

## VARIATIONS AU COURS DE LA JOURNÉE DES CONCENTRATIONS EN ACIDES AMINÉS LIBRES DU MUSCLE CHEZ LE POULET NOURRI PAR REPAS INFLUENCE DE LA LYSINE ALIMENTAIRE

M. LARBIER et J. GUILLAUME

avec la collaboration technique de J.-P. HARSCOAT et Joëlle GOMEZ-BRUÈRE

*Station de Recherches avicoles,  
Centre de Recherches de Tours, I. N. R. A.,  
37380 Nouzilly*

---

### RÉSUMÉ

Des poulets de type « chair », âgés de 10 jours, sont entraînés progressivement de manière à ne consommer qu'un seul repas de deux heures par jour (de 9 h à 11 h). Ils sont répartis en trois lots et reçoivent des rations qui ne diffèrent que par leur taux de lysine (1,08 ; 0,88 et 0,68 p. 100).

Au bout de deux semaines, on procède à l'abattage à raison de 5 animaux par lot toutes les 4 heures à partir de la fin du repas. Les acides aminés libres du muscle (bréchet) sont déterminés par chromatographie sur colonne de résine.

Lorsque la ration contient 1,08 ou 0,88 p. 100 de lysine, la teneur du muscle en acides aminés libres totaux augmente après le repas et se maintient à un niveau élevé et peu variable entre 15 h et 23 h. La cinétique de variation est nettement modifiée chez les animaux consommant une ration à 0,68 p. 100 de lysine. On note en particulier une importante diminution à 23 h, suivie d'un maximum à 3 h.

Le taux alimentaire de lysine ne semble pas affecter dans son allure générale la courbe de variation de la concentration en lysine libre du muscle. Par contre, les teneurs observées à un même moment de la journée sont fonction de l'apport alimentaire. La relation devient linéaire entre 11 h et 19 h.

Les variations des teneurs en méthionine, acide glutamique, valine, leucine, isoleucine et proline sont indépendantes de la composition de la ration dans nos conditions expérimentales. Pour les autres acides aminés libres, l'influence de l'apport alimentaire de lysine semble s'exercer soit sur l'allure générale des cinétiques, soit sur l'amplitude de variation des teneurs. Ces effets sont discutés en fonction des réactions enzymatiques du métabolisme intermédiaire.

---

## INTRODUCTION

L'étude des acides aminés libres plasmatiques ou tissulaires en relation avec la composition de l'aliment fait l'objet de nombreux travaux. Les résultats obtenus sont très variables et difficilement comparables car ils dépendent largement des conditions expérimentales.

Le mode d'alimentation et l'heure de prélèvement des échantillons de tissus font partie des principaux facteurs de variation (ZIMMERMAN et SCOTT, 1967 ; MITCHELL *et al.*, 1968 ; BOOMGARDT et MC DONALD, 1969). Aussi bien au niveau du plasma chez le Rat (STOCKLAND, MEADE et MELLIÈRE, 1970) que dans le muscle de Poulet (LARBIER, GUILLAUME et BLUM, 1971), la concentration de la lysine libre semble mieux refléter l'apport alimentaire en cet acide aminé lorsque l'animal a été préalablement nourri par repas.

On sait que, le « pool » d'acides aminés libres du sang et des tissus varie au cours de la journée suivant un rythme circadien : (SQUIBB, 1966 ; RAPOPORT, *et al.*, 1966 ; FEIGIN, DANGERFIELD et BEISEL, 1969). Toutefois les résultats de BOOMGARDT et MC DONALD (1969), s'interprètent davantage par un effet du jeûne que par celui d'une variation rythmique. Il faut noter également que la plupart de ces travaux ont été réalisés sur des sujets nourris *ad libitum*. Aussi avons-nous entrepris d'étudier ces variations au niveau du muscle de Poulet sur des animaux nourris par repas. Nous nous sommes également interrogés sur l'influence que peut exercer une carence alimentaire en un acide aminé essentiel : la lysine.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

