

INFLUENCE DE LA NATURE DES MATIÈRES AZOTÉES DES ALIMENTS D'ALLAITEMENT SUR L'AMINOACIDÉMIE DU VEAU PRÉRUMINANT

I. — MATIÈRES AZOTÉES DU LAIT, DU LACTOSÉRUM,
DU POISSON ET DES LEVURES D'ALCANES

P. PATUREAU-MIRAND, R. TOULLEC*, J. L. PARUELLE*,
J. PRUGNAUD et R. PION
avec la collaboration technique de Françoise BARRÉ, Marie-Claude VALLUY,
Yvette LENTO* et G. BAYLE

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

** Station de Recherches zootechniques,
Centre de Recherches de Rennes, I. N. R. A.,
35042 Rennes*

RÉSUMÉ

La valeur nutritive de 5 aliments contenant différentes protéines dont la composition en acides aminés a été préalablement établie, est étudiée chez le Veau préruminant par l'examen de l'urémie et de l'acidoémie après le repas. Les protéines des aliments « Lait » sont essentiellement des protéines de lait, celles de l'aliment « Lactosérum » proviennent exclusivement d'un lactosérum enrichi par ultrafiltration ; les matières azotées de l'aliment « Poisson » sont apportées d'une part (68 p. 100) par celles de poisson blanc ayant subi une hydrolyse enzymatique ménagée et d'autre part (32 p. 100) par celles du lactosérum ; enfin, 50,5 p. 100 des matières azotées de l'aliment « Levures » proviennent des levures d'alcane, le reste étant fourni par du lactosérum et du lait écrémé. Les protéines de l'aliment « Lactosérum » sont riches en acides aminés indispensables (58 p. 100), bien que pauvres en histidine et arginine. Les protéines de poisson blanc hydrolysées sont pauvres en acides aminés indispensables (37,4 p. 100), en particulier en tryptophane. Les urémies sont les plus élevées dans le sang des veaux qui ingèrent les aliments « Lait » bien que la qualité de leurs protéines puisse être supposée supérieure. Lorsque l'apport journalier par unité de poids métabolique ($P^{0,75}$) est inférieur à 0,8 g de thréonine, 0,9 g de valine, 0,85 g d'isoleucine, 1,3 g de leucine et de lysine et 0,6 g d'arginine, les teneurs sanguines en ces composés sont basses et varient peu ; elles augmentent fortement lorsque l'apport est supérieur à ces valeurs qui sont retenues comme estimation du besoin en ces acides aminés. Les besoins du Veau sont comparés à ceux du Porc et du Rat (tabl. 4).

La comparaison de la composition en acides aminés des protéines aux besoins du Veau permet de préciser les carences ou déséquilibres en acides aminés des protéines étudiées et les conditions dans lesquelles elles doivent être introduites dans les aliments d'allaitement.

INTRODUCTION

Diverses études ont été entreprises chez le Veau préruminant, pour préciser les conditions d'utilisation des aliments d'allaitement dans lesquels les protéines de lait sont, en partie ou en totalité, remplacées par d'autres protéines. TOULLEC *et al.* (1974) et PARUELLE *et al.* (1974 *a, b*) ont étudié, en particulier, l'influence du remplacement des protéines de lait par des protéines de lactosérum ou par un mélange de protéines de lactosérum et de poisson ou de levures d'alcanes sur l'appétit, la croissance, la digestibilité de l'aliment et la rétention azotée. Pour compléter ces travaux, nous avons déterminé la composition en acides aminés de ces protéines et étudié les conséquences de leur utilisation dans les aliments d'allaitement, sur l'aminaacidémie du Veau préruminant. Ce critère peut permettre chez le Veau, d'apprécier le degré d'utilisation métabolique des acides aminés selon l'état nutritionnel de l'animal. En effet, lorsqu'un acide aminé indispensable est en excès dans la ration, il peut s'accumuler sous forme libre dans le sang des veaux ; en revanche, quand il fait défaut, les teneurs sanguines en ce composé sont basses (PATUREAU-MIRAND, PRUGNAUD et PION, 1973 *a, b*). Donc par l'examen de l'aminaacidémie, il devrait être possible, dans la plupart des cas, de savoir si l'apport d'acides aminés indispensables est insuffisant convenable ou excessif et de préciser ainsi la qualité et les conditions d'utilisation des protéines étudiées.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. — *Aliments*

La composition des aliments étudiés figure dans le tableau 1. Les protéines des aliments témoins (« Lait I » et « Lait II ») sont essentiellement des protéines de lait écrémé Spray. Les protéines de l'aliment « Lactosérum » proviennent exclusivement d'un lactosérum enrichi en protéines par ultrafiltration. Dans l'aliment « Poisson », 68 p. 100 des matières azotées proviennent d'un concentré protéique de poisson (CPSP 90) obtenu par hydrolyse enzymatique ménagée de poissons blancs, suivie d'une centrifugation pour éliminer une partie des lipides et 32 p. 100 du lactosérum. Dans l'aliment « Levures », 50,5 p. 100 des protéines sont fournis par les levures d'alcanes tandis que le reste est apporté par du lait écrémé et du lactosérum Spray.

2. — *Animaux*

Les aliments « Lait I » et « Poisson » ainsi que les aliments « Lait II » et « Levures » sont étudiés au cours d'expériences d'engraissement (expériences 1 et 2) dont les résultats concernant l'appétit, la croissance et l'abattage sont rapportés par PARUELLE *et al.* (1974 *a, b*). Dans ces expériences, chaque aliment est distribué à 8 veaux mâles de race *frisonne*, logés en cases individuelles sur paille et munis d'une muselière. L'aliment « Lactosérum » est étudié au cours d'une expérience de mesure de l'utilisation digestive (expérience 3) dont les résultats sont rapportés par TOULLEC *et al.* (1974). Cette expérience a été conduite sur 3 veaux mâles de race *frisonne* placés en cages à bilan.

Les consommations journalières sont enregistrées. Les animaux sont pesés tous les 7 jours dans les expériences 1 et 2 et tous les 11 jours dans l'expérience 3. Les résultats de la mesure des performances des animaux pendant les 14 jours (expériences 1 et 2) ou les 11 jours (expérience 3) précédant les prélèvements sont illustrés par la figure 1.

