : les acides contenant 8 à 15 atomes de carbone, les acides à 16 et 17 atomes de carbone et les acides à 18 atomes de carbone.

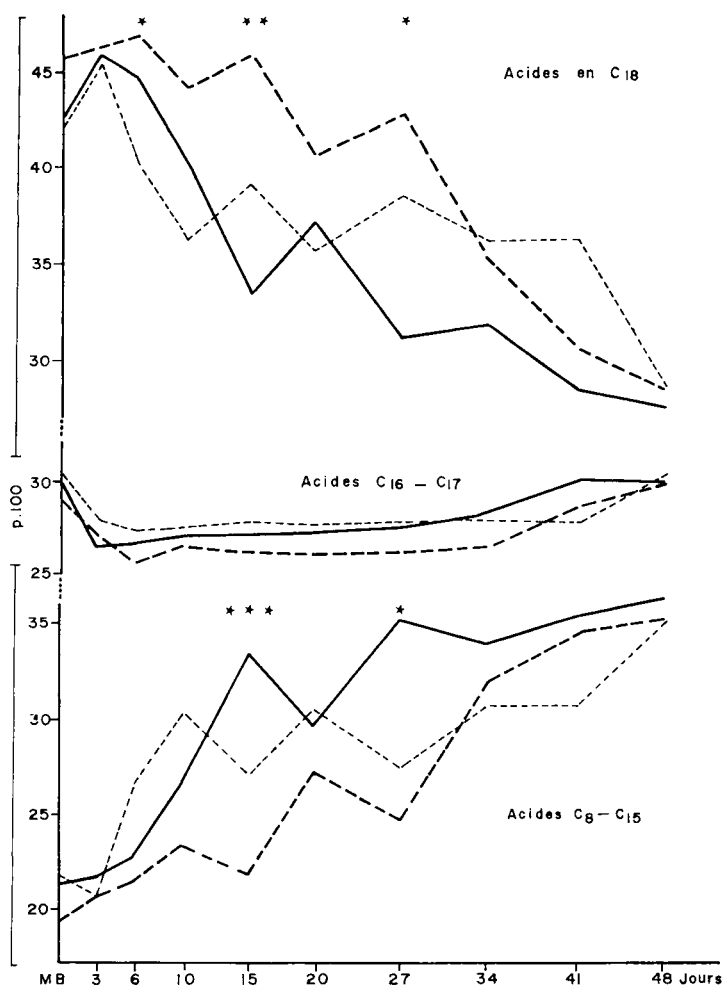


Fig. 5. — Pourcentage des acides gras des matières grasses du lait

Quel que soit le régime, le pourcentage des acides gras à courte chaîne s'élève progressivement au début de la lactation, alors que celui des acides en C_{18} baisse sensiblement. Les fluctuations des pourcentages de ces deux groupes d'acides se correspondent mais sont toujours de sens opposé. En revanche, le taux des acides contenant 16 et 17 atomes de carbone reste relativement constant avec une tendance à diminuer pendant la première semaine et à augmenter après la 4^e semaine.

Au début de la lactation, le pourcentage des acides de 8 à 15 atomes de carbone et un peu moins nettement celui des acides à 16 et 17 atomes de carbone du lot A restent inférieurs à ceux des autres lots, alors que le pourcentage des acides en C_{18} se maintient à un niveau plus élevé, dans certains cas de façon significative. A partir de la 5^e semaine les différences enregistrées sur les pourcentages des acides gras tendent à se réduire.

Bilan énergétique (fig. 6)

Nous avons calculé la différence entre l'énergie nette ingérée au-dessus de l'entretien et l'énergie produite dans le lait d'après les données d'ARMSTRONG et BLAXTER (1965). Nous appelons cette différence « bilan énergétique » bien que les variations

