

UTILISATION ÉNERGÉTIQUE ET AZOTÉE DE RÉGIMES COMPORTANT DES ACIDES CAPRYLIQUE, LAURIQUE ET MYRISTIQUE PAR LE RAT EN CROISSANCE INFLUENCE DU NIVEAU D'ALIMENTATION

B. AUROUSSEAU

avec la collaboration technique de Françoise DUBOISSET, J. BEJOT et J.-C. PACROT

*Laboratoire d'Études des Métabolismes,
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I. N. R. A.,
63 - Saint-Genès-Champagnelle*

RÉSUMÉ

L'utilisation énergétique des acides gras à chaîne moyenne et leur influence sur les synthèses protéiques apparentes ont été étudiées chez le Rat en croissance en fonction du niveau d'ingestion et de la concentration en azote des régimes, au moyen de la méthode d'abattage et d'analyse des carcasses.

Une première expérience a mis en jeu trois régimes à forte teneur en azote équilibré (6,5 mg d'azote digestible par kcal d'énergie métabolisable) : deux régimes expérimentaux étaient constitués par substitution d'acide caprylique (aux niveaux de 25,8 p. 100 et de 28,2 p. 100 de EM du régime) à des quantités isoénergétiques de l'amidon d'un régime témoin. Trois lots ont été constitués à partir d'animaux présentant spontanément de hauts niveaux d'ingestion, trois autres à partir d'animaux présentant des niveaux d'ingestion moyens et deux autres à partir d'animaux restreints.

Une seconde expérience a mis en jeu quatre régimes à teneur moyenne en azote équilibré (5 mg d'azote digestible par kcal EM), un régime témoin comportant 12 p. 100 de EM sous forme de saccharose et trois régimes expérimentaux obtenus par substitution d'acides gras à chaîne moyenne à des quantités isoénergétiques d'amidon du régime témoin (cf. tabl. 1).

Les animaux utilisés dans ces expériences ont présenté des croissances variant de 5,5 à 6,5 g/j et ont fixé de 166 à 216 mg d'azote par jour.

Les résultats de la première expérience montrent que l'utilisation de l'énergie métabolisable est améliorée chez des animaux présentant spontanément un haut niveau d'ingestion ou chez des animaux restreints. Cette expérience permet, en outre, d'estimer à 93 p. 100 l'efficacité réelle de l'énergie de l'acide caprylique par rapport à celle de l'amidon, dans des conditions où cet acide n'exerce aucune influence sur la rétention azotée.

Au cours de la seconde expérience, l'introduction, dans des régimes à teneur moyenne en azote, d'acide caprylique, d'acides laurique et myristique, ou des trois acides en mélange, réduit la fixation d'énergie de 10, 13 ou 10 p. 100 ($P = 0,001$) et améliore le coefficient d'utilisation pratique de l'azote des régimes de 5 points ($P = 0,01$), 3,5 ou 2 points ($P = 0,10$).

Ces résultats, joints à ceux de travaux antérieurs (AUROUSSEAU *et al.*, 1971; VERMOREL et AUROUSSEAU, 1970), permettent d'espérer pour les acides gras à chaîne moyenne une double application zootechnique, ce type de nutriment pourrait permettre d'améliorer la croissance du jeune animal domestique ou de maîtriser son état d'engraissement.

INTRODUCTION

La croissance intensive du jeune monogastrique pose un certain nombre de problèmes de nutrition énergétique. En effet, l'extériorisation des potentialités génétiques des animaux en croissance exige des conditions nutritionnelles favorables à l'obtention, d'une part, de synthèses protéiques aussi élevées que possible, et d'autre part, de carcasses de bonne qualité (maîtrise de la lipogenèse). En particulier, la nature et les proportions des différents nutriments énergétiques semblent jouer un rôle important chez le jeune. Ainsi le glucose et les matières grasses (MATHIEU et de TUGNY, 1965) ainsi que l'huile de Coprah (TOULLEC communication personnelle) exercent une influence favorable sur la croissance du veau, tandis que les acides caproïque (C₆) et palmitique (MOHRHAUER et HOLMAN, 1967), caprylique (C₈) et oléique (BOLLINGER et REISER, 1956, HARKINS et SARRET, 1968) ou des mélanges d'acides gras à chaîne moyenne (KAUNITZ *el al.*, 1968) ont, chez le rat, une influence comparable. Ces auteurs se sont limités à la détermination des gains de poids, aussi avons-nous entrepris l'étude de l'utilisation de l'énergie et de l'azote de régimes comportant des acides gras à chaîne moyenne. Dans un premier temps, nous avons utilisé le rat comme animal expérimental, ce qui nous permet de mieux approfondir les phénomènes et de multiplier le nombre d'essais.

Dans une première expérience (AUROUSSEAU *el al.* 1971), l'introduction d'acide caprylique dans un régime (20 p. 100 de EM) a entraîné un accroissement de 9 p. 100 de la quantité d'azote retenu et une diminution de 8 p. 100 des quantités d'énergie fixée (diminution des lipides fixés). En revanche, à l'occasion d'une deuxième expérience (VERMOREL et AUROUSSEAU, 1970), l'acide caprylique a encore entraîné une réduction des quantités d'énergie fixée (10 p. 100) mais n'a eu aucun effet sur la rétention azotée. Enfin, au cours d'une expérimentation de courte durée en chambres respiratoires (AUROUSSEAU et VERMOREL, 1971), l'acide caprylique a accru les synthèses protéiques (+ 8 p. 100) chez le jeune rat de 80 g et les a réduites (— 9 p. 100) chez le rat pubère de 220 g. Dans cet essai, l'acide caprylique n'a eu aucune influence sur l'utilisation de l'énergie des régimes par les jeunes rats de 80 g mais, chez les animaux pubères, il a réduit la quantité d'énergie fixée chez les rats présentant de hauts niveaux d'ingestion.