TABLEAU I

Composition des aliments d'allaitement

Aliments	« Lait I »	« Lait II »	« Lactosérum »	« Poisson »	« Levures »
Poudre de lait écrémé Spray	71,0	63,0			27,0
Poudre de lactosérum Spray		8,0		53,0	14,0
Poudre de lactosérum enrichi			80,0		
CPSP 90				18,0	
Levures d'alcane					20,0
Tourteau de soja cuit		1,7			1,7
Matières grasses	22,0	18,0	15,5	22,0	18,0
Lactose	3,0	4,0		2,0	12,5
Amidon pré-gélatinisé	3,0			2,0	
Amidon de maïs cru		3,3			2,3
Méthionine commerciale				0,27	0,5
Complément minéral, vitaminique et antibiotique	1,0	2,0	4,5	3,0	4,0
Teneur en matières azotées (p. 100 MS)	25,0	24,6	24,6	25,4	26,3

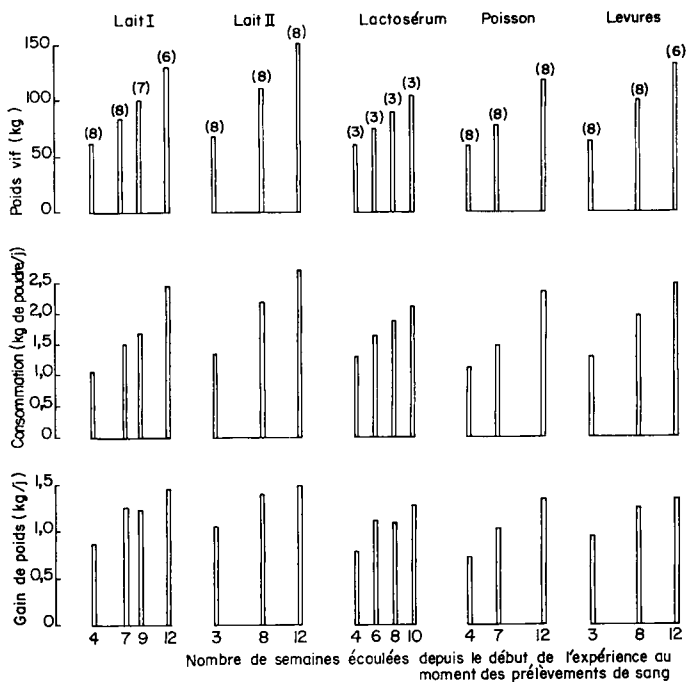


FIG. 1. — Caractéristiques et performances des veaux pendant les deux semaines précédant le prélèvement

() Nombre d'animaux par lot

Prélèvements et dosages.

A différents moments (fig. 1) au cours de ces expériences, des prélèvements de sang au niveau de la veine jugulaire sont effectués entre 4 et 5 heures après le repas du matin. Pour le dosage des acides aminés libres, les échantillons de sang des veaux de même âge et appartenant à un même lot sont recueillis ensemble dans un flacon contenant de l'éthanol 95° froid, additionné de 2 p. 100 de thiodiglycol. Pour la mesure de la concentration en urée du sang de chaque veau, les échantillons provenant des différents animaux sont recueillis individuellement dans des tubes contenant de l'acide trichloracétique 2,5 p. 100.

L'urée est dosée selon la méthode à la diacétyl monoxime sur le surnageant des échantillons de sang déféqués à l'acide trichloracétique. Les acides aminés libres du sang sont extraits selon la méthode décrite par PAWLAK et PION (1968 *a*) et dosés par chromatographie sur résine échangeuse d'ions. La teneur en acides aminés des protéines étudiées est déterminée selon la méthode décrite par PRON et FAUCONNEAU (1966). Le tryptophane est dosé à l'aide d'une technique dérivée de celle de SLUMP et SCHREUDER (1969).

RÉSULTATS

1. — *Composition en acides aminés des constituants protidiques des aliments (tabl. 2)*

Les protéines de lactosérum se caractérisent par leur richesse en thréonine ⁽¹⁾ et tryptophane et leurs plus faibles teneurs en méthionine, acides aminés aromatiques et histidine. Les mêmes caractéristiques se rencontrent dans les protéines de lactosérum enrichi par ultrafiltration qui sont particulièrement bien pourvues en acides aminés indispensables (58,05 p. 100 des matières azotées). Il faut en effet insister sur l'exceptionnelle richesse de ces protéines en thréonine, isoleucine, cystine et lysine. Comparées à celles du lait de vache, les matières azotées du CPSP 90 sont pauvres en acides aminés indispensables puisque ces derniers n'en représentent que 37,35 p. 100 et très pauvres en tryptophane. Les matières azotées de levures d'alcanes ont une composition en acides aminés indispensable qui rappelle celle d'un lactosérum, tout en étant plus riche en arginine et phénylalanine et plus pauvre en tryptophane.

L'azote des acides aminés (à l'exception de l'azote amidé de l'asparagine et de la glutamine) constitue 87 p. 100 de l'azote total du lait et du lactosérum enrichi par ultrafiltration ; il n'en représente que 71,79 et 81 p. 100 dans le lactosérum, le CPSP 90 et les levures d'alcanes respectivement : cela peut être lié à la présence d'urée, d'amines et d'acides nucléiques.

La composition en acides aminés des aliments d'allaitement étudiés a été calculée à partir de ces résultats.

2. — *Influence de la nature des protéines sur l'urémie et l'aminoacidémie**Urémie.*

L'évolution de l'urémie en fonction de la quantité de matières azotées ingérées (fig. 2) dépend de la nature des matières azotées alimentaires. En effet, si la quantité de matière azotées ingérée est voisine de 12 à 13 g/kg^{0,75}/j, ce que l'on observe chez les animaux les plus jeunes, l'urémie est basse et voisine de 16 mg pour 100 g de sang quelle que soit la nature des protéines alimentaires.

(1) Les acides aminés indispensables pour le Rat et le Porc en croissance seront considérés comme indispensables pour le Veau préruminant.