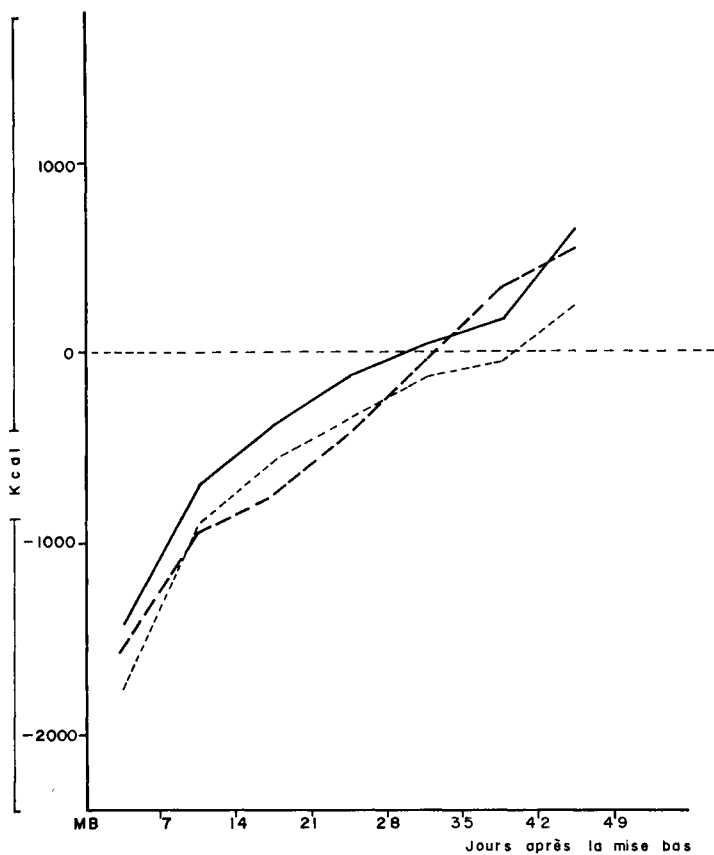


FIG. 6. — *Bilan énergétique*

pondérales ne soient pas prises en considération en raison de la difficulté d'en estimer l'énergie correspondante (MOE et coll., 1971) et de l'absence d'études sur chèvres à ce sujet.

Le bilan énergétique reste négatif pendant les 4 à 6 premières semaines de lactation selon les lots. Celui du lot T se maintient le plus souvent à des valeurs supérieures à celles des autres lots. Le lot P a un bilan moins négatif que le lot A de la 2^e à la 4^e semaine de lactation, mais par la suite le bilan du lot A augmente plus rapidement.

DISCUSSION

Consommation alimentaire

Au cours de cette expérience, il a été constaté que la consommation alimentaire de la chèvre évolue comme celle des autres ruminants en fin de gestation et au début de la lactation : avant la mise bas la consommation de foin des chèvres diminue sensiblement et après la parturition elle progresse rapidement (FORBES, 1970 ; JOURNET et JARRIGE, 1970 ; HODEN et JOURNET, 1971).

Si la diminution de la consommation de fourrages en fin de gestation est généralement expliquée par la pression exercée par l'utérus et les dépôts adipeux de la cavité abdominale, l'ingestion d'aliments concentrés serait régulée par voie métabolique (FORBES, 1970 et 1971 ; BINES, 1971) peut-être par l'intermédiaire des œstrogènes dont la teneur plasmatique augmente chez la chèvre gravide (CHALLIS et LINZELL, 1971). En effet des infusions intraveineuses de 17- β -œstradiol entraînent une chute de la consommation d'aliments concentrés (FORBES et ROOK, 1970). Il est donc possible qu'à la fin de la gestation les chèvres portant trois fœtus produisent suffisamment d'œstrogènes pour abaisser leur consommation d'aliments concentrés. Une telle interprétation reste insuffisante puisqu'elle n'explique pas pourquoi la consommation ne diminue pas chez les chèvres portant trois fœtus qui reçoivent du propionate, alors que celles qui ne portent que deux fœtus et ingèrent de l'acétate ont une consommation d'aliments concentrés déjà sensiblement abaissée.

