

## UTILISATION D'UN ALIMENT RICHE EN PRODUITS AMYLACÉS PAR LE VEAU PRÉRUMINANT DE POIDS ÉLEVÉ

I. — INFLUENCE SUR LES TENEURS EN ACIDES AMINÉS LIBRES  
DU SANG ET DU MUSCLE

P. PATUREAU-MIRAND, J. GRIZARD, J. PRUGNAUD et R. PION  
avec la collaboration technique de Françoise BARRE, G. BAYLE  
M. SALLAS, A. SELLE

*Laboratoire d'Étude du Métabolisme azoté,  
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I. N. R. A.,  
Theix, Saint Genès-Champagnelle, 63110 Beaumont*

### RÉSUMÉ

L'influence de la nature des sources d'énergie sur l'utilisation métabolique des acides aminés et le besoin en lysine du Veau préruminant de poids élevé (supérieur à 155 kg) est étudiée en comparant les teneurs en acides aminés libres du sang et du muscle après ingestion des aliments L ou G qui contiennent respectivement 18 p. 100 et 12 p. 100 de matières grasses et 10,5 et 30,5 p. 100 de produits amylacés. Trois régimes contenant 8,5 g, 10 g ou 12 g de lysine p. 100 g de matières azotées sont constitués à partir de chacun de ces 2 aliments et distribués successivement aux 5 animaux de chacun des lots L ou G. Le gain de poids moyen journalier est élevé (1,63 kg) et identique dans les 2 lots. L'urémie des veaux du lot G est inférieure d'environ 11 p. 100 à celle des animaux de l'autre lot. Les teneurs moyennes en la plupart des acides aminés libres ne sont pas différentes dans le sang des animaux des 2 lots. Cependant la pente de la droite qui décrit l'accumulation de la lysine libre dans le sang des veaux du lot G est inférieure de 42 p. 100 à celle obtenue avec les animaux de l'autre lot. Les teneurs en la plupart des acides aminés libres sont supérieures dans le muscle des veaux du lot G à celles du muscle des animaux du lot L. Il semblerait que la baisse des teneurs en urée et en lysine libre sanguines et l'augmentation des concentrations en la plupart des acides aminés musculaires associées à un accroissement de la rétention azotée, à la suite de l'ingestion d'un régime riche en produits amylacés, puissent s'expliquer par une protéinogénèse musculaire accrue sous l'influence d'une augmentation de la sécrétion d'insuline. Le besoin en lysine du veau lourd, proche de 1,15 g/kg<sup>0,75</sup>/j, ne semble pas modifié par la nature de l'aliment.

### INTRODUCTION

L'introduction de quantités importantes de produits amylacés dans les aliments d'allaitement pour veaux préruminants de poids élevé, s'accompagne d'une diminution de la digestibilité des matières azotées, de la lipogénèse et de la perte azotée

urinaire ainsi que d'une augmentation importante de la rétention azotée (VERMOREL *et al.*, 1973). L'influence de l'ingestion de produits amylacés sur la rétention azotée chez le veau lourd peut être rapprochée de celle de l'ingestion de glucose chez le jeune veau préruminant (MATHIEU et de TUGNY, 1965 ; LODGE et LISTER, 1973). Or chez le Rat à jeun, la consommation de glucose s'accompagne non seulement d'une amélioration du bilan azoté mais aussi d'une baisse des teneurs en acides aminés libres du plasma et d'une augmentation de la concentration musculaire en certains de ces composés (MUNRO, 1970).

Afin de préciser la liaison qui semble exister entre la rétention azotée et les teneurs en acides aminés libres du sang et du muscle, nous allons comparer les teneurs sanguines et musculaires en acides aminés libres de veaux de poids élevé recevant un aliment d'allaitement usuel à celles d'animaux nourris avec un aliment enrichi en produits amylacés introduits en remplacement d'une partie du lactose et des lipides. De plus, l'étude de ces concentrations sanguines et musculaires peut nous fournir des indications sur le mode d'action des produits amylacés sur la rétention azotée. Enfin, par l'examen de la courbe d'accumulation de la lysine libre dans le sang et le muscle après ingestion de quantités variables de cet acide aminé, nous tenterons de préciser le besoin en lysine (PATUREAU-MIRAND, PRUGNAUD et PION, 1973 *a*) en fonction de la nature de l'apport énergétique, chez le veau lourd.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. — Animaux

L'expérience est conduite avec 10 veaux mâles de race française frisonne pie noire répartis en 2 lots L et G de 5 animaux âgés de 15 semaines, d'un poids moyen de 156 kg et ayant eu une vitesse de croissance de 1,55 kg par jour pendant les 14 jours précédant le début de l'expérience. Les veaux sont logés en cases individuelles, sur copeaux dans un local à température constante (19°C) et hygrométrie voisine de 65 p. 100.