105 poussins mâles issus d'un croisement commercial destiné à la production du poulet de chair sont élevés en cages individuelles et soumis à un éclairage artificiel de 22 heures par nycthémère. La lumière est allouée depuis la naissance de 1 h à 12 h puis de 13 h à 24 h, ce rythme, assez inhabituel, étant utilisé dans nos autres expériences. Les animaux sont nourris *ad libitum* jusqu'à l'âge de 10 jours avec un aliment complet T à base de maïs, de gluten de maïs et de tourteau de tournesol (tabl. 1). Ce régime fournit 3,03 kcal d'énergie métabolisable par g et contient 21,1 p. 100 de protéines équilibrées par un apport de 0,4 p. 100 de lysine sous forme de monochlorhydrate.

Les animaux sont ensuite répartis en 3 lots de poids homogènes. Les régimes expérimentaux correspondants sont obtenus en supplémentant l'aliment de base avec des doses croissantes de L-lysine HCl (0 ; 0,2 et 0,4 p. 100 de lysine). Leurs compositions figurent au tableau 1.

L'aliment est alors distribué au cours d'un seul repas quotidien dont la durée, d'abord de 6 heures, est réduite progressivement pour atteindre 2 heures (de 9 h à 11 h) après 6 jours.

Le 9<sup>e</sup> jour, les poulets sont pesés à jeûn à 8 h. Le lendemain à partir de 11 h (à la fin du repas), ils sont sacrifiés à raison de 15 animaux (5 de chaque lot) toutes les quatre heures. De cette façon, les derniers poulets sont sacrifiés à jeûn depuis 24 heures.

Une fraction de la masse pectorale, d'environ 5 g, est prélevée sur chaque animal et l'ensemble des prélèvements est réuni en un seul échantillon qui est aussitôt immergé dans l'azote liquide puis conservé à - 20°C jusqu'à l'analyse.

Les acides aminés libres sont extraits à l'acide picrique à 1 p. 100 (TALLAN, MOORE et STEIN, 1954) selon une technique d'épuisements successifs (PAWLAK et PRON, 1968). Le dosage est effectué à l'aide d'un Auto-Analyseur Technicon selon la méthode de PIEZ et MORRIS (1960) modifiée par HAMILTON (1962).

TABLEAU I

*Composition des régimes expérimentaux*  
(en p. 100)

Régimes	T	Peu déficient	Déficient
Mais .....	49,5	49,5	49,5
Tourteau de tournesol .....	30,0	30,0	30,0
Gluten de maïs .....	6,0	6,0	6,0
Huile de maïs .....	4,0	4,0	4,0
Amidon .....	5,5	5,5	5,5
Phosphate bicalcique .....	1,75	1,75	1,75
Calcimarine .....	1,50	1,50	1,50
Sel vétérinaire .....	0,50	0,50	0,50
Oligo-éléments <sup>(1)</sup> .....	0,20	0,20	0,20
Complément vitaminique <sup>(2)</sup> ..	0,65	0,65	0,65
L-lysine HCl .....	0,53	0,27	—
Cellulose .....	—	0,26	0,53

(1) Mélange commercial U. C. A. A. B. (Château-Thierry, France).

(2) Apportant pour 100 kg d'aliment : Vit. A : 2 200 000 UI ; Vit. D<sub>3</sub> : 280 000 UI ;  $\alpha$  Tocophérol : 7,5 g ; Nicotinamide : 1,4 g ; Pantothénate de Ca : 800 mg ; Vit. B<sub>12</sub> : 0,14 mg ; Riboflavine : 600 mg ; Choline : 15 g ; BHT : 18 g ; Avoine q.s.p. : 650 g.