TABLEAU 2

Composition en acides aminés des différentes protéines (g pour 100 g de matières azotées)

Acides aminés	Lait de vache	Lactosérum	Lactosérum enrichi	CPSP 90	Levures d'alcanes
Ac. aspartique	7,9	9,0	11,2	8,65	10,0
Thréonine	4,6	5,9	7,5	3,8	5,55
Sérine	5,8	4,6	5,85	4,45	5,2
Ac. glutamique	22,6	15,7	18,8	12,85	14,15
Proline	9,9	5,5	6,1	4,55	3,75
Glycine	2,0	1,95	2,65	8,0	4,8
Alanine	3,5	4,2	5,6	6,2	6,15
Valine	7,15	5,5	6,45	4,25	5,9
Cystine	0,9	1,5	2,85	0,75	1,25
Méthionine	2,6	1,75	2,25	2,5	1,55
Isoleucine	5,75	5,6	6,5	3,5	5,4
Leucine	10,0	8,7	10,65	6,05	7,45
Tyrosine	5,1	2,65	3,4	2,45	3,9
Phénylalanine	5,35	3,35	4,4	2,95	5,25
Lysine	8,5	8,1	9,8	7,6	7,9
Histidine	2,9	1,7	1,85	1,95	1,95
Arginine	3,55	2,2	2,55	6,3	4,95
Tryptophane	1,15	1,4	1,6	0,55	1,0
Somme corrigée ⁽¹⁾ des teneurs en ac. aminés indispensables et semi-indispensables	51,95	47,8	58,05	37,35	47,05

(¹) Somme corrigée de la façon suivante : teneur en leucine limitée à 1,5 fois celle en isoleucine ; teneurs en acides aminés aromatiques et en arginine respectivement limitées à 12 p. 100 et 7,3 p. 100 de la somme corrigée des teneurs en acides aminés indispensables et semi-indispensables (PION, DE BELSUNCE, FAUCONNEAU, 1963).

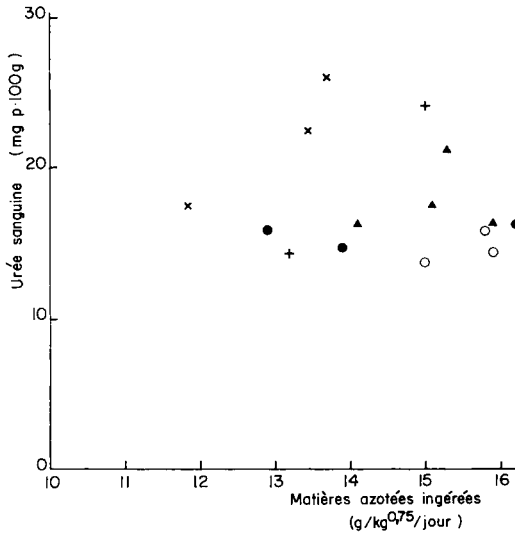


Fig. 2. — Évolution de l'urémie en fonction de la quantité de matières azotées ingérées

- x aliment « Lait I »
- + aliment « Lait II »
- ▲ aliment « Lactosérum »
- aliment « Poisson »
- aliment « Levures »

Lorsque la quantité de matières azotées ingérée croît, l'urémie n'augmente que dans le sang des animaux qui consomment les aliments « Lait ».

Aminoacidémie.

Acides aminés indispensables.

Les variations de la concentration sanguine en certains acides aminés indispensables libres en fonction des quantités journalières de chacun de ces acides aminés ingérées par unité de poids métabolique : $P^{0,75}$ (kg), sont représentées sur la figure 3.

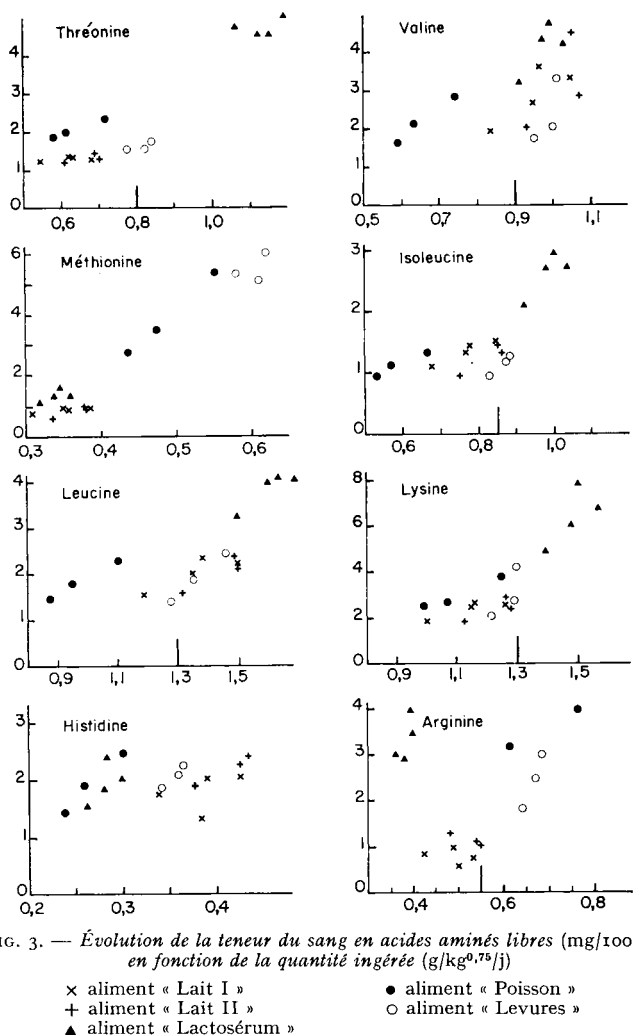


FIG. 3. — Évolution de la teneur du sang en acides aminés libres (mg/100 g) en fonction de la quantité ingérée ($g/kg^{0,75}/j$)

Les teneurs en ces acides aminés indispensables sont en général d'autant plus élevées, pour un aliment donné, que les quantités ingérées sont grandes. Lorsque l'apport journalier est inférieur à 0,8 g de thréonine, 0,9 g de valine, 0,85 g d'isoleucine, 1,3 g

TABLEAU 3

Comparaison des quantités d'acides aminés aromatiques ingérées
et des teneurs sanguines en acides aminés aromatiques, urée
et ornithine + citrulline