Par ailleurs au cours des 2^e et 3^e semaines de lactation, la consommation d'aliments concentrés du lot A augmente moins rapidement que celle des autres lots en raison de son niveau de production laitière et aussi de ses refus légèrement plus importants. Ainsi les aliments concentrés contenant de l'acétate seraient un peu moins bien acceptés par les chèvres. BAILE et MAYER (1970) ont montré que l'injection intraruminale d'acétate ou de propionate de sodium a le même effet dépressif sur l'appétit. Mais il serait possible que cet effet dépressif commence à se manifester au taux relativement élevé de 12 p. 100 dans l'aliment et qu'il soit inexistant à 8 p. 100 ; ce qui pourrait expliquer la différence de la réponse des animaux recevant de l'acétate et du propionate. Cependant il est vraisemblable que des facteurs métaboliques interviennent. En effet, la première manifestation de l'aptitude de l'acétate à favoriser un profil métabolique cétosique est dès la première semaine de lactation l'élévation de la cétonémie du lot A alors que la glycémie et la teneur en AGNE ne deviennent caractéristiques de ce profil qu'en 2^e semaine. Or, la diminution de la consommation alimentaire est le premier symptôme d'une cétose subclinique et la cétonémie

semble inversement proportionnelle à la consommation alimentaire (SENEL et OWEN, 1966 ; SCHULTZ, 1971). Il est donc possible que l'augmentation de la cétogénèse dès le 2^e et le 3^e jour de la lactation tende à abaisser l'ingestion d'aliments concentrés provoquant alors une accélération de la mobilisation des réserves adipeuses qui ne deviendrait apparente qu'en seconde et en troisième semaine. Ainsi une cétonémie élevée plus qu'une teneur plasmatique importante en AGNE pourrait être à l'origine de la médiocre consommation d'aliments concentrés du lot A.

Il faut en outre remarquer qu'après la mise bas, la concentration plasmatique en AGNE qui est le reflet de la mobilisation des réserves adipeuses est significativement en corrélation négative avec la consommation d'énergie métabolisable ($r = -0,51$, $P < 0,001$) et de matière sèche ($r = -0,47$, $P < 0,001$) ; ce qui a déjà été observé sur vaches (DECAEN et JOURNET, 1967). Dans ces conditions la teneur en AGNE du sang pourrait servir à caractériser l'état nutritionnel du ruminant au début de la lactation comme l'a déjà suggéré BOWDEN (1971).

Métabolites sanguins

Au cours de cette expérience, aucune chèvre n'a manifesté apparemment de troubles pathologiques, en particulier des toxémies de gestation ou des cétooses. D'après la définition de l'« état cétosique » proposé par SCHULTZ (1971), aucun lot n'a présenté un profil métabolique caractéristique de cet état, bien que le lot recevant de l'acétate a, en 2^e semaine de lactation, une cétonémie proche du seuil à partir duquel peut apparaître une cétoose subclinique chez la Vache.

La faible glycémie et les fortes teneurs plasmatiques en corps cétoniques et en AGNE du lot A en 2^e et 3^e semaine de lactation confirment le caractère cétogénique de l'acide acétique puisque ces caractéristiques s'estompent rapidement lorsque cet acide n'est plus incorporé aux aliments composés. A l'opposé, la glycémie élevée, la basse teneur en corps cétoniques, et la rapidité de la diminution de la teneur en AGNE des chèvres qui reçoivent de l'acide propionique au début de la lactation apportent la confirmation du caractère glucogénique et anticétogénique de cet acide ; ce qui explique qu'il peut limiter ou même éviter les cétooses (SCHULTZ, 1952, 1958).

Par ailleurs l'absence d'un ralentissement du gain de poids dans le lot P pendant la dernière semaine de gestation et sa basse teneur en AGNE deux semaines avant la mise bas suggèrent que le propionate favorise l'accumulation de réserves adipeuses juste avant la mise bas, rôle qui à maintes reprises a été montré chez le ruminant en pleine lactation (ØRSKOV et coll., 1969). Ce rôle du propionate en fin de gestation serait confirmé par la teneur élevée en AGNE, les 2^e et 3^e jours après la mise bas.