### 2. — Aliments de base, régimes expérimentaux et plan de rationnement

Les 2 aliments de base L et G diffèrent principalement par leurs teneurs en lipides et produits amylacés <sup>(1)</sup> qui sont respectivement de 18 et 10,5 p. 100 dans l'aliment L et 12 et 30,5 p. 100 dans l'aliment G. Ainsi, respectivement 34 p. 100 et 28 p. 100 de l'énergie brute des lipides et du lactose de l'aliment L sont en partie (94 p. 100) remplacés par des produits amylacés dans l'aliment G. Les matières azotées des 2 aliments sont apportées par de la poudre de lait écrémé spray supplémentée en DL-méthionine (tabl. 1). A partir de chacun des 2 aliments L et G, 3 régimes expérimentaux (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> et L<sub>3</sub> ou G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> et G<sub>3</sub>) contenant 8,5 g, 10 g ou 12 g de lysine p. 100 g de matières azotées, sont constitués au laboratoire par supplémentation des aliments de base par de la L-lysine HCl. Le plan de rationnement (tabl. 2) est établi de telle sorte que les mêmes quantités de matières azotées (16,4 g/kg<sup>0,75</sup>/jour) et d'énergie métabolisable (315 kcal/kg<sup>0,75</sup>/jour) estimée d'après les résultats de VERMOREL *et al.* (1973), soient distribuées aux animaux des 2 lots. Selon ces auteurs, le rendement de l'énergie brute en énergie métabolisable est de 90,5 p. 100 avec un aliment voisin de l'aliment L et de 85 p. 100 avec un aliment analogue à l'aliment G. L'aliment distribué tous les jours à 8 heures et à 17 heures, est reconstitué par dilution dans l'eau à 40°C de la poudre des aliments L et G aux concentrations respectives de 180 et 203 g par litre d'aliment de sorte que la même quantité d'aliment reconstitué est distribuée aux animaux des 2 lots (192 g/kg<sup>0,75</sup>/repas).

<sup>(1)</sup> 22 p. 100 d'amidon de maïs natif et 78 p. 100 produits variés de l'hydrolyse de l'amidon jusqu'au stade du maltose.

TABLEAU I

Composition des aliments  
(p. 100 g de poudre)

| Aliments  | L    | G    |
|---|------|------|
| Poudre de lait écrémé Spray .....                   | 62,2 | 56,0 |
| Suif .....  | 16,8 | 11,2 |
| Saccharoglycérides.....                             | 1,0  | 0,7  |
| Lactose .....                                       | 8,0  | 0    |
| Produits amylacés (1) .....                         | 10,5 | 30,5 |
| BHT.....  | 0,02 | 0,01 |
| DL-méthionine .....                                 | 0,14 | 0,13 |
| Mélange minéral et vitaminique (2) .....            | —    | —    |
| Teneur en énergie brute (kcal)<br>(valeur calculée) | 495  | 465  |
| Teneur en matières azotées (g)<br>(N × 6,25)        | 23,2 | 21,0 |

(1) Fournis par les Ets. Roquette Frères, 17, boulevard Vauban, 59002 Lille Cedex.

(2) Pour 100 kg d'aliment, le mélange minéral et vitaminique apporte :

|   |              |
|---|--------------|
| Chlorure de Magnésium : $MgCl_2, 6H_2O$ ..... | 400 g        |
| Oxyde de zinc : ZnO .....                     | 5 g          |
| Chlorure de Cobalt : $CoCl_2$ .....           | 0,06 g       |
| Sulfate de Manganèse : $MnSO_4, 4H_2O$ .....  | 5 g          |
| Iodure de potassium : K I .....               | 0,8 g        |
| Sulfate de cuivre : $CuSO_4, 5H_2O$ .....     | 2,0 g        |
| Sulfate ferreux : $FeSO_4, 7H_2O$ .....       | 5,0 g        |
| Vitamine A .....                              | 1 200 000 UI |
| Vitamine D <sub>3</sub> .....                 | 600 000 UI   |
| Vitamine E .....                              | 10 g         |
| Vitamine K .....                              | 200 mg       |
| Vitamine B <sub>1</sub> .....                 | 640 mg       |
| Vitamine B <sub>2</sub> .....                 | 300 mg       |
| Vitamine B <sub>6</sub> .....                 | 720 mg       |
| Vitamine B <sub>12</sub> .....                | 5 mg         |
| Acide pantothénique .....                     | 220 mg       |
| Acide nicotinique .....                       | 220 mg       |
| Acide paraminobenzoïque .....                 | 990 mg       |
| Acide folique .....                           | 100 mg       |
| Biotine .....                                 | 75 mg        |
| Choline .....                                 | 180 g        |
| Vitamine C .....                              | 10 g         |
| Furaxone à 10 p. 100 de furazolidone .....    | 50 g         |
| Chlortétracycline .....                       | 6 g          |

En outre, les animaux des 2 lots peuvent s'abreuver en dehors des repas à l'exception de la matinée précédant les prélèvements de sang.

L'expérience est divisée en 6 périodes de 7 jours. Au cours des 3 premières périodes, les veaux des lots L ou G reçoivent successivement et respectivement les régimes L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> ou G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub> puis les régimes L<sub>2</sub>, L<sub>1</sub>, L<sub>3</sub> ou G<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>3</sub>, pendant les 3 dernières périodes (tabl. 2). Deux puis trois veaux de chaque lot sont respectivement abattus à la fin de la cinquième et de la sixième période, 3 heures après le repas du matin.

TABLEAU 2

*Plan de rationnement*

| Aliment de base  | L              |                |                | G              |                |                |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Quantité d'aliment distribuée<br>(g de poudre/kg <sup>0,75</sup> /j)     | 70             |                |                | 78             |                |                |
| Concentration de l'aliment<br>reconstitué (g de poudre/l)                | 180            |                |                | 203            |                |                |
| Numéro des régimes<br>expérimentaux                                      | L <sub>1</sub> | L <sub>2</sub> | L <sub>3</sub> | G <sub>1</sub> | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> |
| Teneur en lysine<br>(g p. 100 g de matières azotées)                     | 8,5            | 10             | 12             | 8,5            | 10             | 12             |
| Périodes pendant lesquelles<br>sont distribués<br>les différents régimes | 1 et 5         | 2 et 4         | 3 et 6         | 1 et 5         | 2 et 4         | 3 et 6         |

3 — *Prélèvements et mesures*

Des prélèvements de sang jugulaire sont effectués 4 et 5 heures après le repas du matin, le dernier jour des 5 premières périodes et l'avant-dernier jour de la sixième période. Un échantillon individuel du sang prélevé 4 heures après le repas du matin est recueilli dans l'acide trichloracétique 2,5 p. 100 pour la détermination de l'urémie de chaque veau. Un échantillon moyen pour le dosage des acides aminés libres est constitué par le mélange en quantités égales du sang prélevé 4 et 5 heures après le repas sur les 5 veaux d'un même lot dans l'alcool 95° froid additionné de 2 p. 100 de thiodiglycol. Le muscle pectoral profond est prélevé à l'abattage dans les 15 minutes qui suivent la saignée de l'animal et congelé dans l'azote liquide. Les échantillons destinés à la mesure de l'urémie sont conservés à + 4°C, ceux destinés à la détermination des teneurs en acides aminés libres du sang ou du muscle sont gardés à - 15°C.