*Caractéristiques du régime T :*

Protéines totales (N $\times$ 6,25).....	21,1	p. 100
Énergie métabolisable.....	3,03	kcal/g
L-lysine .....	1,08	p. 100
Acides aminés soufrés.....	0,88	p. 100
dont Méthionine.....	0,57	p. 100

TABLEAU 2

*Croissance et consommation des poulets entre 11 et 19 jours d'âge*

Taux de lysine dans l'aliment (p. 100)	0,68	0,88	1,08
Poids initial (g) .....	109,6 $\pm$ 1,0 *	109,5 $\pm$ 0,9	109,7 $\pm$ 0,9
Gain de poids (g/j) .....	7,2 $\pm$ 0,9	8,8 $\pm$ 0,8	9,9 $\pm$ 1,2
Consom. d'aliment (g/j) ..	14,8 $\pm$ 1,4	16,0 $\pm$ 0,8	16,8 $\pm$ 1,0
Indice de consommation..	2,06 $\pm$ 0,15	1,81 $\pm$ 0,10	1,69 $\pm$ 0,11

\* Écart-type de la moyenne.

## RÉSULTATS

## I. — Croissance et consommation

La supplémentation du régime de base avec 0,2 et 0,4 p. 100 de lysine améliore significativement la croissance des animaux et leur indice de consommation (tabl. 2).

Toutefois, le gain de poids journalier reste faible par rapport aux performances habituellement obtenues dans les conditions normales d'élevage. La consommation journalière réduite sous l'effet du mode d'alimentation adopté n'est que peu modifiée par l'apport de lysine.

## 2. — Teneur totale du muscle en acides aminés libres

Nous n'avons dosé quantitativement que 14 acides aminés libres, les autres ont été soit imparfaitement séparés ; phénylalanine et tyrosine, soit en très faible proportion : cystine, citrulline et ornithine.

La somme des concentrations des acides aminés libres, déterminée dans ces conditions, varie de 34 à 160 mg/100 g de muscle au cours des 24 heures suivant la fin du repas unique (fig. 1). Les valeurs obtenues varient non seulement suivant l'heure de prélèvement des échantillons de muscle mais également en fonction du taux de lysine dans l'aliment.

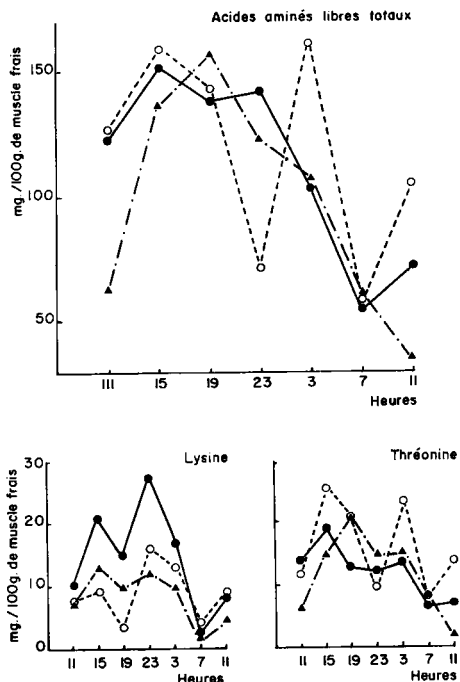


FIG. 1. — Variation au cours de la journée des concentrations en acides aminés libres du muscle chez le poulet nourri par repas. Influence de la lysine alimentaire.

Taux de lysine (p. 100) : ●—● 1,08 ; ▲—▲ 0,88 ; ○- - -○ 0,68

Chez les animaux nourris avec un régime à 1,08 p. 100 de lysine, la concentration totale des acides aminés libres du muscle augmente après le repas. Sa valeur est maintenue à un niveau élevé et peu variable entre 15 h et 23 h. Ensuite, elle décroît régulièrement. Le minimum est obtenu à 7 h du matin, soit 20 h après le repas. Bien que légèrement augmentée par la prolongation de la durée du jeûne, elle n'atteint pas la valeur observée la veille immédiatement après le repas.

La carence légère en lysine (0,88 p. 100) n'affecte pas profondément l'allure de la cinétique décrite ci-dessus. La courbe de variation au cours des 24 heures est superposable à celle établie pour les animaux bénéficiant du régime équilibré, à deux exceptions près. Tout d'abord, la valeur obtenue à la fin du repas est nettement plus faible (63 mg au lieu de 127 mg/100 g de muscle frais pour le régime équilibré). En outre, la prolongation de la durée du jeûne au-delà de 22 heures semble accentuer sa diminution.