Les deux expériences rapportées ci-dessous ont été entreprises dans le but de préciser, compte tenu de ces résultats contradictoires, l'influence des acides gras à chaîne moyenne sur l'utilisation par le rat en croissance de l'énergie et de l'azote des régimes, en fonction des équilibres entre les différents nutriments qui les composent ou en fonction du niveau d'alimentation.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. — Animaux. Schéma expérimental

Les expériences ont été réalisées selon le principe d'abattage et analyse des carcasses. Pour cela, des lots de 15 rats mâles de souche *Wistar* d'un poids moyen de 70 g sont constitués. La répartition entre les lots s'effectue selon le poids et le gain de poids observés au cours d'une période pré-

TABEAU I
Tableau synoptique des expériences

Expériences	Exp. I			Exp. II			
	Tri C ₈ A	Tri C ₈ B	Glucides C	Coprah + Tri C ₈ D	Coprah E	Tri C ₈ F	Glucides G
Régimes étudiés (1)							
Énergie de l'acide gras % énergie du régime	30 p. 100	25 p. 100	—	30 p. 100 (3)	15 p. 100 (3)	15 p. 100	—
Équilibre du régime mg Nd/kcal EM (4)	6,4	6,3	6,6	4,8	4,7	4,9	5,1
Lots (2)	A ₂ A ₁	B ₃ B ₂ B ₁	C ₃ C ₂ C ₁	D	E	F	G
Nombre d'animaux conservés	13 11	12 13 11	13 15 13	14	9	10	10
Durée de l'expérience	25 jours			21 jours			
Méthode	Expériences en lot — abattage et détermination de la composition corporelle						

(1) Tri C₈ = Tricapryline
Coprah = huile de coprah.

(2) A₁, B₁, C₁ = lots constitués d'animaux présentant spontanément de hauts niveaux d'ingestion.
A₂, B₂, C₂ = lots constitués d'animaux présentant les niveaux d'ingestion normaux.

B₃, C₃ = lots constitués d'animaux soumis à une légère restriction alimentaire.

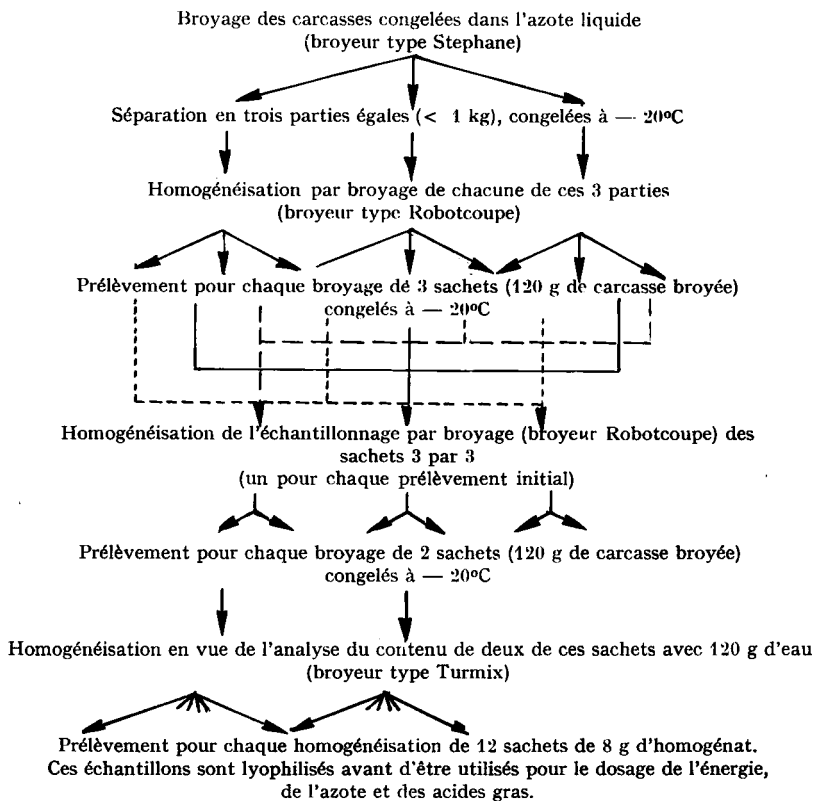
(3) Dans les deux cas, 15 p. 100 de l'EM sont apportés par les acides gras moyens de l'huile de coprah, les régimes sont composés de telle sorte que l'apport d'acides gras longs soit identique dans les 4 régimes. Dans le régime D, 15 p. 100 de l'énergie sont apportés sous forme d'acide caprylique.

(4) Nd = Azote digestible.
EM = Énergie métabolisable.

expérimentale de 4 jours pendant laquelle les animaux reçoivent un aliment standard du commerce. En fin d'expérience, on conserve dans chaque lot 9 à 15 animaux dont les ingestions d'énergie métabolisable sont voisines (± 5 p. 100).

Dans l'Expérience I, trois régimes ont été comparés. Pour deux d'entre eux (Régimes « Glucides » et « Tricapryline 25 p. 100 »), trois lots ont été constitués :

- un premier lot à partir d'animaux présentant spontanément un haut niveau d'ingestion (respectivement pour chacun des deux régimes, lots C₁ et B₁),
- un 2^e lot à partir d'animaux présentant un niveau d'ingestion « normal » (lots C₂ et B₂),
- un 3^e lot à partir d'animaux soumis à une restriction alimentaire de 10 p. 100 (lots C₃ et B₃).



N. B. Les sachets non utilisés constituent une réserve en vue d'analyses complémentaires.

SCHEMA I. — Expérimentation en lots : préparation des échantillons dans le cas du broyage et de l'analyse de lots entiers

Pour le 3^e régime (régime « Tricapryline 30 p. 100 »), 2 lots seulement ont été constitués, correspondant à des animaux présentant des niveaux d'ingestion bas ou élevés (lots A₂ et A₁) : en raison de la mauvaise appétibilité de ce régime, les consommations spontanées ont été très variables et ces deux lots ont été constitués en limitant les consommations, de certains animaux.