La consommation est enregistrée à chaque repas par mesure de la quantité d'aliment offerte et refusée. Le poids vif des animaux est mesuré au début de chaque période, le matin à jeun, de façon à pouvoir calculer le plan de rationnement pour la période à venir et le gain de poids vif pendant la période écoulée. L'hématocrite est mesuré sur les échantillons de sang jugulaire prélevés 4 heures après le repas du matin et recueillis dans des microtubes puis centrifugés à 18 000 g pendant 2 mn. Les méthodes de dosage de l'urée sanguine et des acides aminés libres sanguins et musculaires ont déjà été décrites (PATUREAU-MIRAND, PRUGNAUD et PION, 1973 b). Diverses mesures ont été effectuées à l'abattage afin de pouvoir déterminer le poids vif vide, le poids des dépôts adipeux mésentériques, péritonéaux et périrénaux.

Les méthodes statistiques utilisées pour comparer des droites de régression ou pour effectuer des analyses de covariance sont celles décrites par SNEDECOR et COCHRAN (1971).

## RÉSULTATS

## I. — Consommation, croissance et observations à l'abattage (tabl. 3)

La quantité d'aliment ingérée par les veaux du lot G : 3 653 g par jour (72,5 g/kg<sup>0,75</sup>/j) est supérieure à celle ingérée par les veaux du lot L : 3 147 g par jour (62,8 g/kg<sup>0,75</sup>/j). Cependant les quantités de matières azotées et d'énergie métabolisable ingérées ne sont pas significativement différentes. Le gain de poids vif journalier des veaux mesuré sur l'ensemble des 5 premières périodes est le même pour les animaux des 2 lots et relativement élevé : 1,63 kg par jour. Les supplémentations en lysine n'ont pas d'influence significative sur le niveau de consommation et la vitesse de croissance des veaux. A l'abattage, le poids vif vide comme le poids de carcasse ne sont pas significativement différents chez les veaux des 2 lots. Cependant l'état d'engraissement, apprécié par le pourcentage que représentent les dépôts adipeux périrénaux, péritonéaux et mésentériques dans la carcasse, est plus important chez les veaux du lot L, que chez ceux du lot G.

TABLEAU 3

Niveau de consommation et croissance des veaux  
(Moyenne et écart-type Sx)

| Aliment  | L           | G           | Degré de signification |
|--|-------------|-------------|------------------------|
| Nombre d'animaux .....   | 5           | 5           |                        |
| Matière sèche ingérée (kg/j) .....   | 3,02 (0,17) | 3,50 (0,35) | P < 0,05               |
| g/kg <sup>0,75</sup> /j .....  | 60,2 (3,8)  | 69,5 (3,7)  | P < 0,05               |
| Énergie métabolisable ingérée<br>(kcal/kg <sup>0,75</sup> /j) <sup>(1)</sup> ..... | 283 (18)    | 290 (16)    | NS                     |
| Matières azotées ingérées<br>(g/kg <sup>0,75</sup> /j) <sup>(2)</sup> .....        | 14,6 (0,9)  | 15,2 (0,8)  | NS                     |
| Gain de poids vif journalier (kg) .....  | 1,63 (0,16) | 1,63 (0,24) | NS                     |
| Poids vif vide à l'abattage (kg) .....   | 210 (16)    | 215 (33,6)  | NS                     |
| Poids de carcasse (kg) .....   | 138 (12)    | 142 (27)    | NS                     |
| Poids des dépôts adipeux <sup>(3)</sup> (p. 100 du poids<br>de carcasse) .....     | 5,71 (1,46) | 4,66 (0,63) | NS <sup>(4)</sup>      |

( ) Écart-type Sx.

<sup>(1)</sup> Calculée d'après la composition des aliments et les données de VERMOREL *et al.* (1973).

<sup>(2)</sup> N × 6,25.

<sup>(3)</sup> Dépôts adipeux périrénaux, péritonéaux et mésentériques.

<sup>(4)</sup> P < 0,08 si on élimine 1 veau dans chaque lot, très différent des autres animaux du même lot ; les valeurs moyennes et écart-types sont alors : 6,17 (1,2) et 4,5 (0,6) respectivement pour les lots L et G.

## 2. — Paramètres sanguins

L'hématocrite, peu variable et proche de 25 p. 100, indique que l'état d'anémie n'a jamais été excessif.