Aliments	Semaines	Tyrosine	Phénylalanine	Tyr + Phe ⁽¹⁾ Tyr/Phe ⁽²⁾	Urée	Ornithine + citrulline
« Lait I »	4	0,60 ⁽³⁾ 1,21 ⁽⁴⁾	0,63 ⁽³⁾ 0,94 ⁽⁴⁾	1,23 ⁽¹⁾ 1,29 ⁽²⁾	17,5 ⁽⁴⁾	2,34 ⁽⁴⁾
	7	0,69 1,24	0,71 0,58	1,40 2,14	22,5	1,46
	9	0,70 1,55	0,73 1,05	1,43 1,48	26,1	1,51
	12	0,76 1,29	0,79 0,93	1,55 1,39	—	1,88
« Lait II »	3	0,66 1,22	0,70 0,89	1,36 1,37	14,3	1,98
	8	0,75 1,30	0,80 0,80	1,55 1,63	—	1,74
	12	0,74 1,36	0,79 0,90	1,53 1,51	24,2	1,99
« Lactosérum »	4	0,48 1,11	0,62 0,86	1,10 1,29	16,2	4,06
	6	0,54 1,45	0,70 1,02	1,24 1,42	16,2	4,48
	8	0,51 1,41	0,66 0,94	1,17 1,50	17,4	3,77
	10	0,52 1,42	0,67 1,24	1,19 1,15	21,1	4,94
« Poisson »	4	0,32 0,89	0,39 0,89	0,71 1,00	15,9	2,34
	7	0,34 1,08	0,42 1,10	0,76 0,98	14,8	2,36
	12	0,40 1,51	0,49 1,11	0,89 1,36	16,2	2,95
« Levures »	3	0,64 1,47	0,77 0,86	1,41 1,71	13,7	2,32
	8	0,67 1,5	0,82 0,92	1,49 1,63	15,8	2,70
	12	0,68 1,70	0,83 0,78	1,51 2,18	14,3	3,13

⁽¹⁾ Tyrosine + phénylalanine ingérées (g/kg^{0,75}/j).

⁽²⁾ Rapport des teneurs sanguines en tyrosine à celles en phénylalanine.

⁽³⁾ Quantités d'acides aminés ingérées (g/kg^{0,75}/j).

⁽⁴⁾ Teneur du sang en acides aminés libres et en urée (mg p. 100 g de sang).

de leucine ou de lysine et 0,6 g d'arginine par unité de poids métabolique, les teneurs sanguines en ces acides aminés restent basses (à l'exception de l'arginine dans le sang des veaux qui ingèrent l'aliment « Lactosérum »). Cela indique que l'utilisation métabolique de ces composés est intense. L'accumulation, souvent considérable de ces acides aminés, dans le sang des animaux qui ingèrent des quantités supérieures, signifie que l'apport excède alors les possibilités d'utilisation de ces acides aminés. Dans ces conditions, le besoin en ces acides aminés serait donc satisfait.

En revanche, les teneurs en histidine (fig. 3) et en acides aminés aromatiques (tabl. 3) varient peu en fonction de la quantité ingérée. Toutefois, le rapport des concentrations en tyrosine à celles en phénylalanine tend à augmenter de 1 à 2 lorsque croît la quantité d'acides aminés aromatiques ingérée.

Les teneurs en thréonine et lysine libres du sang des veaux qui consomment l'aliment « Poisson », sont plus élevées que celles observées dans le sang des animaux nourris à l'aide des aliments « Lait » et qui ingèrent des quantités voisines de chacun de ces acides aminés.

L'accumulation d'arginine dans le sang des veaux recevant l'aliment « Lactosérum » est importante.

Acides aminés non indispensables.

L'évolution de la teneur sanguine en certains acides aminés non indispensables (fig. 4) tels l'alanine et dans une moindre mesure la sérine et la glycine, semble similaire à celle observée avec la plupart des acides aminés indispensables. En revanche,

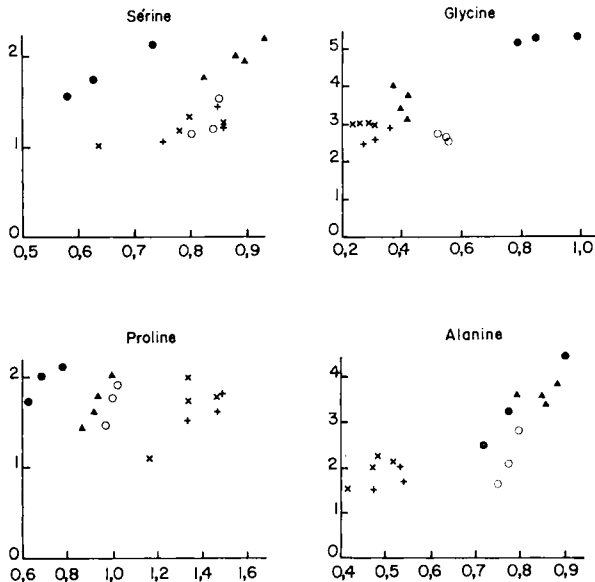


FIG. 4. — Évolution de la teneur du sang en acides aminés libres (mg/100 g) en fonction de la quantité ingérée (g/kg^{0,75}/j)

- x aliment « Lait I »
- aliment « Poisson »
- + aliment « Lait II »
- aliment « Levures »
- ▲ aliment « Lactosérum »

les teneurs en proline libre et leurs variations paraissent particulières à chaque aliment. Enfin, contrairement aux urémies, les concentrations en acides aminés du cycle de l'urée (ornithine et citrulline) sont plus élevées dans le sang des veaux nourris avec les aliments « Lactosérum », « Poisson » et « Levures » que dans le sang de ceux qui ingèrent les aliments « Lait » (tabl. 3).

DISCUSSION

I. — *Méthodologie*

Les modalités de prélèvement du sang et de traitement des échantillons ont déjà été discutées dans une publication antérieure (PATUREAU-MIRAND, PRUGNAUD et PION, 1973).