Cette expérience a duré 25 jours.

Dans l'expérience II, 4 lots expérimentaux ont été constitués. Les animaux ont été restreints de telle sorte qu'ils présentent des ingestions d'énergie métabolisable (EM) et une évolution des consommations identiques pour les 21 jours d'expérience.

TABLEAU 2
 Composition centésimale des régimes expérimentaux

Lots expérimentaux	Exp. I			Exp. II			
	Tri C 8 30 % A	Tri C 8 25 % B	Glucides C	Coprah-Tri C 8 30 % D	Coprah 15 % E	Tri C 8 15 % F	Glucides G
Farine de poisson	258,9	254,8	211,2	217,3	196,7	196,5	177,5
AAI (1)	10,4	40,2	8,5	9,0	8,1	8,1	7,3
Amidon de blé	389,4	411,7	638,4	364,0	502,0	488,6	596,3
Mélange vitaminiq. (2)	10,7	40,5	8,7	9,5	8,6	8,6	7,8
Saccharose	—	—	—	142,9	129,4	129,3	116,8
Huile de maïs + vitadone	21,4	21,0	17,5	19,1	17,3	17,2	15,6
Huile d'arachide	56,7	55,8	46,3	—	—	—	—
Huile de palme	—	—	—	4,8	4,3	23,3	21,0
Huile de coprah	—	—	—	91,5	82,8	—	—
Tricapryline	189,4	173,7	—	85,8	—	77,6	—
Glycérol	—	—	27,9	—	—	—	11,7
Agar agar	21,4	21,0	17,5	19,0	17,3	17,2	15,6
Mélange minéral (3)	41,7	41,1	34,0	37,2	33,6	33,6	30,4
Teneur en énergie (kcal/g MS)	5,344	5,267	4,525	5,231	4,795	4,817	4,439
Teneur en azote (mg/g MS)	39,62	39,26	34,47	26,7	24,9	24,8	23,70
AG (% EM du régime) (4)	28,2	25,8	—	29,0	14,1	14,9	—

(1) Mélange des acides aminés indispensables suivants : méthionine (40 p. 100), phénylalanine (24,6 p. 100), lysine (12,3 p. 100), tryptophane (12,3 p. 100), thréonine (5,5 p. 100), isoleucine (5,5 p. 100).

(2) Mélange vitaminiq. incorporé à de l'amidon de blé.

(3) Mélange minéral : PAWLACK et GUSCEN 1966.

(4) Part des acides gras expérimentaux dans l'apport de l'énergie métabolisable (EM) du régime.

B. — Régimes (tabl. 2)

L'apport d'azote dans les régimes a été assuré par de la farine de hareng de Norvège supplémentée en méthionine, phénylalanine, lysine, tryptophane, thréonine et isoleucine (10 p. 100 des acides aminés indispensables totaux).

Les régimes comportaient, en outre, 10 p. 100 de mélanges vitaminique et minéral, 2 p. 100 d'huile de maïs (couverture des besoins en acides gras essentiels), ainsi que 5 p. 100 en poids d'acides gras longs apportés, soit par l'huile d'arachide (Exp. I), soit par l'huile de palme (Exp. II). En outre, les régimes de l'expérience II comportaient 8 p. 100 de saccharose.

L'acide caprylique a été introduit dans les régimes expérimentaux sous forme de tricapryline, en substitution de quantités isoénergétiques de l'amidon de régimes témoins. Ces derniers comportaient des quantités de glycérol égales à celles apportées par la tricapryline.

Pour l'étude de l'utilisation énergétique des acides gras moyens de l'huile de Coprah les régimes ont été constitués selon les mêmes principes. L'apport d'huile de palme a été réduit pour assurer des apports égaux des différents acides gras longs dans les quatre régimes, compte tenu de ceux apportés par l'huile de coprah.

C. — Préparation des échantillons

Pour des raisons matérielles, nous avons abandonné le broyage et l'analyse individuelle de la carcasse de chaque animal. En effet, les résultats de nos expériences antérieures comportant le broyage et l'analyse individuelle des carcasses montrent que les coefficients de variation des teneurs en énergie et en azote des carcasses à l'intérieur d'un lot varient de 4 à 6 p. 100. Nous avons donc retenu, pour procéder à l'analyse statistique de nos résultats sans disposer des résultats, individuels, cette valeur maximale de 6 p. 100 du coefficient de variations individuelles. Les animaux ont été congelés dans l'azote liquide et broyés par lots entiers, les échantillons destinés à l'analyse sont préparés selon le protocole décrit sur le schéma (1). Les dosages ont été réalisés pour chaque lot sur 3 prises de chaque échantillon et sur 2 échantillons préparés séparément.

D. — Analyses

Les caractéristiques de chaque régime (digestibilité de l'énergie et de l'azote, EM) ont été établies au cours d'un essai préliminaire avec 6 animaux présentant des ingestions de EM comparables à celle des animaux expérimentaux.

En vue de l'obtention des bilans énergétiques et azotés, l'énergie brute des aliments, des fecès, des urines et des carcasses a été déterminée à l'aide d'un calorimètre adiabatique et leurs teneurs en azote par la méthode macrokjehl.

Enfin, ces résultats ont été complétés par des bilans d'acides gras (publication en cours).