En revanche, chez les animaux nourris avec le régime de base très carencé (0,68 p. 100 de lysine), la cinétique de la concentration totale du muscle en acides aminés libres est nettement perturbée. La courbe obtenue est bimodale. Elle est superposable à celle des autres lots entre la fin du repas et 19 h. Ensuite, elle accuse une diminution brutale suivie d'une importante augmentation, puis d'une nouvelle diminution. La teneur totale du muscle en acides aminés libres augmente lorsque la durée du jeûne se prolonge au-delà de 22 heures.

### 3. — Teneur du muscle en lysine libre

Le taux de lysine dans le régime ne semble pas influencer la cinétique de variation de la teneur du muscle en lysine libre. Les courbes établies pour les trois lots d'animaux sont semblables. Elles présentent chacune deux pics, l'un à 15 h, l'autre à 23 h. On observe également un minimum à 7 h. (fig. 1).

En considérant les valeurs obtenues à un moment donné de la journée dans les trois lots d'animaux, on note un effet du taux de lysine dans le régime sur la concentration de lysine libre du muscle. Pendant les huit heures suivant la fin du repas, les valeurs obtenues varient dans le même sens que le taux de supplémentation en lysine. La relation est même linéaire à 19 h. Cependant elle n'existe plus à partir de 23 h. En particulier, la concentration de lysine libre du muscle dans le lot nourri avec un régime subdéficient en lysine devient constamment inférieure à celle du lot le plus carencé en cet acide aminé.

### 4. — Variation des autres acides aminés libres

Mise à part la lysine, les autres acides aminés libres du muscle peuvent être répartis en deux catégories selon que leur cinétique est ou n'est pas affectée par la composition du régime. L'arginine, la thréonine, la sérine, l'acide aspartique, la glycine et l'histidine font partie de la première catégorie. Les courbes relatives aux lots nourris avec un régime équilibré ou peu déficient sont très semblables bien que les valeurs absolues des teneurs soient parfois très différentes (cas de la glycine). (fig. 2). Par contre, lorsque la carence en lysine est prononcée (régime à 0,68 p. 100 de lysine), la cinétique des teneurs ces en acides aminés évolue très irrégulièrement au cours de la journée. Dans tous les cas, on observe d'importantes diminutions à 23 h,

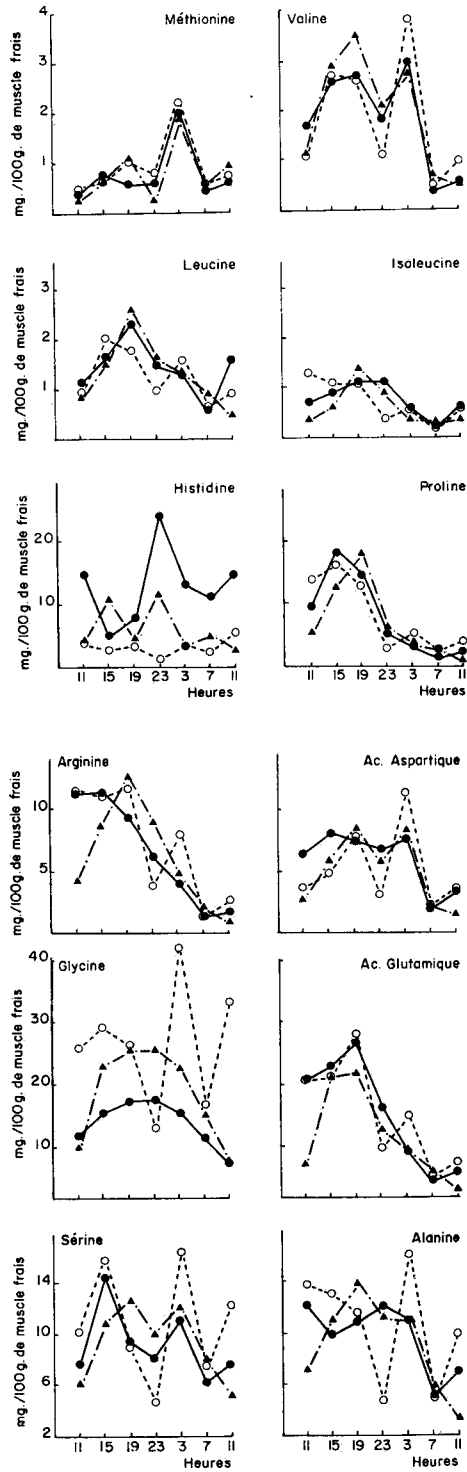


FIG. 2. — Variation au cours de la journée des concentrations en acides aminés libres du muscle chez le Poulet nourri par repas. Influence de la lysine alimentaire