L'intérêt de l'étude des variations des concentrations sanguines en certains acides aminés indispensables libres en fonction de la teneur du régime pour apprécier le besoin en acides aminés indispensables a été mis en évidence chez différentes espèces. MORRISON, MIDDLETON et McLAUGHLAN (1961), PAWLAK et PION (1968 *a, b*) STOKLAND *et al.* (1970), YOUNG et MUNRO (1973) chez le Rat, MITCHELL *et al.* (1968). BRAVO *et al.* (1970), PION *et al.* (1971) chez le Porc, ZIMMERMAN et SCOTT (1965) chez le Poulet, YOUNG *et al.* (1971) chez l'Homme ont montré en étudiant la signification de ces courbes, que la teneur ou la quantité ingérée à partir de laquelle les acides aminés s'accumulent dans le sang est très proche de celle qui permet d'obtenir la croissance ou la rétention azotée maximale. En outre, cette méthode d'étude du besoin peut être effectuée sur un nombre assez réduit d'animaux sans contraintes expérimentales particulièrement sévères. Elle peut, en particulier, être appliquée à des animaux soumis à l'expérimentation en lots.

Cependant, lorsque les acides aminés sont apportés par diverses protéines, la courbe de l'évolution des teneurs sanguines en ces acides aminés en fonction de la quantité ingérée peut être imprécise. D'une part, les points expérimentaux sont dans certains cas irrégulièrement répartis ; d'autre part, le transit digestif et la digestibilité des matières azotées étudiées sont différents (TOULLEC, THIVEND et MATHIEU, 1971 ; FRANTZEN *et al.*, 1974 ; GUILLOTEAU *et al.*, travaux en cours) ; enfin, il est possible que la disponibilité de tous les acides aminés indispensables ne soit pas identique dans ces protéines. Dans ces conditions, l'estimation du besoin peut être approximative pour certains acides aminés.

2. — *Urémie.*

Il peut paraître surprenant d'observer les urémies les plus élevées lorsque les protéines alimentaires sont des protéines de lait puisque celles-ci semblent être parmi les mieux équilibrées. Ces valeurs élevées de l'urémie ne semblent pas résulter d'une ingestion plus importante de protéines digestibles. En effet, les quantités de matières azotées digestibles ingérées avec les différents aliments sont voisines, car, si les veaux recevant les aliments « Lait », consomment des quantités inférieures de matières azotées (fig. 2), la digestibilité apparente de ces dernières est supérieure

à celle des autres matières azotées des aliments « Lactosérum » (TOULLEC *et al.*, 1974), « Poisson » (PARUELLE *et al.*, 1974 *a*) et « Levures » (PARUELLE *et al.*, 1972). Cependant, les veaux qui consomment les aliments « Poisson » et « Levures » ingèrent une quantité légèrement plus faible d'azote protidique digestible que les veaux nourris au lait. En effet, l'azote des acides aminés (à l'exception de l'azote amidé de la glutamine et de l'asparagine) ne représente respectivement que 77 et 83 p. 100 de l'azote total de ces aliments ; cette proportion est voisine de 87 p. 100 dans les aliments « Lait ». Or c'est essentiellement l'azote des acides aminés qui, au cours de leur catabolisme, participe à la synthèse d'urée.

Les basses valeurs de l'urémie et l'accumulation de l'arginine dans le sang des veaux qui reçoivent l'aliment « Lactosérum » pourraient correspondre à une faible activité de l'arginase chez ces animaux.

3. — *Quantités d'acides aminés indispensables ingérées
et concentrations sanguines en ces acides aminés chez le Veau.
Besoins en acides aminés indispensables*

a) *Thréonine, valine, isoleucine, leucine, lysine et arginine.*

L'évolution de la teneur du sang en thréonine, valine, isoleucine, leucine, lysine et arginine en fonction de la quantité ingérée est voisine de celle que nous avons déjà observée chez le Veau en supplémentant des protéines de lait par des doses croissantes de méthionine et de lysine (PATUREAU-MIRAND, PRUGNAUD et PION, 1973 *a*, *b*). Ainsi, la quantité de lysine alimentaire à partir de laquelle la lysine libre s'accumule dans le sang est très proche de 1,3 g/kg^{0,75}/j, valeur que nous avons obtenue au cours de ces expériences précédentes. En outre, ces courbes sont peu différentes de celles qui illustrent, chez les autres espèces, la relation entre la concentration de certains acides aminés indispensables libres dans le sang et leur teneur dans le régime. Elles peuvent permettre une estimation du besoin du Veau préruminant en ces acides aminés (tabl. 4). Cependant, compte tenu des remarques précédentes, les valeurs retenues ne représentent qu'une première approximation des besoins du Veau préruminant en thréonine, valine, isoleucine, leucine, lysine et arginine.

b) *Acides aminés soufrés, acides aminés aromatiques et histidine.*

— *Acides aminés soufrés.*

La courbe d'accumulation de la méthionine est imprécise. De plus, son interprétation est particulièrement délicate à cause des relations de la méthionine et de la cystine. Les résultats ne sont pas en contradiction avec ceux obtenus au cours d'une expérience précédente (PATUREAU-MIRAND, PRUGNAUD et PION, 1973 *a*). Un début d'accumulation de la méthionine avait été constaté dans le sang des veaux qui ingéraient 0,5 g de méthionine et 0,15 g de cystine par unité de poids métabolique et par jour. Ainsi, à l'apport de 0,65 g/kg^{0,75}/j d'acides aminés soufrés semble correspondre, en première approximation, une utilisation métabolique optimale de ces composés.

— *Acides aminés aromatiques.*

L'absence de relation apparente entre les quantités de phénylalanine et de tyrosine ingérées et la concentration sanguine de ces acides aminés (tabl. 3) peut

résulter de la transformation intense de la phénylalanine en tyrosine lorsque le régime est convenablement équilibré. Ainsi STOCKLAND *et al.* (1971) ont montré chez le Rat, que dans ces conditions, le rapport des concentrations sanguines en tyrosine à celles en phénylalanine était presque toujours supérieur à 1,3. Ce n'est que lorsque les veaux ingèrent plus de 0,9 g/kg^{0,75}/j d'acides aminés aromatiques que cela est vérifié (tabl. 3). L'apport d'acides aminés aromatiques pourrait alors être suffisant.