E. — Méthodes d'étude ; interprétation

L'utilisation de l'azote des régimes a été évaluée par comparaison des bilans azotés d'une part, et des coefficients d'utilisation pratique (CUP) et de rétention apparente (CRa) de l'azote d'autre part ; l'utilisation de l'énergie a été déterminée par comparaison des bilans énergétiques ou des proportions de EM fixée. De plus, l'utilisation énergétique des acides gras a été comparée à celle de l'amidon. Pour cela on a calculé les quantités d'EM qui auraient été nécessaires aux rats du « glucides » pour fixer des quantités d'énergie identiques à celles fixées par les lots expérimentaux selon la méthode indiquée précédemment (AUROUSSEAU *et al.*, 1971). Ce calcul approché permet de comparer l'efficacité de l'utilisation de l'énergie d'un nutriment particulier à celle de l'amidon chez des animaux qui ingèrent des quantités égales d'EM : pour comparer entre eux différents niveaux d'alimentation (Exp. I), on a rapporté (tabl. 5) les besoins d'entretien et de production quotidiens à l'unité de poids métabolique.

TABLEAU 3

Exp. I. — Principaux résultats expérimentaux

Lots expérimentaux (1)	A ₂		B ₃		C ₃		A ₁		B ₁		C ₂		C ₁	
	Tri C ₈ 30 p. 100		Tri C ₈ 25 p. 100		Tri C ₈ 25 p. 100		Glucides		Tri C ₈ 25 p. 100		Glucides		Glucides	
Régime correspondant														
EM p. 100 EB (2)	93,5	95,5	95,5	95,5	91,1	93,5	95,5	91,0	95,5	91,0	91,0	91,0	91,0	91,0
EM ingérée 25 jours (kcal)	1 294	1 298	1 298	1 439	1 420	1 503	1 520	1 526	1 520	1 520	1 526	1 526	1 688	1 688
EM des acides gras (kcal)	365	334	334	371	—	424	392	—	392	—	—	—	—	—
Gain de poids vif (g/l)	5,5	5,3	5,3	5,7	6,0	6,0	6,0	6,2	6,0	6,0	6,2	6,2	6,8	6,8
MS des carcasses p. 100	32,6	32,7	32,7	33,0	32,9	33,6	33,9	32,8	33,9	33,9	32,8	32,8	35,1	35,1
E fixée 25 jours (kcal)	292	297	297	332	352	372	383	372	383	383	372	372	462	462
(a) E fixée corrigée (kcal) (3)	295	297	297	332	365	384	383	368	383	383	368	368	462	462
Azote retenu 25 jours (g)	4,16	4,05	4,05	4,73	4,86	4,86	4,92	5,10	4,92	4,92	5,10	5,10	5,41	5,41
Azote retenu (mg/jour)	166	162	162	189	194	194	197	204	197	197	204	204	216	216
CUP de l'azote p. 100 (4)	45,0	44,1	44,1	46,4	46,2	46,0	45,7	45,5	45,7	45,7	45,5	45,5	43,8	43,8
(b) Calculs théoriques														
(c) Diff. E fixée (kcal) (5)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E de production correspondante (kcal EM) (6)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(d) Besoins totaux (kcal EM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(e) Diff. EM acide gras (kcal)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(f) EM amidon correspondant à ε (kcal)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(g) Efficacité de l'énergie des AG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(1) Les lots sont regroupés dans ce tableau en fonction du niveau d'ingestion.

(2) EM = énergie métabolisable ; EB = énergie brute ; E fixée = Énergie fixée.

(3) Pour un calcul approché, on utilise une valeur du rendement de l'utilisation de l'EM pour la croissance de 70 p. 100.

(4) CUP = coefficient d'utilisation pratique de l'azote = $\frac{\text{Azote fixé} \times 100}{\text{Azote ingéré}}$

(a) On corrige l'énergie fixée pour la différence de EM ingérée, en limitant des corrections aux lots présentant des niveaux d'ingestions comparables.

(b) Ce type de calcul est destiné à déterminer quelle quantité d'énergie il aurait fallu apporter sous forme d'amidon, en remplacement de l'énergie des acides gras expérimentaux, pour obtenir des performances comparables.

(c) Pour chaque niveau d'ingestion, on choisit un régime de référence et on calcule la différence d'énergie fixée entre les lots expérimentaux et les lots de référence correspondants (soit B₃, C₃ et C₂).

(d) Besoins en énergie métabolisable pour obtenir des performances comparables.

(e) Cette quantité est obtenue en soustrayant à la valeur algébrique de la différence entre les besoins en EM du lot expérimental et du lot servant de référence.

(f) L'efficacité de l'énergie des acides gras est exprimée en p. 100 de celle de l'amidon $g = \frac{f \times 100}{e}$

RÉSULTATS

I. — *Utilisation de l'énergie des régimes*

Le tableau 3 et la figure 1 présentent les résultats relatifs à l'expérience I. L'acide caprylique a réduit de 10 p. 100 la quantité d'énergie fixée chez les animaux du lot B₂, mais il l'a accrue de 4 p. 100 chez les animaux des lots A₁ et B₁. En effet, l'utilisation

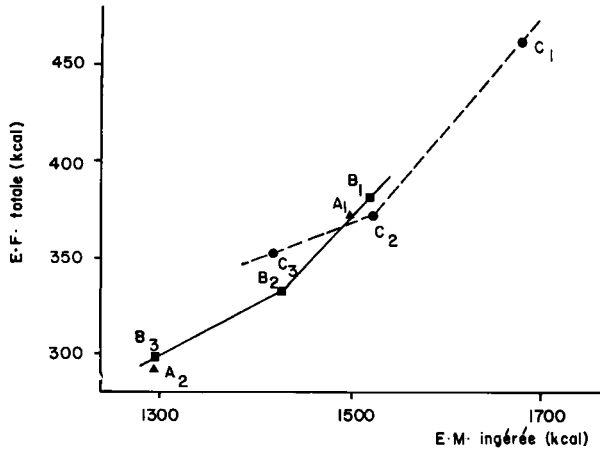


FIG. 1. — Expérience III

Relation entre l'ingestion d'E. M. et la fixation d'énergie

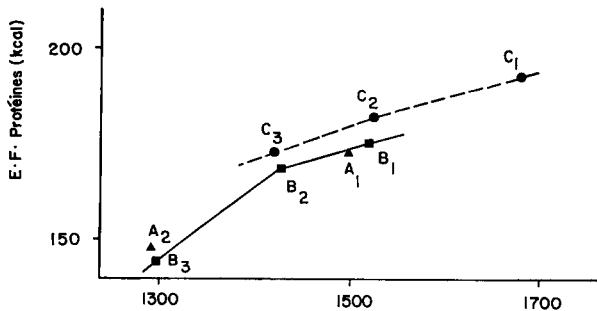


FIG. 2. — Expérience II

Relation entre l'ingestion d'E. M. et la fixation de protéines

—●— Régime "Glucides"
 —■— Régime "T-C B 25%"
 ▲ Régime "T-C B 30%"