## Urémie (tabl. 4).

Les valeurs de l'urémie sont significativement plus élevées dans le sang des veaux qui ingèrent l'aliment L. Dans ce calcul, nous excluons les résultats observés chez un des veaux du lot G dont les reins présentent une décoloration anormale et

TABLEAU 4

Influence de l'aliment sur l'urémie et l'acidoaminémie<sup>(1)</sup>  
(mg p. 100 g de sang)

| Aliment  | L            | G                         | Degré de signification |
|--|--------------|---------------------------|------------------------|
| Nombre d'échantillons .....  | 25           | 25                        |                        |
| Quantité de matières azotées ingérées<br>(g/kg <sup>0,75/j</sup> ) .....                 | 14,6 (0,9)   | 15,2 (0,8)                | NS                     |
| Urée .....   | 24,2 (2,7)   | 21,5 <sup>(2)</sup> (1,8) | P < 0,01               |
| Aminoacidémie  |              |                           |                        |
| Nombre d'échantillons .....  | 5            | 5                         |                        |
| Nombre d'animaux par échantillon ..  | 5            | 5                         |                        |
| A. aspartique .....  | 0,49 (0,08)  | 0,43 (0,04)               | NS                     |
| THRÉONINE .....  | 1,49 (0,22)  | 1,40 (0,13)               | NS                     |
| Sérine .....   | 1,31 (0,12)  | 1,31 (0,16)               | NS                     |
| Glutamine (+ asparagine) .....   | 2,08 (0,34)  | 2,16 (0,5)                | NS                     |
| A. glutamique .....  | 2,19 (0,37)  | 2,12 (0,19)               | NS                     |
| Proline .....  | 2,57 (0,42)  | 2,53 (0,25)               | NS                     |
| Citrulline .....   | 1,33 (0,15)  | 1,58 (0,19)               | P < 0,05               |
| Glycine .....  | 3,01 (0,23)  | 2,99 (0,11)               | NS                     |
| Alanine .....  | 1,94 (0,3)   | 1,95 (0,54)               | NS                     |
| VALINE .....   | 2,86 (0,15)  | 2,92 (0,17)               | NS                     |
| MÉTHIONINE .....   | 1,48 (0,26)  | 2,08 (0,27)               | P < 0,01               |
| ISOLEUCINE .....   | 1,39 (0,11)  | 1,33 (0,14)               | NS                     |
| LEUCINE .....  | 2,31 (0,15)  | 2,24 (0,27)               | NS                     |
| TYROSINE .....   | 1,28 (0,2)   | 1,51 (0,27)               | NS                     |
| PHÉNYLALANINE .....  | 0,85 (0,16)  | 0,92 (0,19)               | NS                     |
| Ornithine .....  | 0,79 (0,16)  | 0,76 (0,15)               | NS                     |
| HISTIDINE .....  | 1,84 (0,36)  | 1,87 (0,27)               | NS                     |
| ARGININE .....   | 0,89 (0,16)  | 1,00 (0,27)               | NS                     |
| Somme des teneurs en acides aminés<br>indispensables et en tyrosine <sup>(3)</sup> ..... | 17,76 (1,83) | 18,10 (1,80)              | NS                     |
| Somme des teneurs en acides aminés<br>non-indispensables .....                           | 15,69 (1,62) | 15,83 (1,33)              | NS                     |

( ) Écart-type Sx.

<sup>(1)</sup> Moyennes calculées à partir des teneurs observées à la fin de chacune des 5 premières périodes.

<sup>(2)</sup> La valeur moyenne et l'écart-type Sx de cette urémie ont été calculés à partir des 20 résultats obtenus sur 4 animaux.

<sup>(3)</sup> Sauf la lysine et le tryptophane.

sans doute une insuffisance fonctionnelle car l'urémie de cet animal (29,6 mg p. 100 g de sang) est significativement supérieure ( $P < 0,01$ ) à celle des autres veaux du même lot.

#### Aminoacidémie (tabl. 4).

Les teneurs moyennes en thréonine, valine, isoleucine, leucine, tyrosine, phénylalanine, histidine et arginine ne sont pas significativement différentes dans le sang des veaux des lots L et G. Après ajustement linéaire des teneurs moyennes en ces acides aminés pour les niveaux d'ingestion journalière de l'acide aminé considéré et de lysine, une analyse de covariance ne permet pas non plus de mettre en évidence des différences significatives ; cela indique que les suppléments en lysine n'ont pas eu d'influence sur les concentrations sanguines de ces acides aminés indispensables. Les teneurs sanguines en méthionine libre sont significativement plus importantes dans le sang des veaux nourris avec l'aliment G. A l'exception des teneurs en citrulline qui sont significativement plus élevées dans le sang des veaux du lot G que dans celui des veaux du lot L, les teneurs sanguines en acides aminés libres non indispensables ne sont pas significativement différentes chez les animaux des 2 lots.

#### Lysinémie (fig. 1).

Les teneurs en lysine libre du sang augmentent linéairement en fonction de la quantité de lysine ingérée par jour et par unité de poids métabolique ( $P^{0,75}$ ). La pente de la droite qui décrit l'accumulation de la lysine libre dans le sang des veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés (3,762) est significativement inférieure ( $P < 0,025$ ) à celle observée chez les veaux nourris avec l'aliment riche en lipides (6,515).

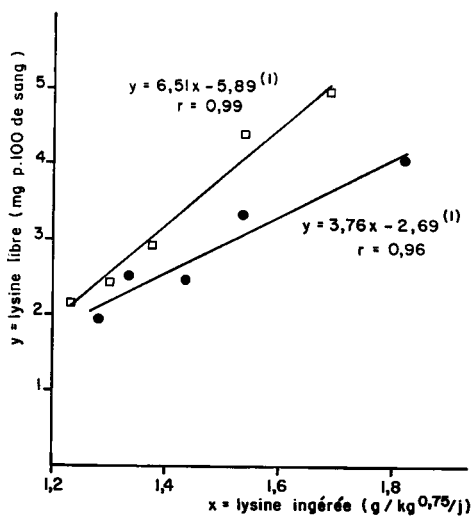


FIG. 1. — Évolution de la teneur sanguine en lysine libre en fonction de la quantité ingérée et de la nature de l'aliment

□ Aliment L      ● Aliment G

(1) Les pentes ainsi que les ordonnées à l'origine sont significativement différentes ( $P < 0,025$ )

3. — *Teneurs en acides aminés libres du muscle (tabl. 5)*

Dans le muscle des veaux qui reçoivent le régime le plus riche en lysine, quel que soit l'aliment de base, les teneurs en glutamine (+ asparagine), valine, tyrosine, phénylalanine, lysine et carnosine sont les plus élevées, alors que les concentrations en acide glutamique, alanine, histidine et arginine sont les plus faibles.