Taux de lysine (p. 100) : ●—● 1,08 ; ▲---▲ 0,88 ; ○----○ 0,68

soit 12 h après la fin du repas. Dans le cas de l'histidine, la concentration, très faible, devient pratiquement constante au cours de la journée.

Les six autres acides aminés dosés : méthionine, acide glutamique, valine, leucine, isoleucine et proline sont indépendants du taux de lysine dans le régime. Leur concentration minimale est toujours observée à 7 h, les maxima par contre, variables en nombre, ont lieu à des heures différentes suivant la nature de chaque acide aminé. Les concentrations maximales se situent vers 19 h pour la leucine, la proline et l'acide glutamique, à 23 h pour l'isoleucine et 3 h pour la méthionine. Les courbes de variation de la thréonine, de l'acide aspartique, de la sérine et de la valine sont par contre bimodales : les pics de concentration sont à 19 h et 3 h.

En ce qui concerne la thréonine, il faut remarquer que les teneurs du muscle relatives aux trois lots sont généralement dans un ordre inverse du taux de lysine dans l'aliment. La concentration de thréonine libre est d'autant plus élevée que la déficience en lysine est plus accentuée. (fig. 1).

En résumé, les acides aminés libres du muscle peuvent être classés suivant deux critères : allure de la courbe de variation et influence de l'apport alimentaire de lysine. Dans le premier cas, on distingue deux catégories selon que la courbe de variation est simple (méthionine, leucine, isoleucine, proline, histidine, arginine, acide glutamique et glycine) ou bimodale (lysine, thréonine, sérine, alanine, acide aspartique et valine). Dans le deuxième cas, on peut noter que, dans la mesure où elle existe, l'influence du taux alimentaire de lysine affecte soit l'amplitude des variations (lysine, histidine, sérine, thréonine), soit la forme de la courbe de variation (acide aspartique, alanine et arginine), soit les deux (glycine).

## DISCUSSION

Les variations circadiennes des constituants sanguins et tissulaires chez de nombreuses espèces ont fait l'objet ces dernières années de plusieurs mises au point sous forme de revues bibliographiques : SIMONNET (1964) ; KAYSER et HEUSNER (1967) ; REINBERG (1970) ; FEIGIN, BEISEL et WANNEMACHER (1971).

Dans le cas du Poulet, SQUIBB (1966) avait montré que les concentrations des acides aminés libres du muscle variaient suivant un rythme circadien. Nos résultats ne permettent pas de conclure à l'existence d'un tel rythme. Pour cela il aurait fallu disposer, soit de plusieurs répétitions à chaque moment de la journée « étude transverse », soit de mesures étalées sur plusieurs jours « étude longitudinale » : REINBERG (1971). L'amplitude des variations observées, et surtout leur déphasage d'un acide aminé à l'autre milite cependant, malgré l'absence de tests statistiques, en faveur de l'existence de fluctuations circadiennes.

A ce point de vue nos résultats semblent en contradiction avec ceux de BOOMGARDT et MC DONALD (1969). Ces auteurs montrent qu'au cours du jeûne, les concentrations d'acides aminés libres, à l'exception de celles de la lysine et de la thréonine qui s'accumulent, varient très faiblement. Il faut noter que ces données sont obtenues au niveau du plasma chez le Poulet nourri selon un protocole tout différent (3 repas d'une heure par jour). En outre ni l'heure d'abattage ni le rythme d'éclaircissement ne sont précisés.