de l'énergie a été meilleure chez les animaux restreints (lots B₃, C₃) ou chez les animaux présentant spontanément un haut niveau d'ingestion (lots A₁, B₁, C₁), que chez les animaux « normaux » (lots A₂, B₂, C₂). Ainsi, les animaux à tendance hyper-

phagique des lots A₁ et B₁ ont utilisé l'énergie de l'acide caprylique avec une efficacité supérieure de 5 p. 100 à celle de l'amidon dans le cas des rats « normaux » du lot C₂. En revanche, les animaux « normaux » des lots A₂ et B₂ ont utilisé l'énergie de l'acide caprylique avec une efficacité inférieure de 12 p. 100 à celle de l'amidon dans le cas des animaux restreints du lot C₃.

Les résultats relatifs à l'expérience II sont présentés dans le tableau 4. L'introduction dans les régimes d'acide caprylique apporté par la tricapyryline (15 p. 100 de EM) d'acides gras à chaîne moyenne apportés par l'huile de coprah (14 p. 100 de l'EM) et comportant 58 p. 100 de C₁₂ et 22 p. 100 de C₁₄, ou des deux fractions à la fois (29 p. 100 de l'EM) a réduit la quantité d'énergie fixée respectivement de 10, 13 et 10 p. 100 (P = 0,001). L'efficacité de l'énergie des acides gras expérimentaux par rapport à celle de l'amidon a été de 76, 72 et 90 p. 100 respectivement.

TABLEAU 4

Exp. II. — Principaux résultats expérimentaux

Régimes étudiés	Coprah Tri C ₈ 30 %	Coprah 15 %	Tri C ₈ 15 %	Glucides
EM % EM (1)	94,8 (2)	93,3	93,7	92,1
CUDA azote % (1)	89 (2)	87,6	89,0	87,6
(a) EM ingérée 21 jours (kcal)	1 214	1 217	1 200	1 207
(b) EM acides gras étudiés (kcal)	351	172	179	—
Gains de poids vif (g/j)	6,2	6,0	6,5	6,5
MS des carcasses %	34,1	32,9	32,8	34,7
(c) E fixée 21 jours (kcal)	293	286	283	318
E fixée corrigée (kcal) (3)	283	274	283	313
Azote retenu 21 jours (g)	3,68	3,79	3,92	3,81
Azote retenu (mg/jour)	175	180	187	181
CRa (1)	—	65,8	66,7*	62,2*
CUP (1)	57,0	57,6	59,4	54,5
Calculs théoriques (4)				
(d) EM Production « glucides » (kcal)	419	409	404	454
(e) EM entretien « glucides » (kcal)	753	753	753	753
(f) EM totale « glucides » (kcal)	1 172	1 162	1 157	1 207
(g) EM amidon correspondant à (b)	316	124	136	—
(h) Efficacité de l'énergie des AG (%)	90,0	72,1	76,0	—

(1) EM = Énergie métabolisable ; EB = Énergie brute ; E. fixée = Énergie fixée.

CUDA Azote = Coefficient d'utilisation digestive apparent de l'Azote.

CRa = Coefficient de rétention apparent de l'azote.

CUP = Coefficient d'utilisation pratique de l'azote.

(2) Les caractéristiques d'utilisation de l'énergie et de l'azote de ce régime n'ont pas été étudiées, mais estimées par calcul.

(3) E fixée corrigée pour un niveau d'ingestion de 1 200 kcal EM. Pour un calcul approché on utilise une valeur du rendement de l'utilisation de l'EM pour la croissance de 70 p. 100.

(4) cf. AUROUSSEAU *et al.* 1971.

* Différence significative au seuil P = 0,01.

(h) L'efficacité de l'énergie des acides gras est exprimée en % de celle de l'amidon $\frac{h = g}{b} \times 100$.

Dans tous les cas, l'influence des acides gras alimentaires sur les quantités d'acides gras déposées pendant la période expérimentale a été identique à leur influence sur la fixation d'énergie.

2. — Utilisation de l'azote des régimes

Dans l'expérience I, pour une concentration azotée élevée des régimes (de l'ordre de 6,5 mg d'azote digestible/kcal EM), l'acide caprylique n'a eu aucun effet sur l'utilisation de l'azote des régimes.

En revanche, dans l'expérience II, pour une concentration azotée moyenne des régimes (de l'ordre de 5 mg Nd/kcal EM), l'acide caprylique (15 p. 100 EM) a amélioré significativement ($P = 0,01$), de 5 points environ, les coefficients d'utilisation pratique et de rétention apparent de l'azote (tabl. 4). Dans les mêmes conditions, les acides laurique et myristique de l'huile de coprah ont eu sur la rétention azotée une influence comparable = amélioration ($P = 0,10$), de 3,5 points environ, des CRA et CUP de l'azote. Enfin, l'action combinée des 3 acides accroît ($P = 0,10$) de 2 points les CUP et CRA de l'azote des régimes.