Dans le muscle des veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés, l'augmentation des teneurs en lysine libre en fonction de la quantité de lysine ingérée paraît la plus forte. De plus, les teneurs en glutamine (+ asparagine) + acide glutamique, proline, valine, méthionine, histidine, ansérine, carnosine et arginine y sont plus élevées et celles en glycine et alanine légèrement plus faibles que dans le muscle des veaux du lot L.

TABLEAU 5

*Teneurs en acides aminés libres du muscle*  
(mg p. 100 g de muscle)

| Aliment  | L              |                | G              |                |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | L <sub>1</sub> | L <sub>3</sub> | G <sub>1</sub> | G <sub>3</sub> |
| Nombre d'animaux . . . . .   | 2              | 3              | 2              | 3              |
| Matières azotées ingérées (g/j) .  | 763            | 814            | 813            | 783            |
| Lysine ingérée (g/j) . . . . .   | 64,9           | 94,5           | 69,2           | 90,9           |
| A. aspartique . . . . .  | 2,52           | 2,55           | 1,96           | 2,56           |
| THRÉONINE . . . . .  | 2,44           | 2,51           | 2,01           | 2,81           |
| Sérine . . . . .   | 3,11           | 2,72           | 1,89           | 2,84           |
| Glutamine (+ asparagine) . . .   | 31,6           | 38,0           | 31,6           | 45,6           |
| A. glutamique . . . . .  | 21,8           | 18,1           | 28,3           | 17,6           |
| Proline . . . . .  | 3,96           | 3,93           | 4,29           | 6,32           |
| Glycine . . . . .  | 4,65           | 4,01           | 3,21           | 3,95           |
| Alanine . . . . .  | 20,7           | 18,2           | 16,5           | 14,3           |
| VALINE . . . . .   | 3,28           | 3,52           | 3,81           | 4,11           |
| MÉTHIONINE . . . . .   | 2,07           | 2,09           | 2,59           | 2,92           |
| ISOLEUCINE . . . . .   | 1,10           | 1,38           | 1,24           | 1,16           |
| LEUCINE . . . . .  | 1,91           | 2,47           | 2,06           | 2,03           |
| TYROSINE . . . . .   | 1,36           | 1,71           | 1,36           | 1,90           |
| PHÉNYLALANINE . . . . .  | 0,61           | 0,79           | 0,61           | 0,76           |
| Ornithine . . . . .  | 1,31           | 1,02           | 1,53           | 1,44           |
| LYSINE . . . . .   | 2,22           | 3,54           | 2,60           | 4,21           |
| HISTIDINE . . . . .  | 1,85           | 1,51           | 2,06           | 1,76           |
| Ansérine . . . . .   | 24,8           | 21,1           | 28,5           | 43,7           |
| Carnosine . . . . .  | 111,0          | 114,2          | 94,2           | 196,2          |
| ARGININE . . . . .   | 2,16           | 0,97           | 2,18           | 1,37           |
| Somme des teneurs en acides<br>aminés indispensables et en<br>tyrosine (1) . . . . . | 16,8           | 17,0           | 17,9           | 18,8           |
| Somme des teneurs en acides<br>aminés non indispensables .                           | 89,7           | 88,5           | 89,3           | 94,7           |

(1) Sauf la lysine et le tryptophane.



4. — *Comparaison des teneurs sanguines et musculaires en acides aminés libres au cours de la sixième période (fig. 2)*

Les teneurs en thréonine, sérine, glutamine, valine, tyrosine, ornithine, lysine, histidine et arginine sont plus élevées dans le muscle des animaux qui ingèrent le régime G<sub>3</sub> que dans celui des veaux nourris avec le régime L<sub>3</sub> alors qu'elles sont supérieures dans le sang de ces derniers à celles trouvées dans le sang des veaux qui consomment le régime G<sub>3</sub>.