Production et composition du lait

Les niveaux de production laitière atteints au début de la lactation sont très satisfaisants dans les trois lots. L'apport de propionate dans l'alimentation au début de la lactation tend à améliorer légèrement la production du lait comme cela a été observé chez la vache (SCHULTZ, 1958). Cet effet persiste lorsque le propionate n'est plus ajouté au régime. Ces résultats sont en contradiction avec la plupart des observations réalisées en pleine lactation chez la Chèvre (FEHR et coll., 1972) ou chez la Vache (Mac CULLOUGH et coll., 1969 ; ØRSKOV et coll., 1969 ; ROOK et BALCH, 1961 ;

ROOK et coll., 1965) où le propionate n'a aucun effet ou un effet légèrement défavorable sur la production laitière. Cependant il a tendance à augmenter la production laitière en pleine lactation lorsque la ration ne couvre pas les besoins de production (WILSON et coll., 1967) ; ce qui est généralement le cas au début de la lactation. Dans notre expérience l'effet plutôt favorable de l'acide propionique sur la production laitière serait dû à son action glucogénique qui permet une meilleure couverture des besoins en glucose de l'animal et de la mamelle en particulier qui est très sensible à un déficit en glucose (LINZELL, 1968). En outre le catabolisme de l'acide acétique à des fins énergétiques pourrait être moins important et cet acide deviendrait plus disponible pour la mamelle.

Le meilleur état nutritionnel des animaux du lot P avant la parturition, caractérisé par de faibles teneurs en corps cétoniques et en AGNE, serait un facteur non négligeable pour expliquer le bon déclenchement de la production laitière. En effet, la tendance des chèvres de ce lot à consommer plus d'aliments concentrés et à réaliser des gains de poids plus élevés en fin de gestation a pu améliorer leur production laitière des 21 premiers jours de lactation comme en témoignent les corrélations hautement significatives qui lient la production laitière d'une part, la consommation en aliments concentrés et l'accroissement du poids en fin de gestation d'autre part (respectivement $r = 0,71$, $P < 0,01$; $r = 0,87$, $P < 0,001$).

La présence d'acétate dans le régime au début de la lactation paraît freiner la production laitière en 2^e et 3^e semaine de lactation (fig. 4), bien qu'elle tende à améliorer de façon négligeable la production ajustée (tabl. 4). Or cet acide a le plus souvent un effet nettement favorable en pleine lactation. L'influence relativement limitée de l'acétate sur la production laitière en début de lactation est probablement la conséquence de son effet sur le métabolisme l'orientant vers un profil cétosique néfaste à la sécrétion lactée (SCHULTZ, 1971).

L'effet favorable de l'acétate généralement constaté en pleine lactation sur la teneur et la production des matières grasses du lait quelle que soit la manière dont il est administré apparaît de faible amplitude ou inexistant au début de la lactation, en particulier sur les quantités sécrétées en 2^e et 3^e semaine. Mais des variations très limitées et même nulles notamment sur le taux butyreux ont déjà été enregistrées en pleine lactation (Mac CULLOUGH et coll., 1969). En outre, le taux des acides gras en C₁₆ et C₁₇, et surtout celui des acides à plus courte chaîne sont sensiblement plus faibles dans les matières grasses du lait du lot A, alors qu'en pleine lactation l'acétate augmente le pourcentage ou la production de ces acides, notamment en complément à des régimes relativement pauvres en cellulose (STORRY et ROOK, 1965 *a* et *b*, ØRSKOV et coll., 1969 ; FEHR et coll., 1971 ; SAUVANT et coll., 1971 ; FEHR et DELAGE, 1973). Cette opposition entre les effets de l'acide acétique au début et en pleine lactation n'est qu'apparente. GARDNER (1969) et RÉMOND et coll. (1973) notent que le niveau énergétique au début de la lactation semble influencer la composition en acides gras des matières grasses du lait. En outre, FEHR et DELAGE (1973) ont montré qu'en pleine lactation la diminution du niveau énergétique du régime entraîne un abaissement des pourcentages des acides en C₁₆ et à plus courte chaîne. Or, dans l'expérience qui vient d'être décrite, les chèvres recevant de l'acétate ont une consommation et un bilan énergétiques, notamment en 2^e et en 3^e semaine de lactation plus faibles. Ainsi l'influence de l'acétate sur la composition lipidique du lait serait masquée par l'effet de l'énergie ingérée.