DISCUSSION

1. — Utilisation énergétique des régimes et des acides gras à chaîne moyenne

Les résultats de l'expérience montrent que, par rapport à des animaux présentant des niveaux d'ingestion normaux et nourris *ad libitum*, des animaux soumis à de légères restrictions alimentaires semblent utiliser plus efficacement l'EM qu'ils ingèrent. En effet, en admettant que le rendement de l'utilisation de l'énergie pour la production ne soit pas altéré par le niveau d'ingestion, on peut calculer (tabl. 5) que, chez ces animaux, le besoin d'entretien rapporté au kg de poids métabolique est réduit de 2 à 3 p. 100. Ce résultat est en accord avec les travaux de KAUNITZ (1957) et de MORIN-JOMAIN (1962) qu'il complète : en effet, ces auteurs ont mis en évidence que le fait de soumettre des rats en croissance à des restrictions alimentaires sévères réduisait les besoins d'entretien dans d'importantes proportions, l'importance de cette réduction variant avec la composition du régime (KAUNITZ 1956, 1958). On peut calculer également, selon un principe utilisé précédemment (AUROUSSEAU *et al.*, 1971), quelle quantité d'énergie les animaux restreints auraient pu fixer s'ils avaient utilisé l'EM qu'ils ont ingérée avec les mêmes rendements que les animaux présentant des niveaux d'ingestion normaux et nourris *ad libitum*. Ce calcul montre (tabl. 5) que les animaux restreints des lots B₃ et C₃ ont accru respectivement de 9 et 4 p. 100 leur fixation d'énergie, par rapport à des animaux normaux.

Par comparaison aux animaux « normaux » (lots B₂ et C₂), les animaux sélectionnés sur la base de niveaux d'ingestion spontanés élevés (lots B₁ et C₁) semblent également utiliser plus efficacement l'EM qu'ils ingèrent. Ces animaux fixent des proportions plus élevées de lipides et, de ce fait, présentent vraisemblablement un meilleur rendement de l'énergie pour la production. En effet, il semble bien établi

TABEAU 5
Exp. I — Étude critique des résultats

Régimes expérimentaux	Tri C ₈ — 25 p. 100				Glucides		
	B ₃	B ₂	B ₁	C ₃	C ₂	C ₁	
EM 25 jours (kcal) (1)	1 298	1 439	1 520	1 420	1 526	1 683	
EF 25 jours (kcal) (1)	297	332	383	352	372	462	
EF % EM	22,9	23,1	25,2	24,8	24,4	27,4	
Poids métabolique moyen (kg W ^{0,75})	0,213	0,236	0,241	0,225	0,239	0,258	
EM/j/kg W ^{0,75} (kcal)	243,8	254,7	252,3	252,4	253,4	261,0	
EF/j/kg W ^{0,75} (kcal)	55,8	58,8	63,6	62,6	62,3	71,6	
E Production/j/kg W ^{0,75} (kcal) (2)	80	86	90	90	90	100	
E entretien/j/kg W ^{0,75} (kcal)	164	169	162	162	165	161	
(a) Diff. de EM 25 jours (kcal)	— 141	—	+ 81	— 106	—	+ 155	
(b) Diff. de besoins d'entretien 25 jours (kcal)	— 54	—	+ 64	— 58	—	+ 78	
(c) Diff. de E de Production 25 jours (kcal)	— 87	—	+ 17	— 48	—	+ 77	
(d) Diff. de EF 25 jours théorique (kcal) (2)	— 61	—	+ 12	— 34	—	+ 54	
(e) Diff. de EF 25 jours observée (kcal)	— 35	—	+ 51	— 20	—	+ 90	
(f) E fixée en supplément (kcal)	+ 26	—	+ 39	+ 14	—	+ 36	
E fixée en supplément (% EF)	+ 8,8	—	+ 10,2	+ 4,0	—	+ 7,8	

(1) EM = Énergie métabolisable ; EF = Énergie fixée.

(2) On utilise un rendement moyen de l'utilisation de l'EM pour la croissance de 70 p. 100.

(a) Pour chaque régime, on compare au lot de référence présentant un niveau d'ingestion moyen (respectivement B₂ et C₂), et on calcule la différence d'EM ingérée entre les lots extrêmes et ce lot de référence.

(b) Calculée à partir des besoins d'entretien du lot de référence (B₃ ou C₃).

(c) = a - b.

(d) c × 0,70.

(e) Supplément de E fixée réellement par rapport à la valeur théorique.

(f) = e - d.

que le coût énergétique de la protéinogénèse soit plus élevé que celui de la lipogénèse (SCHIEMAN; 1970, OSLAGE *et al.*, 1970; THORBEC, 1970). Dans ces conditions, on peut calculer, comme précédemment, quelle quantité d'énergie ces animaux auraient pu fixer s'ils avaient utilisé l'EM qu'ils ont ingérée, avec les mêmes rendements que les animaux « normaux ». Ce calcul montre (tabl. 5) que les animaux hyperphagiques des lots B₁ et C₁ ont accru respectivement de 10 et 8 p. 100 leur fixation d'énergie par rapport aux animaux « normaux » des lots B₂ et C₂.

Si l'on corrige alors les quantités d'énergie fixée par les rats des lots A₁, B₁ et B₂, C₁ et C₂ en tenant compte de l'influence du niveau d'ingestion, on peut, à l'aide de la méthode décrite antérieurement (AUROUSSEAU *et al.*, 1971), estimer l'efficacité réelle de l'utilisation de l'acide caprylique à 93 p. 100 de celle de l'amidon. Il semble donc que l'estimation à 85 p. 100 de cette efficacité qui avait été obtenue au cours d'expériences précédentes (VERMOREL et AUROUSSEAU, 1970) ait été sous-estimée du fait des conditions expérimentales : une légère restriction alimentaire avait été imposée aux animaux recevant le régime témoin. Ces observations remettent en cause la technique de « Pair-feeding », à laquelle il convient d'apporter quelques aménagements. Des conclusions analogues s'étaient dégagées des travaux de RIDER et CHOW, (1971).