— *Histidine.*

Si l'histidine peut s'accumuler dans le sang des veaux qui en ingèrent un excès, comme c'est le cas chez le Porc (MITCHELL, *et al.*, 1968) ou la Chèvre (CHAMPREDON, 1972), le défaut d'accumulation de ce composé dans le sang des veaux pendant cette expérience pourrait indiquer que les apports étaient inférieurs ou égaux à la quantité qu'il ne paraît pas utile de dépasser : environ 0,4 g/kg^{0,75}/j.

c) *Besoins en acides aminés.*

Les valeurs retenues comme première approximation des besoins du Veau en acides aminés indispensables et semi-indispensables (à l'exception du tryptophane) figurent dans le tableau 4. Les besoins du Veau en acides aminés indispensables et semi-indispensables exprimés en p. 100 de la somme de ceux-ci, y sont comparés à ceux du Porc et du Rat. L'équilibre entre les acides aminés indispensables

TABLEAU 4

Comparaison des besoins en acides aminés indispensables et semi-indispensables du Veau, du Porc et du Rat

Acides aminés	Veau (1)	Veau (2)	Porc (2) (3)	Rat (2) (4)
Thréonine	0,8	10,2	10,55	9,15
Valine	0,9	11,5	11,75	10,1
Méthionine }	0,65	8,3	11,75	11,0
Cystine				
Isoleucine	0,85	10,9	11,75	10,1
Leucine	1,3	16,6	14,1	13,4
Tyrosine }	0,9	11,5	11,75	13,95
Phénylalanine				
Lysine	1,3	16,6	16,4	17,4
Histidine	0,4	5,1	4,25	4,6
Arginine	0,55	7,0	4,7	7,5
Tryptophane	—	(2,2) (5)	3,05	2,75

(1) Les besoins sont exprimés en g/kg^{0,75}/j.

(2) Les besoins sont exprimés en p. 100 de la somme des acides aminés indispensables et semi-indispensables.

(3) FAUCONNEAU et PION (1972).

(4) RANHOTRA cité par FAUCONNEAU (1967).

(5) La valeur retenue est le pourcentage que représente le tryptophane dans la somme corrigée des teneurs en acides aminés indispensables du lait (tabl. 5).

qui permet la satisfaction des besoins du Veau est peu différent de celui qui a été trouvé chez le Porc ou le Rat. Cependant la part des acides aminés soufrés telle que nous l'avons estimée paraît plus faible.

4. — *Appréciation de la valeur des protéines
des aliments d'allaitement pour veaux*

L'évaluation même sommaire, du besoin journalier en acides aminés indispensables, permet une meilleure appréciation de la qualité et des conditions d'utilisation des protéines susceptibles d'entrer dans la constitution des aliments d'allaitement.

Il est en effet possible de mettre en évidence les déséquilibres éventuels des protéines étudiées en comparant leur composition en acides aminés indispensables (tabl. 5) à l'estimation des besoins du Veau (tabl. 4). En outre, pour chaque protéine, le taux protéique à utiliser pour un niveau de consommation donné, peut être déterminé en calculant la quantité de la protéine étudiée qui est nécessaire pour couvrir la somme des besoins journaliers en acides aminés indispensables (à l'exception du tryptophane pour lequel nous n'avons pas d'estimation du besoin).

TABLEAU 5

*Teneurs en acides aminés indispensables et semi-indispensables
des protéines étudiées*

(exprimées en p. 100 de la somme corrigée ⁽¹⁾
des teneurs en acides aminés indispensables et semi-indispensables)

Acides aminés	Lait	Lactosérum	Lactosérum enrichi	CPSP 90	Levures d'alcanes
Thréonine	8,85	12,35	12,7	10,35	11,8
Valine	13,8	11,5	10,95	11,6	12,55
Méthionine }	6,75	6,8	8,65	8,85	5,95
Cystine					
Isoleucine	11,05	11,7	11,0	9,55	11,5
Leucine ⁽²⁾	16,55	17,6	16,5	14,3	15,85
Tyrosine } ⁽³⁾	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Phénylalanine					
Lysine	16,35	16,95	16,6	20,7	16,8
Histidine	5,6	3,55	3,15	5,3	4,15
Arginine ⁽⁴⁾	6,85	4,6	4,3	7,3	7,3
Tryptophane	2,2	2,95	2,7	1,5	2,15
Somme corrigée des teneurs ⁽¹⁾	51,95	47,8	58,05	37,35	47,05

⁽¹⁾ Voir tableau 2.

⁽²⁾ Valeur limitée à 1,5 fois la teneur en isoleucine.

⁽³⁾ Valeur limitée à 12 p. 100 de la somme des teneurs en acides aminés indispensables et semi-indispensables.

⁽⁴⁾ Valeur limitée à 7,3 p. 100 de la somme des teneurs en acides aminés indispensables et semi-indispensables.

a) *Protéines du lait de vache.*

Les protéines de lait de vache (tabl. 5) semblent carencées en acides aminés soufrés quels que soient les niveaux d'ingestion et les taux protéiques usuels envisagés. Cela pourrait expliquer que la supplémentation en méthionine des protéines du lait permet une amélioration de la croissance et de l'indice de consommation du Veau de boucherie (ODORICO, 1969 ; ROBERT, 1971). Une certaine déficience en thréonine, isoleucine, lysine et arginine semble pouvoir exister lorsque les animaux ingèrent moins de 60 g/kg^{0,75}/j d'un aliment ayant un taux protéique inférieur à 25 p. 100 de protéines de lait. Ce sont des conditions que l'on rencontre surtout chez de jeunes animaux nourris à l'aide de régimes ayant un taux protéique inférieur à 25 p. 100. C'est peut-être une des raisons pour lesquelles la supplémentation en thréonine ou arginine des protéines de lait enrichies en méthionine et lysine n'a pas permis à ROBERT (1971) d'observer, sur l'ensemble de la période d'engraissement, une amélioration de la croissance ou de l'indice de consommation et pour lesquelles les résultats des expériences de supplémentation en lysine sont contradictoires. Ainsi, VAN LOEN et BALFOORT (1969) constatent une amélioration de la vitesse de croissance et de l'indice de consommation que ne retrouvent ni ODORICO (1969), ni IWEMA et VAN HELLEMOND (1970). Toutefois, ces derniers notent, dans certains cas, une augmentation de la vitesse de croissance et une diminution de l'indice de consommation pendant les 4 premières semaines en supplémentant par 0,2 p. 100 de lysine un aliment contenant 24 p. 100 de protéines.

b) *Autres protéines.*

Les protéines de lactosérum (tabl. 5) semblent déficientes en méthionine et peut-être en histidine et arginine, mais sont bien pourvues en thréonine et tryptophane. A l'exception d'une déficience en arginine et histidine, les protéines de lactosérum enrichi par ultrafiltration sont remarquablement bien pourvues en acides aminés indispensables. Grâce à leur richesse en thréonine, lysine et isoleucine, elles doivent pouvoir compléter les protéines totales du lait dans des aliments d'allaitement à taux protéique peu élevé.