La valeur légèrement supérieure du taux butyreux du lot A par rapport à celui du lot P dans les premières semaines de lactation est uniquement due au pourcentage plus élevé des acides en C_{18} . Or, il existe des corrélations significatives entre le pourcentage des acides en C_{18} dans le lait d'une part, et la teneur en AGNE du plasma sanguin ou de la perte de poids hebdomadaire après la parturition d'autre part ($r = 0,58$, $P < 0,001$, $r = 0,44$, $P < 0,01$). Ces corrélations déjà constatées par DECAEN et JOURNET (1967) s'expliquent aisément par l'importance du prélèvement d'AGNE par la mamelle lorsque leur teneur plasmatique est élevée (SCHWALM et coll., 1972). Ainsi la teneur en acides gras en C_{18} des matières grasses du lait pourrait servir à estimer l'intensité de la mobilisation des réserves adipeuses au début de la lactation. En outre, la fourniture importante d'acides gras à longue chaîne à la mamelle pourrait limiter la synthèse des acides gras à partir d'acide acétique comme l'ont déjà suggéré NOBLE et coll. (1969), SAUVANT et coll. (1971) et FEHR et coll. (1972). De ce fait, l'effet du régime contenant de l'acétate sur la sécrétion lipidique s'expliquerait par une moindre ingestion d'énergie entraînant une mobilisation des acides gras à longue chaîne qui, prélevés par la mamelle, tendrait à ralentir la synthèse des acides gras à partir d'acide acétique.

Le taux butyreux diminue en présence de propionate dans le régime au début de la lactation, comme cela a souvent été observé en pleine lactation. Par rapport à la composition en acides gras du lait du lot T, celle des chèvres recevant du propionate ne présente pas de différences bien nettes. Or, en pleine lactation les répercussions du propionate sur la composition lipidique sont variables suivant les auteurs, mais le plus souvent son effet est faible (FEHR et coll., 1971). A la différence de l'acide acétique, l'acide propionique paraît avoir un effet comparable sur la composition lipidique du lait au début de la lactation et en pleine lactation, probablement parce que la mobilisation des réserves qui diminue rapidement interfère peu sur la sécrétion lipidique de la mamelle.

CONCLUSION

Cette expérience a pu mettre en évidence l'importance du profil métabolique sur les performances laitières et la composition lipidique du lait au début de la lactation. Les acides gras volatils ajoutés au régime même s'ils représentent une faible part de l'énergie ingérée, ont des effets bien marqués. L'acide acétique favoriserait l'apparition d'un profil métabolique cétosique, alors que l'acide propionique a un effet antagoniste.

Par ailleurs on est en droit de s'interroger à la lumière des résultats du lot recevant de l'acétate, sur l'opportunité de distribuer des rations favorables à la céto-génèse et à une mobilisation importante des réserves adipeuses au tout début de la lactation. ÉMERY (1971) pense que la prévention d'une mobilisation excessive des réserves adipeuses chez la Vache pourrait éviter certains accidents cétosiques au début de la lactation. Il est possible que dans cette expérience, le propionate ait eu un tel effet sur la mobilisation en raison de la diminution rapide de celle-ci.

En outre, il semble bien qu'en fin de gestation et au début de la lactation, les précurseurs du glucose et la néoglucogénèse jouent un rôle déterminant en raison

des besoins en glucose accrus de la femelle notamment chez les chèvres hautes productrices de lait ou mettant bas des portées importantes. Or, l'acide propionique stimule la néoglucogénèse lorsqu'il est infusé dans le rumen (JUDSON et LENG, 1973). Dans ces conditions, il pourrait être intéressant d'ajouter au régime avant et juste après la parturition du propionate ou bien de favoriser la production d'acide propionique dans le rumen en utilisant un régime contenant des aliments concentrés riches en amidon. Pour améliorer les performances laitières au début de la lactation et pour lutter contre les troubles métaboliques pouvant apparaître de part et d'autre de la mise bas, l'apport de propionate dans le régime pourrait constituer un moyen efficace qui compléterait l'effet favorable de l'augmentation rapide des quantités distribuées d'aliments concentrés. Cet acide serait d'autant plus intéressant à utiliser qu'il est parfois difficile d'augmenter rapidement l'ingestion d'aliments concentrés chez la Chèvre au début de la lactation.

Reçu pour publication en septembre 1973.