Dans l'expérience II, la moins bonne efficacité de l'acide caprylique (76 p. 100 de celle de l'amidon) ou des acides gras à chaîne moyenne de l'huile de coprah (72 p. 100 de celle de l'amidon), peut être reliée à l'accroissement de la protéinogénèse, dont le coût énergétique est supérieur à celui de la lipogénèse, comme il a été discuté plus haut. L'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'énergie des acides caprylique, laurique et myristique donnés en mélange à des rats (90 p. 100 de celle de l'amidon), peut s'expliquer par une diminution de la protéinogénèse au bénéfice de la lipogénèse d'une part, et par l'accroissement du dépôt, sans transformation, d'acides laurique et myristique d'autre part, comme le montrent le bilan d'azote et le bilan d'acides gras (publication en cours). Le dépôt direct d'acides gras dans les tissus s'effectue, en effet, avec un rendement élevé : 122 p. 100 par rapport à la synthèse d'acides gras longs à partir des glucides (CHUDY et SCHIEMAN, 1968). Il faut noter, en outre, que, au cours d'expériences précédentes (AUROUSSEAU *et al.*, 1971; VERMOREL et AUROUSSEAU, 1970), et de l'expérience I, il n'a pas été observé un tel accroissement du rendement de l'utilisation de l'énergie de l'acide caprylique lorsque cet acide gras a apporté des quantités croissantes de l'EM des régimes (15, 20, 25 ou 30 p. 100 de EM). Les acides laurique et myristique ont donc un comportement particulier : apportés en quantité réduite, ils sont en grande partie catabolisés à des fins énergétiques, mais par suite à des apports simultanés d'acides gras plus courts, ils s'accumulent dans les dépôts.

2. — Utilisation de l'azote des régimes

L'introduction d'acide caprylique dans les régimes a eu des influences contradictoires sur les synthèses protéiques apparentes. Dans le cas où l'azote des régimes était équilibré en AAI pour une teneur moyenne des régimes en azote, de l'ordre de 5,0 mg Nd/kcal. EM (Exp. II), l'acide caprylique a amélioré significativement l'utilisation de l'azote des régimes (+ 4,9 points pour le coefficient d'utilisation pratique et + 4,5 points pour le coefficient de rétention apparent). Pour des teneurs des régimes en azote plus fortes (Exp. I) ou plus faibles (VERMOREL et AUROUSSEAU, 1971), cet

acide n'a pas modifié l'utilisation de l'azote des régimes. Des mesures individuelles de la rétention azotée effectuées sur de courtes périodes (9 jours) et sur un petit nombre d'animaux (4 à 6 par lot) nous avaient permis de faire des observations identiques : des teneurs croissantes en acide caprylique semblaient accroître la quantité d'azote fixée par jour, chez des rats en croissance de 100 à 160 g ingérant des régimes dont les teneurs en azote équilibré étaient voisines de 5,3 mg Nd/kcal EM ; A cette concentration azotée, l'utilisation de l'azote des régimes (coefficients d'utilisation pratique ou de rétention apparent) était maximum, quelle que soit la source d'énergie.

Il est possible que, pour les régimes les plus riches en azote, l'absence d'influence de l'acide caprylique sur le dépôt de protéines puisse s'expliquer par l'existence d'une vitesse limite d'utilisation des acides aminés pour l'anabolisme protéique (VELU *et al.*, 1971). Cette hypothèse est à rapprocher des observations de divers auteurs (COHN *et al.*, 1964 ; SCHIMKE, 1962 ; WU et WU, 1950) selon lesquelles la répartition en plusieurs repas de la ration du rat blanc diminue l'excrétion azotée urinaire pour des apports importants de protéines alimentaires, mais n'a aucune influence pour de faibles apports de protéines alimentaires. Dans le cas des régimes les moins riches en azote, en revanche, on peut attribuer à l'insuffisance d'acides aminés l'origine de l'absence d'influence de l'acide caprylique sur la protéinogénèse.

L'acide caprylique avait également accru les synthèses protéiques (+ 9 p. 100) dans le cas de régimes à teneur moyenne en azote non équilibré (AUROUSSEAU *et al.*, 1971). Le calcul montre que l'apport de méthionine, acide aminé limitant du régime, était dans ce cas inférieur de 10 p. 100 à celui de l'expérience II et comparable à celui des régimes à basse teneur en azote équilibré (VERMOREL et AUROUSSEAU, 1971). Il semble y avoir dans ce cas interaction entre l'acide caprylique et les acides aminés ingérés en excès. Une telle interaction semble possible à la faveur de l'utilisation de ces acides aminés excédentaires pour la néoglucogénèse induite par le catabolisme des acides gras et de l'acide caprylique en particulier (EXTON *et al.*, 1969 ; WILLMS et SÖLING, 1968), mais ceci n'est qu'une hypothèse.

Par ailleurs, pour des régimes à faible teneur en azote (4,5 mg Nd/kcal EM), une expérimentation en lot de longue durée (30 jours) sur des rats en croissance de 70 à 220 g ne permet de déceler aucune influence de l'acide caprylique sur la rétention azotée (VERMOREL et AUROUSSEAU, 1971) alors que, par expérimentation de courte durée en chambre respiratoire (AUROUSSEAU et VERMOREL, 1971), on peut observer que cet acide accroît les synthèses protéiques chez le jeune rat de 80 g (+ 8 p. 100) et les diminue chez le rat pubère de 200 g (— 9 p. 100). Parallèlement à cette influence opposée de l'acide caprylique sur la protéinogénèse chez le jeune rat de 80 g ou chez le rat pubère de 200 g, on peut observer que la couverture des dépenses d'énergie du métabolisme est mieux assurée, avec les régimes riches en tricapryline, chez le jeune animal que chez l'animal pubère. Or la couverture des besoins énergétique, est prioritaire et, en cas de déficit, l'animal utilise les acides aminés alimentaires à des fins énergétiques (RÉRAT et DESMOULIN, 1970). Si nous tenons compte des différences d'âge physiologique entre le rat et le jeune animal domestique (proportions d'énergie fixée sous forme de protéines ou de lipides), ces résultats sont encourageants et laissent penser que l'utilisation d'acides gras à chaîne moyenne peut favoriser la croissance et la synthèse de protéines musculaires chez le jeune monogastrique.