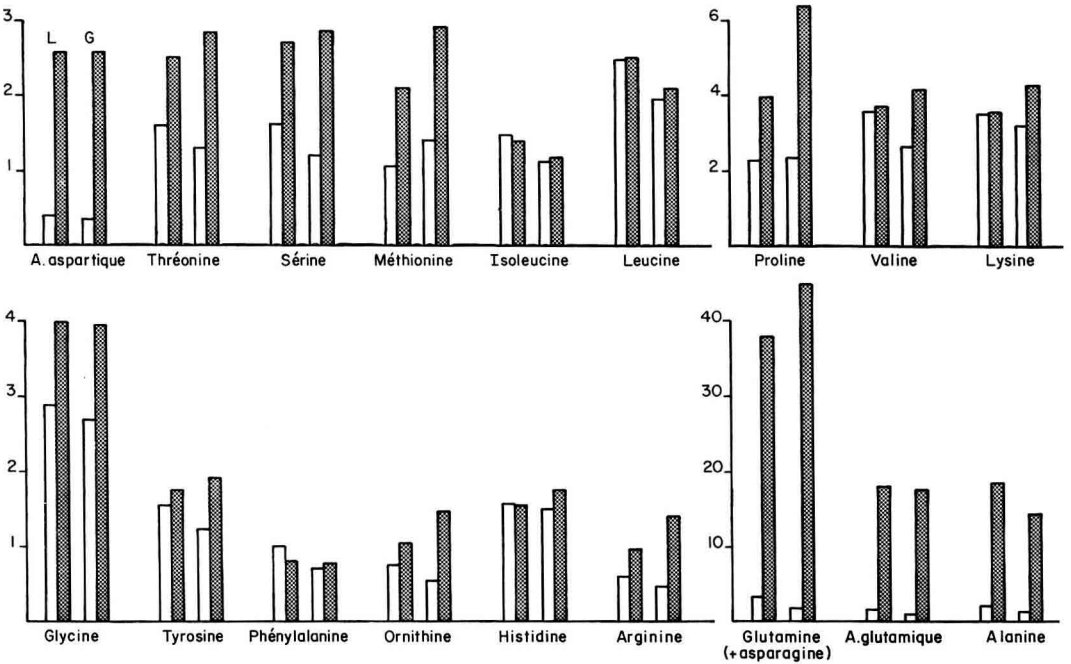


FIG. 2. — *Comparaison des teneurs sanguines (blanc) et musculaires (gris) en acides aminés libres des veaux nourris avec les aliments L ou G (mg p. 100 g de tissu)*

## DISCUSSION

### 1. — *Consommation, croissance et résultats d'abattage*

Le niveau de consommation et la vitesse de croissance observés indiquent que les animaux sont placés dans de bonnes conditions pour permettre à leur potentiel de croissance de se manifester pleinement. Le remplacement d'une fraction des matières grasses et du lactose par des produits amylacés n'a pas d'influence sur la vitesse de croissance, mais permet d'obtenir des carcasses plutôt moins grasses. Ce résultat est identique à celui rapporté par TOULLEC, THIVEND et MATHIEU (1974) pour des veaux de même race et même sexe dans une étude sur l'utilisation des

produits amylacés pour la production de veaux à l'engrais de poids élevé. L'influence des suppléments en lysine sur la vitesse de croissance et le niveau de consommation, si elle existe, ne peut probablement pas être mise en évidence car les périodes expérimentales sont trop brèves.

## 2. — *Urémie*

L'urémie des veaux du lot G est inférieure à celle des animaux du lot L, soit parce que le catabolisme de leurs acides aminés est plus faible soit parce qu'une plus grande quantité de l'azote provenant de l'urée sanguine est excrétée dans les fèces. En effet, l'introduction d'importantes quantités de produits amylacés dans les aliments d'allaitement s'accompagne d'une diminution de la digestibilité apparente des matières azotées (VERMOREL *et al.*, 1973). Cela est sans doute la conséquence d'un accroissement, dans la partie terminale de l'intestin, de populations microbiennes qui utilisent l'azote de l'urée sanguine excrétée dans l'intestin pour la synthèse de leurs protéines et dont le développement est favorisé par la présence d'amidon dans l'aliment (ASSAN, 1974). Ainsi une fraction de l'azote qui est excrété sous forme d'urée dans l'urine des veaux nourris avec des aliments traditionnels, le serait sous forme de protéines microbiennes dans les fèces des veaux recevant des aliments riches en produits amylacés. Ceci est en accord avec les résultats de VERMOREL *et al.* (1973) qui rapportent que chez les veaux préruminants de poids élevés nourris avec de tels aliments, l'excrétion azotée fécale est plus élevée que celle des animaux nourris avec des aliments traditionnels alors que l'excrétion azotée urinaire est plus faible. Cependant ce phénomène ne rend qu'imparfaitement compte de l'influence de l'ingestion de quantités importantes de produits amylacés sur les teneurs sanguines et musculaires en acides aminés libres et sur la rétention azotée. Aussi, la première hypothèse n'est-elle pas à exclure.

## 3. — *Acides aminés libres sanguins*

Parmi les teneurs sanguines en acides aminés indispensables, seules les concentrations en lysine libre sont significativement inférieures dans le sang des veaux du lot G à celles observées dans le sang des animaux de l'autre lot. Cela paraît indiquer que l'accumulation de la lysine libre dans le sang en fonction de l'apport est d'autant moins intense que la rétention azotée est plus forte puisque, selon VERMOREL *et al.* (1973) la rétention azotée serait plus importante chez les veaux qui ingèrent un aliment dont une fraction des lipides et du lactose a été remplacée par des produits amylacés. Ce résultat est à rapprocher des travaux de PATUREAU-MIRAND, PRUGNAUD et PION (1973 *b*) qui rapportent que l'accumulation de la méthionine libre est la moins intense dans le sang des veaux qui ont les vitesses de croissance les plus élevées (supérieures à 1,4 kg par jour) ou qui sont âgés de moins de 3 semaines et dont le coefficient d'utilisation pratique de l'azote est généralement élevé. Il semble donc qu'une variation de la rétention azotée puisse se manifester par une modification des concentrations sanguines en certains acides aminés libres mais qu'elle est plus facilement mise en évidence lorsque les acides aminés considérés sont peu catabolisés ou excrétés et apportés en excès. Ainsi les résultats rapportés sur la figure 1 indiquent que pour un apport de lysine inférieur à 1,3/kg<sup>0,75</sup>/j environ, l'effet de l'ingestion de

quantités importantes de produits amylacés sur l'utilisation métabolique de la lysine est difficile à mettre en évidence. De plus, il apparaît que la pente de la droite qui décrit l'accumulation d'un acide aminé dans le sang est un paramètre qui permet d'estimer l'efficacité de l'utilisation des acides aminés.