SUMMARY

EFFECT OF ACETATE AND Na PROPIONATE ADDED TO THE DIET BEFORE AND AFTER KIDDING ON METABOLISM, PRODUCTION AND LIPID COMPOSITION OF GOAT MILK

18 *Alpine* goats assigned to three groups, receive one of these three diets from the 7th week prepartum to the 3rd week postpartum : Control diet (group T) composed of pasture hay and concentrates, « acetate » diet (group A) and « propionate » diet (group P) that are the same as the control diet but supplemented with 12 p. 100 sodium acetate and 8 p. 100 sodium propionate, respectively. From the 4th week of lactation, all the goats are fed on the control diet.

Adding acetate to the diet after parturition increases ketonemia, decreases glycemia and tends to maintain a high value of the blood concentration of non-esterified fatty acids (NEFA). Milk yield tends to be lower than those of the other groups, but the milk yield adjusted on last year's production and the fat percentage of group A are close to those of group T. Nevertheless, the percentage of C₁₈ fatty acids is higher and the percentage of C₈-C₁₅ acids lower than those of group T. Differences tend to disappear when acetate is not added longer to the diet.

Adding propionate seems to favor fat deposits just before parturition. Moreover, after parturition it decreases ketone body concentration, maintains a rather high glycemia and quickens a decrease of NEFA concentration. It tends to improve milk yield and decrease fat percentage.

The fatty acid composition of milk of group P is very close to that of group T. The effects of propionate diminish clearly when it is not added longer to the diet, although its effect on milk yield persists at the limit of signification ($P < 0.1$).

The effect of acetate and propionate before and after parturition on milk yield and composition can be explained by the metabolic profile which they give. The differences observed between effects of these two volatile fatty acids at the beginning and middle of lactation should be because the goats are in negative energy balance after parturition.

The advantage of adding propionic acid to diets of ruminants in high milk production about parturition time is noted.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANNISON E.-F., LINZELL J.-L., FAZAKERLEY S., NICHOLS B.-W., 1967. The oxydation and utilization of palmitate, stearate, oleate and acetate by the mammary gland of the fed goat in relation to their overall metabolism and the role of plasma phospholipids and neutral lipids in milk fat synthesis. *Biochem. J.*, **102**, 637-647.