Les protéines du concentré protéique de poisson (tabl. 5) pourraient être déficientes en tryptophane. En effet, les concentrations élevées en thréonine et lysine libres du sang des veaux ingérant l'aliment « Poisson » semblent indiquer que l'utilisation métabolique de ces acides aminés est affectée par une carence de cet aliment en un acide aminé indispensable qui pourrait être le tryptophane car il se trouve en faible quantité dans ces protéines. Hormis leur carence probable en tryptophane et peut-être en acides aminés ramifiés, les protéines du concentré protéique de poisson semblent bien équilibrées en acides aminés indispensables. Il doit donc être possible de remplacer une partie des protéines de lait par celles de poissons blancs ayant subi une hydrolyse enzymatique. Toutefois, de façon à permettre l'ingestion d'une même quantité d'acides aminés indispensables qu'avec l'aliment témoin l'aliment « Poisson » aurait dû avoir un taux protéique plus élevé et/ou être ingéré en plus grande quantité. Cette déficience particulière en tryptophane et générale en acides aminés indispensables peut contribuer à expliquer pourquoi les performances des veaux qui reçoivent l'aliment « Poisson » sont légèrement inférieures à celles des animaux qui consomment l'aliment « Lait I » (PARUELLE *et al.*, 1974 a et fig. 1).

Les protéines de levures d'alcane (tabl. 5) paraissent carencées en acides aminés soufrés et peut-être en histidine. Elles semblent toutefois susceptibles de remplacer comme source de protéines, une fraction importante de la poudre de lait écrémé dans les aliments d'allaitement, à condition toutefois de tenir compte de leur plus faible digestibilité (PARUELLE *et al.*, 1974 *b*). Les performances des animaux qui reçoivent cet aliment semblent en témoigner.

CONCLUSION

L'étude des teneurs en acides aminés libres du sang complète les travaux sur l'influence du remplacement des protéines de lait par d'autres protéines dans les aliments d'allaitement sur la croissance et la rétention azotée. Elle nous a permis d'esquisser un tableau des besoins en acides aminés du Veau préruminant pesant de 60 à 150 kg. Ces valeurs devront être précisées. Cela nous a permis de juger de l'aptitude des diverses protéines étudiées à satisfaire les besoins du Veau. Les protéines de lait qui, malgré une déficience en acides aminés soufrés, paraissent riches et bien équilibrées en acides aminés indispensables peuvent être remplacées, en partie du moins, par d'autres protéines. Il semble toutefois nécessaire de tenir compte de la plus faible digestibilité des protéines de remplacement et de leur plus ou moins grande richesse en acides aminés indispensables pour déterminer le taux protéique optimal à utiliser dans les aliments d'allaitement contenant ces protéines.

Reçu pour publication en avril 1974.

SUMMARY

INFLUENCE OF THE NATURE OF PROTEINS IN MILK REPLACERS ON BLOOD LEVELS OF FREE AMINO ACID IN THE PRERUMINANT CALF.