Un point ressort nettement de nos résultats : chaque acide aminé possède sa propre cinétique de variation alors que la somme des concentrations d'acides aminés libres dans le muscle résulte de l'apport alimentaire d'une part et du métabolisme protéique d'autre part ; les variations particulières de chaque acide aminé libre ne peuvent s'interpréter qu'en fonction de son métabolisme propre. Ainsi les nombreux pics de concentration observés à 3 heures dans le cas d'une carence prononcée en lysine résultent vraisemblablement d'un catabolisme tissulaire. En effet, l'apport alimentaire est inexistant à ce moment. Si cette hypothèse est exacte, il faut admettre que dans le cas de la leucine, l'isoleucine, l'histidine et la proline, l'apport du catabolisme tissulaire a été annulé par une dégradation enzymatique de ces acides aminés. Cela nous amène à attribuer, comme le font SHAMBAUGH et BEISEL (1968), une grande importance aux enzymes du catabolisme. Il en est ainsi de la diminution des teneurs en tyrosine et tryptophane plasmatiques liée à une augmentation d'activité intéressant respectivement la tyrosine transaminase (COBURN, SEIGENBERG et FULLER, 1968) et la tryptophane pyrrolase (RAPOPORT *et al.*, 1966).

Réciproquement, l'activité de ces enzymes est elle-même contrôlée par la quantité d'acides aminés libres servant de substrat. C'est ainsi qu'on explique de façon indirecte la relation entre les activités de la tyrosine transaminase et de la sérine déshydrogénase d'une part et la quantité de protéines ingérées d'autre part : WATANABE, POTER et PITOT, (1968).

Par ailleurs, certains acides aminés, bien que ne constituant pas de substrat, peuvent contrôler ces mêmes activités. Il en est ainsi de la méthionine et du tryptophane qui jouent le rôle d'inducteurs d'activité : NAKANO, KISHI, KURITA et ASHIDA, (1970). On peut donc penser que la lysine influe de cette façon sur l'activité des enzymes responsables du métabolisme des acides aminés libres dont la cinétique et la teneur sont modifiées par l'apport alimentaire de lysine.

En ce qui concerne la concentration en lysine libre, une relation directe entre cette teneur et le taux alimentaire existe pendant les huit premières heures qui suivent le repas, c'est-à-dire entre 11 h et 19 h.

Ainsi, il apparaît clairement que selon l'heure à laquelle on procède au prélèvement des échantillons, les teneurs en acides aminés libres du muscle sont en relation ou non avec la composition de l'aliment. Cela explique, au moins en partie, la diversité des résultats dans la littérature. Le mode d'alimentation, la durée du jeûne et le choix de l'heure des prélèvements d'échantillons sont autant de facteurs qui doivent être contrôlés et bien choisis pour étudier, au moins chez le Poulet, la valeur biologique des protéines au moyen des acides aminés libres du muscle.

*Reçu pour publication en juin 1972.*

## SUMMARY

### VARIATIONS DURING THE DAY IN CONCENTRATIONS OF FREE AMINO ACIDS IN MUSCLE OF CHICKENS FED FOR A RESTRICTED PERIOD. INFLUENCE OF DIETARY LYSINE

Chicks of meat type, 10 days old, were gradually trained so that they only ate one meal lasting 2 hours (9 to 11 a.m.) a day. They were divided into 3 groups and were given diets which differed only in that they had 1.08, 0.88 or 0.68 per cent lysine.



After two weeks, five chickens in each group were killed every 4 hours from the end of the feeding period. Free amino acids were estimated in breast muscle by column chromatography on resin.

When the diet had 1.08 or 0.88 per cent lysine, total free amino acid content of the muscle increased after feeding and remained fairly constant, at a high level, between 3 and 11 p.m. The rate of the change was distinctly modified in birds given the diet with 0.68 per cent lysine. Particularly noticeable was a large decline at 11 p. m. followed by a maximum at 3 a.m.

The lysine content of the diet did not seem to affect the general shape of the curve of free lysine concentration in the muscle. On the other, hand, contents observed at the same time of day were related to the dietary supply. The relation became linear between 11 a.m. and 7 p.m.