- ARMSTRONG D.-G., BLAXTER K.-L., 1965. Effects of acetic and propionic acids on energy retention and milk secretion in goats. In *Energy metabolism* European Association for Animal Production — Publication n° 11 — éd. by BLAXTER K. L. Academic Press, p. 59.
- BAILE C.-A., MAYER J., 1970. Hypothalamic Centres : Feedbacks and receptor sites in the short term control of feed intake. In *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*, ed. by PHILLIPSON A. T. Oriel Press, p. 254.
- BICKERSTAFFE R., NOAKES D.-E., ANNISON E.-F., LINZELL J.-L., 1971. Cité par BICKERSTAFFE in *Lactation*, ed. by Falconer I. R., p. 328. Butterworths.
- BINES J.-A., 1971. Metabolic and physical control of food intake in ruminants. *Proc. Nutr. Soc.*, **30**, 116-122.
- BOWDEN D. M., 1971. Non esterified fatty acids and ketone bodies in blood as indicators of nutritional status in ruminants, a review. *Can. J. Anim. Sci.*, **51**, 1-13.
- COWIE A.-T., DUNCOMBE W.-G., FOLLEY S.-J., FRENCH T.-H., GLASCOCK R.-F., MASSART L., PEETERS G., POPJAK G., 1951. Synthesis of milk fat from acetic acid (CH₃¹⁴COOH) by the perfused isolated bovine udder. *Biochem. J.*, **49**, 610-615.
- CHALLIS J.-R.-G., LINZELL J.-L., 1971. The concentration of total unconjugated oestrogens in the plasma of pregnant goats. *J. Reprod. Fert.*, **26**, 401-404.
- 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 libres du sang chez la vache. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **7**, 131-143.
- EMERY R.-S., 1971. Unifying conclusions. *J. Dairy Sci.*, **54**, 979.
- FEHR P.-M., DISSET R., 1969. Peut-on alimenter rationnellement les chèvres ? *Revue de l'Élevage* 45^e n° spécial, 145-151.
- FEHR P.-M., SAUVANT D., DELAGE J., 1972. Effets isolés et combinés des acides acétique, propionique, laurique et stéarique sur la sécrétion lipidique de la mamelle de chèvre. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **12**, 289-306.
- FEHR P.-M., DELAGE J., 1973. Effet du niveau énergétique du régime sur l'utilisation par la mamelle de chèvre de l'acétate comme précurseur des acides gras du lait. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **276**, série D, 3449-3452.
- FLATT W.-P., MOE P.-W., MUNSON A.-W., COOPER T., 1967. Energy utilization by high producing dairy cow : II Summary of energy balance experiments with lactating Holstein cows. *E. A. A. P. 4th Symposium on Energy metabolism*. Joblonna near Warsaw.
- FOLCH J., LEES M., SLOANE STANLEY G.-H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497-509.
- FORBES J.-M., 1970. The voluntary food intake of pregnant and lactating ruminants, a review. *Brit. Vet. J.*, **126**, 1-10.
- FORBES J.-M., ROOK J.-A.-F., 1970. The effect of intravenous infusions of oestrogen on lactation in the goat. *J. Physiol.*, **207**, 79 P.
- FORBES J.-M., 1971. Physiological changes affecting voluntary food intake in ruminants. *Proc. Nutr. Soc.*, **30**, 135-142.
- GARDNER R.-W., 1969. Interactions of energy levels offered to Holstein cows prepartum and postpartum. I. Production responses and blood composition changes. *J. Dairy Sci.*, **52**, 1973-1984.
- GUESSOUS F., FEHR P.-M., 1970. (Résultats non publiés).
- HAGEDORN H.-C., JENSEN B.-N., 1923. Zur Mikrobestimmung des Blutzuckers mittels Ferricyanid. *Biochemische Z.*, **135**, 46-58.
- HARDWICK D.-C., LINZELL J.-L., MEPHAM T.-B., 1963. The metabolism of acetate and glucose by the isolated perfused udder. 2. The contribution of acetate and glucose to carbon dioxide and milk constituents. *Biochem. J.*, **88**, 213-220.
- HODEN A., JOURNET M., 1971. Le rationnement des vaches laitières au début de la lactation. *Bull. Techn. C. R. V. Z., Theix*, **5**, 5-28.
- HOLTER J.-B., JONES L.-A., COLOVOS N.-F., URBAN W.-E., 1972. Caloric value of acetate and propionate for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **55**, 1757-1762.
- JOURNET M., JARRIGE R., 1970. Facteurs physiologiques de la quantité d'aliment ingérée par les ruminants. *21^e réunion annuelle Fé. Europ. de Zoot.* Gödöllő, Budapest, 24-28, août 1970.
- JUDSON G.-J., LENG R. A., 1973. Studies on the control of gluconeogenesis in sheep : effect of propionate, casein and butyrate infusions. *Br. J. Nutr.*, **29**, 175-195.
- KRONFELD D.-S., 1970. Ketone body metabolism, its control and its implications in pregnancy toxæmia, acetonæmia and feeding standards. In *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*, ed. by PHILLIPSON A. T., Oriel Press, 566-583.
- LINZELL J.-L., 1968. The magnitude and mechanisms of the uptake of milk precursors by the mammary gland. *Proc. Nutr. Soc.*, **27**, 44-52.
- LINZELL J.-L., ANNISON E.-F., FARAKERLEY S., LENG R.-A., 1967. The incorporation of acetate, stearate and D (-) β hydroxy-butyrate into milk fat by the isolated perfused mammary gland of the goat. *Biochem. J.*, **104**, 34-42.