I. — MILK, WHEY, FISH AND ALKANE YEAST PROTEINS

Urea and free amino acid levels in the blood of the preruminant calf were studied to determine the nutritive value of five milk replacers containing different proteins. Proteins of the milk replacers « Lait I » and « Lait II » were mainly milk proteins. Delactosed whey protein prepared by an ultrafiltration process, was used as the sole source of protein in the milk replacer « Lactoserum ». In the milk replacer « Poisson » proteins were supplied by a fish protein concentrate (68 p. 100) and whey ; in the milk replacer « Levures », they were supplied by alkane yeast proteins (50.5 p. 100), whey and skim milk. The amino acid composition of the protein sources was determined (table 2). Urea levels were higher in the blood of calves fed milk replacers « Lait I » and « Lait II » (fig. 2) than in the blood of calves fed the other milk replacers. The levels of free threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, lysine and arginine in the blood depended on the amount of those amino acids ingested (fig. 3). Threonine, valine, isoleucine, leucine, lysine and arginine accumulated in the blood when the ingested amount (expressed as gm per kg metabolic weight ($W^{0.75}$) per day) exceeded respectively : 0.8, 0.9, 0.85, 1.3, 1.3 and 0.6. These values are assumed to be an approximative assessment of the essential amino acid requirements in the preruminant calf. Individual amino acid requirement (expressed as gm per 100 gm total essential amino acids) of the preruminant calf seems to be comparable to the amino acid requirements of the growing pig and rat (table 4). Eventual amino acid deficiencies or imbalances in the dietary proteins may be determined from the comparison between their amino acid contents and the amino acid requirements of the calf (table 5). Milk protein appears to be mainly deficient in sulphur amino acids ; delactosed whey protein is rich in essential amino acids ; the fish protein concentrate studied is deficient in essential amino acids, especially in tryptophan ; alkane yeast protein appears to be deficient in sulphur amino acids.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRAVO F. O., MEADE R. J., STOCKLAND W. L., NORDSTROM J. W., 1970. Reevaluation of the isoleucine requirement of the growing pig-Plasma free isoleucine as a response criterion. *J. Anim. Sci.*, **31**, 1137-1141.
- CHAMPREDON C., 1972. *Utilisation de l'acidoaminé libre comme mesure de la satisfaction du besoin en certains acides aminés des chèvres laitières. Étude de quelques facteurs.* Thèse.
- FAUCONNEAU G., 1967. Quelques aspects actuels de la nutrition azotée des animaux monogastriques. *9th Internat. Congr. Anim. Prod. Oliver and Boyd, Edinburg*, 62.
- FAUCONNEAU G., PION R., 1972. Quelques aspects nouveaux du métabolisme de l'azote chez le Porc et leurs conséquences pour la satisfaction de ses besoins en protéines. *Ann. zootech.*, **21**, 275-297.
- FRANTZEN J. F., TOULLEC R., THIVEND P., MATHIEU C. M., 1974. Influence de la coagulation des protéines sur la vidange stomacale chez le Veau préruminant. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **14**, (sous presse).
- IWEMA S., VAN HELLEMOND K. K., 1970. Het effect van toevoeging van extra lysine aan melkvervangende preparaten op de groei en het voedergebruik van mestkalveren. *Landbouwk. Tijdschr.*, **82**, 129-135.
- MITCHELL J. R., BECKER D. E., JENSEN A. H., HARMON B. G., NORTON H. W., 1968. Determination of amino acid needs of the young pig by nitrogen balance and plasma free amino acids. *J. Anim. Sci.*, **27**, 1327-1331.
- MORRISON A. B., MIDDLETON E. J., McLAUGHLAN J. M., 1961. Blood amino acid studies. II. Effects of dietary lysine concentration, sex, and growth rate on plasma free lysine and threonine levels in the Rat. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **39**, 1675-1680.
- ODORICO G., 1969. Los amino acids de síntesis en los leches artificiales para cebo de terneros. *Zootechnia*, **18**, 29-38.
- PARUELLE J. L., TOULLEC R., FRANTZEN J. F., MATHIEU C. M., 1972. Utilisation des protéines par le Veau préruminant à l'engrais. I. Utilisation digestive des protéines de soja et des levures d'alcanes incorporées dans les aliments d'allaitement. *Ann. Zootech.*, **21**, 319-331.
- PARUELLE J. L., TOULLEC R., PATUREAU-MIRAND P., MATHIEU C. M., 1974 a. Utilisation des protéines par le Veau préruminant à l'engrais. II. Utilisation des protéines de poisson. *Ann. Zootech.*, **23** (sous presse).
- PARUELLE J. L., TOULLEC R., PATUREAU-MIRAND P., MATHIEU C. M., 1974 b. Utilisation des protéines par le Veau préruminant à l'engrais. III. Utilisation des levures d'alcanes. *Ann. Zootech.*, **23** (sous presse).
- PATUREAU-MIRAND P., PRUGNAUD J., PION R., 1973 a. Influence de la supplémentation en acides aminés soufrés d'un aliment d'allaitement sur l'acidoaminémie. Estimation du besoin en méthionine du Veau préruminant. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **13**, 225-246.
- PATUREAU-MIRAND P., PRUGNAUD J., PION R., 1973 b. 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.
- PAWLAK M., PION R., 1968 a. Influence de la supplémentation des protéines du blé par des doses croissantes de lysine sur la teneur en acides aminés libres du sang et du muscle du Rat en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **10**, 317-322.
- PAWLAK M., PION R., 1968 b. Influence de la supplémentation des protéines du blé par des doses croissantes de thréonine sur les teneurs en acides aminés libres du sang total et du muscle du Rat en croissance. *C. R. Acad. Sci.*, **266**, D, 1993-1995.
- PION R., de BELSUNCE C., FAUCONNEAU G., 1963. Composition en acides aminés de quelques aliments. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **3** (h.s. I) 11-18.
- PION R., FAUCONNEAU G., 1966. Les acides aminés des protéines alimentaires. Méthodes de dosage et résultats obtenus. In *Amino acides, peptides, protéines*. Cahier n° 6, 159-175. A. E. C. Société de Chimie organique et biologique. Comentry.
- PION R., PRUGNAUD J., HENRY Y., RÉRAT A., 1971. Influence de la teneur en thréonine du régime sur l'acidoaminémie libre du Porc en croissance. *X^e Congr. Internat. Zootech. Versailles*.
- ROBERT J. C., 1971. Supplémentation en acides aminés des aliments d'allaitement. *Ind. Alim. animale*, **6**, 11-28.
- SLUMP P., SCHREUDER H. A. W., 1969. Determination of tryptophan in foods. *Analyt. Biochem.*, **27**, 182-186.
- STOCKLAND W. L., MEADE R. J., MELLIERE A. L., 1970. Lysine requirement of the growing rat : plasma-free lysine as a response criterion. *J. Nutr.*, **100**, 925-934.
- STOCKLAND W. L., LAI Y. F., MEADE R. J., SOWERS J. E., OESTEMER G., 1971. L-Phenylalanine and L-tyrosine requirements of the growing rat. *J. Nutr.*, **101**, 177-184.
- TOULLEC R., FRANTZEN J. F., MAUBOIS J. L., PATUREAU-MIRAND P., MATHIEU C. M., 1974. Utilisation des protéines du lactosérum par le Veau préruminant à l'engrais. *Tech. laitière* (sous presse).

- TOULLEC R., THIVEND P., MATHIEU C. M., 1971. Utilisation des protéines du lactosérum par le Veau préruminant à l'engrais. I. Vidange stomacale comparée du lait entier et de deux laits de remplacement ne contenant que des protéines de lactosérum comme source de matières azotées. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **11**, 435-453.
- VAN LOEN A., BALFOORT A. J., 1969. Die praktische Bedeutung von Amino-säurezugaben in der Ernährung von Schweinen und Kälbern. *Kraffuter*, **52**, 278-286.
- YOUNG V. R., HUSSEIN M. A., MURRAY E., SCRIMSHAW N. S., 1971. Plasma tryptophan response curve and its relation to tryptophan requirements in young adult men. *J. Nutr.*, **101**, 45-60.
- YOUNG V. R., MUNRO H. N., 1973. Plasma and tissue tryptophan levels in relation to tryptophan requirements of weanling and adult rats. *J. Nutr.*, **103**, 1756-1763.
- ZIMMERMAN R. A., SCOTT H. M., 1965. Interrelationship of plasma amino acid levels and weight gain in chick as influenced by suboptimal and superoptimal dietary concentrations of single amino acids. *J. Nutr.*, **87**, 13-18.
-