La pente de la droite qui décrit l'accumulation de la lysine libre dans le sang des veaux nourris avec l'aliment G et celle observée par PATUREAU-MIRAND, PRUGNAUD et PION (1973 *a*) chez des veaux pesant de 60 à 130 kg et recevant un aliment proche de l'aliment L, sont très voisines et non significativement différentes (3,762 et 3,563 mg de lysine pour 100 g de sang par g de lysine ingérée par jour et par unité de poids métabolique, respectivement). Cela indique que l'efficacité de l'utilisation métabolique des acides aminés est semblable chez ces 2 catégories d'animaux et complète les observations de VERMOREL *et al.* (1973) qui signalent que le coefficient d'utilisation pratique de l'azote mesuré chez des veaux de 185 kg recevant un régime riche en produits amylacés est très proche de celui mesuré chez des veaux de 145 kg qui ingèrent un aliment analogue à l'aliment L.

La différence entre les concentrations sanguines en méthionine libre correspond en grande partie à la différence entre les quantités de méthionine ingérée (0,46 et 0,49 g par jour et par unité de poids métabolique pour les animaux des lots L et G respectivement), compte tenu de la courbe d'accumulation de cet acide aminé dans le sang du veau préruminant rapportée par PATUREAU-MIRAND, PRUGNAUD et PION (1973 *b*).

Les teneurs en citrulline et en urée qui sont respectivement supérieures et inférieures dans le sang des veaux du lot G à celles du sang des animaux du lot L pourraient indiquer que les enzymes de la synthèse et/ou du catabolisme de l'arginine sont moins actives chez les veaux qui consomment l'aliment G.

#### 4. — Acides aminés libres musculaires

La baisse des teneurs en acides aminés basiques (histidine et arginine) dans le muscle des animaux des 2 lots lorsqu'augmente la quantité de lysine ingérée permet de supposer que leur pénétration dans le muscle est ralentie et/ou leur utilisation métabolique accrue par l'excès de lysine. Les teneurs en thréonine, sérine, glutamine, valine, tyrosine, ornithine, lysine, histidine et arginine du muscle des veaux du lot G qui sont supérieures à celles des veaux du lot L, alors que leurs concentrations dans le sang sont inférieures (fig. 2) semblent indiquer que ces acides aminés sont prélevés dans le sang par le muscle plus intensément chez les veaux du lot G que chez ceux du lot L.

L'ingestion d'une quantité importante de produits amylacés par le Veau préruminant de poids élevé qui s'accompagne d'une baisse de l'urémie, des teneurs sanguines en 9 acides aminés associée à une augmentation des concentrations musculaires en ces composés et de la rétention azotée (VERMOREL *et al.*, 1973), favorise la protéinogénèse. Ces phénomènes peuvent être liés à l'augmentation de la sécrétion d'insuline puisque l'insulinémie post-prandiale des veaux du lot G est 2 fois plus élevée que celle des animaux du lot L (GRIZARD, PATUREAU-MIRAND et PION, 1976) et que cette hormone facilite la pénétration des acides aminés libres du sang dans le muscle et accroît la protéosynthèse musculaire (MANCHESTER, 1970).

5. — *Influence de la nature de l'aliment sur le besoin en lysine du veau lourd*

Il semble que, quel que soit l'aliment et le régime, l'apport de lysine alimentaire a été excessif puisque la lysine s'accumule de façon linéaire dans le sang des animaux des 2 lots (fig. 1). Le besoin en lysine qui est défini par l'apport pour lequel la pente de la courbe d'évolution de la lysine libre augmente brusquement (PATUREAU-MIRAND, PRUGNAUD et PION, 1973 a), serait donc inférieur à  $1,25 \text{ g/kg}^{0,75}/\text{j}$ . La convergence des 2 droites qui décrivent l'accumulation de la lysine libre dans le sang indique que la teneur sanguine en ce composé tend vers une valeur proche de  $1,68 \text{ mg p. } 100 \text{ g}$  de sang, indépendante de la nature de l'aliment, lorsque la quantité de lysine ingérée est de  $1,16 \text{ g/kg}^{0,75}/\text{j}$ . Cette concentration qui est faible chez le Veau préruminant, pourrait être voisine de la concentration minimale et peu variable observée lorsque l'ingestion de lysine est inférieure au besoin. En effet, PATUREAU-MIRAND et TOULLEC (travaux en cours) observent que la teneur en lysine libre du sang de veaux d'un poids compris entre 140 et 180 kg recevant un aliment ne contenant que 17 p. 100. de protéines est de  $1,58 \text{ mg p. } 100 \text{ g}$  de sang lorsque la quantité de lysine ingérée est de  $1,09 \text{ g/kg}^{0,75}$ . Dans ces conditions le besoin en lysine du Veau préruminant de poids élevé serait compris entre 1,15 et  $1,25 \text{ g/kg}^{0,75}/\text{j}$  et inférieur à celui du Veau préruminant d'un poids variant entre 50 et 130 kg qui est de  $1,3 \text{ g/kg}^{0,75}/\text{j}$  (PATUREAU-MIRAND, PRUGNAUD et PION, 1973 a). A partir des résultats de cette expérience, il ne semble pas possible de mettre en évidence une différence de besoin en lysine selon la nature de l'aliment. Cela peut tenir au fait que le besoin en lysine n'est pas déterminé avec suffisamment de précision ou que ce besoin n'est que très peu différent. Il est en effet possible que l'augmentation de la rétention azotée consécutive à l'ingestion de l'aliment riche en produits amylacés ne se traduise pas par un accroissement du besoin en lysine dans la mesure où le catabolisme de cet acide aminé est alors réduit.

## CONCLUSION

La comparaison des teneurs en acides aminés libres du sang et du muscle des veaux de poids élevé recevant un aliment traditionnel ou enrichi en produits amylacés a permis de mettre en évidence l'influence d'une modification de la rétention azotée sur ces paramètres, notamment sur la pente de la droite qui décrit l'accumulation de la lysine libre dans le sang après ingestion d'un excès de ce composé. Le besoin en lysine du Veau préruminant de poids élevé déterminé par l'étude de cette droite d'accumulation semble légèrement inférieur à celui du Veau plus jeune et proche de  $1,15 \text{ g/kg}^{0,75}/\text{j}$ ; il paraît peu modifié par la nature de l'aliment.