- MAC CULLOUGH M.-E., SISK L.-R., SMART W.-W.-G., 1969. Sodium acetate and sodium propionate as additives to all in one silage rations for milk production. *J. Dairy Sci.*, **52**, 1605-1608.
- MAC KENZIE R.-D., BLOHM T.-R., AUXIER E.-M., LUTHER A.-C., 1967. Rapid colorimetric micro-method for free fatty acids. *J. Lip. Res.*, **8**, 589-597.
- MOE P.-W., TYRRELL H.-F., FLATT W.-P., 1971. Energetics of body tissue mobilization. *J. Dairy Sci.*, **54**, 548-553.
- NOBLE R.-C., STEELE W., MOORE J.-H., 1969. The effects of dietary palmitic and stearic acids on milk fat composition in the cow. *J. Dairy Res.*, **36**, 375-380.
- ØRSKOV E.-R., FLATT W.-P., MOE P.-W., MUNSON A.-W., HEMKEN R.-W., KATZ I., 1969. The influence of ruminal infusion of volatile fatty acids on milk yield and composition and energy utilization by lactating cows. *Brit. J. Nutr.*, **23**, 443-453.
- PEDEN V.-H., 1964. Determination of individual serum ketone bodies with normal values in infants and children. *J. Lab. Clin. Med.*, **63**, 332-343.
- POPAK G., FRENCH T.-H., HUNTER C.-D., MARTIN A.-J.-P., 1951. Mode of formation of milk fatty acids from acetate in the goat. *Biochem. J.*, **48**, 612-618.
- REMOND B., TOULLEC R., JOURNET M., 1973. Évolution à la fin de la gestation et au début de la lactation des teneurs des différents constituants du sang, principalement des fractions lipidiques. Relations avec la sécrétion des matières grasses du lait. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, (sous presse).
- ROOK J.-A.-F., BALCH C.-C., 1961. The effect of intraruminal infusions of acetic, propionic and butyric acids on the yield and composition of the milk of the cow. *Brit. J. Nutr.*, **15**, 361-369.
- ROOK J.-A.-F., BALCH C.-C., JOHNSON V.-W., 1965. Further observations on the effects of intraruminal infusions of volatile fatty acids and of lactic acid on the yield and composition of the milk of cow. *Brit. J. Nutr.*, **19**, 93-99.
- ROSE GOTTLIEB, 1926. Méthodes officielles américaines d'analyse du lait. *Le Lait*, **6**, 54-74.
- SALWAY J.-G., 1969. The simultaneous determination of acetoacetate and glucose in capillary blood. *Clin. Chem. Acta*, **25**, 109-116.
- SAUVANT D., FEHR P.-M., DELAGE J., 1971. Étude des interactions des effets des acides acétiques et stéarique sur le rendement lipidique de la mamelle de la chèvre laitière. *X^e Congrès Intern. de Zootechnie*, Versailles, 17-23 juillet 1971.
- SCHULTZ L.-H., 1952. Treatment of ketosis with sodium propionate. *Cornell Vet.*, **42**, 148-152.
- SCHULTZ L.-H., 1958. Use of sodium propionate in the prevention of ketosis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **41**, 160-168.
- SCHULTZ L.-H., 1971. Management and nutritional aspects of ketosis. *J. Dairy Sci.*, **54**, 962-973.
- SCHWALM J.-W., WATERMAN R., SHOOK G.-E., SCHULTZ L.-H., 1972. Blood metabolite interrelationships and changes in mammary gland metabolism during subclinical ketosis. *J. Dairy Sci.*, **55**, 58-64.
- SENEL S.-H., OWEN F.-G., 1966. Relation of dietary acetate and lactate to dry matter intake and volatile fatty acid metabolism. *J. Dairy Sci.*, **49**, 1075-1079.
- SNEDECOR G.-W., 1956. *Statistical methods*. Iowa State College Press Amer.
- SOMOGYI M., 1945. Determination of blood sugar. *J. Biol. Chem.*, **160**, 69-73.
- STORRY J.-E., ROOK J.-A.-F., 1965 a. Effect in the cow of intraruminal infusions of volatile fatty acids and of lactic acid on the secretion of the component fatty acid of the milk fat and on the composition of blood. *Biochem. J.*, **96**, 210-217.
- STORRY J.-E., ROOK J.-A.-F., 1965 b. Effects of intravenous infusions of acetate, β -hydroxybutyrate, triglyceride and other metabolites on the composition of the milk fat and blood in cows. *Biochem. J.*, **97**, 879-886.
- STORRY J.-E., ROOK J.-A.-F., 1966. The relationship in the cow between milk fat secretion and ruminal volatile fatty acids. *Br. J. Nutr.*, **20**, 217-228.
- WILSON G.-F., DAVEY A.-W.-F., DOLBY R.-M., 1967. Milk composition as affected by intraruminal infusion of volatile fatty acids to cows on a restricted ration. *N. Z. J. Agric. Res.*, **10**, 215-225.