Variations in methionine, glutamic acid, valine, leucine, isoleucine and proline were independent of the composition of the diet in our experimental conditions. For the other free amino acids the influence of dietary supply of lysine seemed to be on the general trend of the curve or on the size of the variations. These effects are discussed in relation to enzymic reactions in the intermediary metabolism.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOOMGARDT J., McDONALD B. E., 1969. Comparison of fasting plasma amino acid patterns in the pig, rat and chicken. *Canad. J. Physiol. Pharmacol.*, **47**, 392-395.
- COBURN S. P., SEIDENBERG M., FULLER R. W., 1968. Daily rhythm in plasma tyrosine and phenylalanine. *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, **129**, 338-343.
- FEIGIN R. D., DANGERFIELD H. G., BEISEL W. R., 1969. Circadian periodicity of blood amino-acids in normal and adrenalectomised mice. *Nature*, **221**, 94-95.
- FEIGIN R. D., BEISEL W. R., WANNEMACHER R. W., 1971. Rhythmicity of plasma amino acids and relation to dietary intake. *Am. J. Clin. Nutr.*, **24**, 329-341.
- HAMILTON P. B., 1962. Ion exchange chromatography of amino acids. Microdetermination of free amino acids in serum. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **102**, 55.
- KAYSER C., HEUSNER A., 1967. Le rythme nyctéméral de la dépense d'énergie. Étude de physiologie comparée. *J. Physiol.*, **59**, 3-116.
- LARBIER M., GUILLAUME J., BLUM J.-C., 1971. Muscle levels of free lysine and methionine in chicks fed a single daily meal. *Nutr. Rep. Int.*, **3**, 273-276.
- MITCHELL J. R. Jr, 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.
- NAKANO K., KISHI T., KURITA N., ASHIDA K., 1970. Effect of dietary amino acids on amino acid catabolizing enzymes in rat liver. *J. Nutr.*, **100**, 827-836.
- PAWLAK M., PION R., 1968. Influence de la supplémentation des protéines de 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.*, **8**, 517-530.
- PIEZ K. A., MORRIS L., 1960. A modified procedure for the automatic analysis of amino acids. *Ann. Biochem.*, **1**, 187.
- RAPOPORT M. I., FEIGIN R. D., BRUTON J., BEISEL W. R., 1966. A circadian rhythm for tryptophan pyrolyase activity and its circulating substrate. *Science*, **153**, 1642-1644.
- REINBERG A., 1970. La chronobiologie, une nouvelle étape de l'étude des rythmes biologiques. *Sciences*, **1**, 181-197.
- REINBERG A., 1971. Methodologic considerations for human chronobiology. *J. interdisciplin. Cycle Res.*, **1**, 1-15.
- SHAMBAUGH G. E. III, BEISEL W. R., 1968. Endocrine influence on altered hepatic tyrosine transaminase activity during pneumococcal septicemia in the rat. *Endocrinology*, **83**, 965-974.
- SIMONNET H., 1964. Rythmes et cycles biologiques chez les organismes animaux. *Biol. Méd.*, **53**, 266-330.
- SQUIBB R. L., 1966. Diurnal rhythms of tissue components related to protein metabolism in normal and virus infected chicks. *J. Nutr.*, **90**, 71-75.
- STOCKLAND W. L., MEADE R. J., MELLIÈRE A. L., 1970. Lysine requirement of the growing rat : Plasma free lysine as a response criterion. *J. Nutr.*, **100**, 925-934.
- TALLAN H. H., MOORE S., STEIN W. H., 1954. Studies on the free amino acids and related compounds in the cat. *J. Biol. Chem.*, **211**, 927-939.

- WATANABE M., POTTER V. R., PITOT H. C., 1968. Systematic oscillations in tyrosine transaminase and other metabolic functions in liver of normal and adrenalectomized rats on controlled feeding schedules. *J. Nutr.*, **95**, 207-227.
- ZIMMERMAN R. A., SCOTT J. M., 1967. Plasma amino acid pattern of chicks in relation to length of feeding period. *J. Nutr.*, **91**, 503-506.
-