*Reçu pour publication en octobre 1975.*

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M. P. THIVEND de nous avoir procuré les produits amylacés de l'aliment G et de l'intérêt qu'il a porté à ce travail.

## SUMMARY

## STARCHY PRODUCTS IN MILK REPLACERS.

## I. — INFLUENCE ON BLOOD AND MUSCLE FREE AMINO ACIDS OF THE PRERUMINANT CALF

Ten *Friesian* calves are assigned to 2 groups L and G on the basis of initial average weight (156 kg) and growth rate (1.55 kg per day). They are fed either milk replacer L (10.5 p. 100 starchy products, 18.0 p. 100 fat) or milk replacer G (30.5 p. 100 starchy products, 12.0 p. 100 fat). Diets L and G contain respectively 23.2 p. 100 and 21.0 p. 100 milk protein supplemented by DL-methionine (table 1). The two milk replacers are supplemented by graded levels of L-lysine, HCl to constitute 6 diets : L<sub>1</sub>, G<sub>1</sub> (8.5 g lysine p. 16 gN), L<sub>2</sub>, G<sub>2</sub> (10 g lysine p. 16 gN), L<sub>3</sub>, G<sub>3</sub> (12 g lysine p. 16 gN). The 3 diets made of the same milk replacer are successively fed to the calves of the corresponding group during 2 one-week periods as described in table 2. Urea and free amino acids are determined in jugular blood samples taken 4 and 5 hours after the morning meal on the last day of each period. Muscle free amino acids are estimated in *pectoralis profundus* taken after slaughter at the end of the 5th period on 2 calves fed diets L<sub>1</sub> or G<sub>1</sub> and at the end of the 6th period on the other calves.

Neither the amounts of protein and metabolizable energy ingested by the calves of the groups L and G nor their growth rates (1.63 kg/per day) are significantly different. Perirenal, peritoneal and mesenteric fat percentages are slightly higher in the calves fed milk replacer L than in the calves fed milk replacer G (table 3). Urea blood levels are higher in calves fed milk replacer L than in calves fed milk replacer G. Blood essential free amino acids (except methionine and lysine) of calves fed the 2 milk replacers are not significantly different (table 4). Blood lysine plotted against ingested lysine increases slower in the calves fed the high starch milk replacer (G) than in the others (fig. 1). Contrasting with blood free amino acids, free lysine, valine, methionine, tyrosine, histidine and arginine levels are higher in muscle of the calves fed milk replacer G than in that of the calves fed milk replacer L (table 5).

These facts, as well as the high nitrogen retention of heavy preruminant calves fed milk replacers containing starchy products, may result from an increase of amino acid uptake by muscle and of protein synthesis by insulin action. It may be inferred from blood free lysine accumulation that the lysine requirement of the heavy (more than 150 kg) and fast growing (more than 1.5 kg per day) preruminant calf is about 1.15 g/kg<sup>0.75</sup>/d ; it does not seem to be affected by the substitution of large amounts of starchy products for fat and lactose in milk replacers.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASSAN B. E., 1974. *Contribution à l'étude de la digestion intestinale de l'amidon chez le Veau préruminant.* Thèse. Clermont-Ferrand.
- GRIZARD J., PATUREAU-MIRAND P., PION R., 1976. Utilisation d'un régime riche en produits amyliacés par le Veau préruminant de poids élevé. II. Influence sur l'insulinémie postprandiale. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **16**, 593-601.
- LODGE G. A., LISTER E. E., 1973. Effect of increasing the energy value of a whole milk diet for calves. I. Nutrient digestibility and nitrogen retention. *Can. J. Anim. Sci.*, **53**, 307-316.
- MANCHESTER K. L., 1970. Insulin and protein synthesis. In : LITWACK G., 1970. *Biochemical actions of hormones*, **1**, 267-320. Academic Press, N. Y.
- MATHIEU C. M., de TUGNY H., 1965. Digestion et utilisation des aliments par le veau préruminant à l'engrais. II. Remplacement des matières grasses du lait par du glucose. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **5**, 21-39.
- MUNRO H. N., 1970. Free amino acid pools and their role in regulation. In : MUNRO H. N., *Mammalian Protein Metabolism*, **4**, 299-386. Academic Press, N. Y.
- PATUREAU-MIRAND P., PRUGNAUD J., PION R., 1973 a. Influence de la supplémentation en lysine d'un aliment d'allaitement sur la teneur en lysine libre du sang et du muscle du Veau préruminant. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **13**, 683-689.

- PATUREAU-MIRAND P., PRUGNAUD J., PION R., 1973 *b*. Influence de la supplémentation en acides aminés soufrés d'un aliment d'allaitement sur l'aminocidémie. Estimation du besoin en méthionine du Veau préruminant. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **13**, 225-246.
- TOULLEC R., THIVEND P., MATHIEU C. M., 1974. Production de veaux à l'engrais de poids élevé : influence de la race (frisonne-normande) et de la source d'énergie (lipides-glucides). *Bull. Tech. C. R. Z. V.*, **15**, 5-14.
- SNEDECOR G. W., COCHRAN W. G., 1971. *Méthodes statistiques*. Association de coordination technique agricole. Paris.
- VERMOREL M., BOUVIER J. C., THIVEND P., TOULLEC R., 1973. Utilisation énergétique des aliments d'allaitement par le Veau préruminant à l'engrais à différents poids. *VI<sup>e</sup> Congr. Internat. Métabol. énergétique*. Stuttgart.