3. — Quelques aspects du métabolisme intermédiaire

Peu d'attention a été accordée aux aspects biochimiques du métabolisme responsables de l'influence des acides gras à chaîne moyenne sur les synthèses protéiques. Toutefois BRADY et GURIN (1950) ont mis en évidence que l'acide caprylique est d'abord oxydé en unités à deux carbones qui sont ensuite catabolisées en CO_2 ou incorporées dans les acides gras longs. Ce phénomène explique la modification du pool d'acétate que nous avons observée chez des rats en croissance intensive (AUROUSSEAU *et al.*, 1970) : au cours d'une période de 8 h à la suite d'un repas, 64 p. 100 environ de $1\text{-}^{14}\text{C}$ acétate injecté par voie intrapéritonéale sont catabolisés en $^{14}\text{CO}_2$ dans le cas d'un régime « Tri C₈ », contre 74 p. 100 environ dans le cas d'un régime « Glucides ». De plus, l'introduction d'acide acétique dans les régimes a une influence variable sur la protéinogenèse comme dans le cas de l'acide caprylique (VERMOREL et AUROUSSEAU, 1971). Ces observations laissent supposer que l'acide caprylique agit sur les synthèses protéiques par le relais de modifications métaboliques induites par l'acétate au niveau cellulaire.

Ainsi FLATT et BALL (1966) observent, sur coupes de tissu épидидymaire de rats de 150 g à 200 g, que l'addition d'acide acétique accroît la synthèse d'acides gras et la participation du shunt des pentoses à la fourniture des NADPH nécessaires à la synthèse des acides gras. Or, pour une mole d'acétyl CoA incorporée aux acides gras longs, une mole d'ATP est libérée au niveau cellulaire si le cycle malique participe à la conversion, contre 5 moles d'ATP si le shunt des pentoses est le seul fournisseur des NADPH nécessaires (FLATT, 1970). Il serait alors possible que cette production accrue de liaisons riches en énergie puisse exercer une influence favorable sur les synthèses protéiques, ainsi, chez des rats soumis à des repas, les synthèses de DNA, de RNA et de protéines sont accrues dans le tissu adipeux (BRAUN *et al.*, 1965 ; KAZDOVA, *et al.*, 1968) parallèlement aux synthèses lipidiques et au flux de glucose à travers le cycle des pentoses (LEVEILLE et HANSON, 1956).

On ne connaît pas l'influence de l'acide acétique, au niveau du foie, sur la libération de liaisons riches en énergie. Pourtant, les activités des enzymes du cycle malique et du shunt des pentoses augmentent parallèlement dans le foie et le tissu adipeux au cours d'hyperlipogénèses adaptatives consécutives à la distribution de repas (COHN et JOSEPH, 1959 ; LEVEILLE, 1967) ou à la réalimentation (JOMAIN *et al.*, 1970). De plus, des quantités importantes d'acide acétique sont incorporées aux acides gras longs dans le foie de rats de 200 g (SCOTT et POTTER, 1970). Enfin, le foie joue un rôle particulier dans le métabolisme de l'acide caprylique qu'il capte (BÉZARD et MONNERET-BOQUILLON, 1966) et métabolise rapidement (BOLLINGER et REISER, 1965 ; SCHEIG et KLASTSKIN, 1968) : nous avons pu ainsi observer (AUROUSSEAU *et al.*, 1970) l'accroissement du poids et du contenu en lipides du foie chez des rats ingérant un régime riche en acide caprylique et abattus au poids de 230 g. Dans l'hypothèse où les unités acétates, mises ainsi à la disposition de la cellule hépatique, exerceraient à ce niveau une influence comparable à celle qu'a décrite FLATT (1970) au niveau de la cellule adipeuse, l'énergie ainsi libérée pourrait favoriser les synthèses protéiques d'autant plus facilement que l'utilisation de l'acide acétique (SCOTT et POTTER, 1970) et le passage des acides aminés dans la cellule (BARRIL et POTTER, 1968) suivent, au niveau de l'intestin grêle et du foie, des cycles parallèles.

En raison du rôle important du foie dans la régulation du métabolisme protéique (MUNRO, 1970), un accroissement des synthèses protéiques dans cet organe pourrait rendre compte, au moins en partie, de l'influence favorable de l'acide caprylique sur les synthèses protéiques apparentes chez le rat en croissance. De plus, cette influence pourrait également s'exercer directement ou indirectement au niveau d'autres organes. Ainsi, on peut observer que des quantités non négligeables d'acide acétique sont incorporées, chez des rats de 200 g, dans les lipides des viscères ou de la carcasse (COCKBURN et VAN BRUGGEN, 1959; SCOTT et POTTER, 1970). Par ailleurs, chez le veau préruminant (MOLLNARD *et al.*, 1970), l'incorporation d'acide acétique marqué dans le muscle et dans les viscères semble relativement plus importante encore, ce qui pourrait s'expliquer par des différences d'âge physiologique : en effet, l'acide acétique est davantage incorporé aux acides gras longs dans le foie de jeunes rats que dans celui de rats adultes (BRADY et GURIN, 1950). Or l'acide caprylique améliore les synthèses protéiques chez le jeune et les diminue chez l'adulte (AUROUSSEAU et VERMOREL, 1971) : une meilleure connaissance des phénomènes observés nous permettrait d'interpréter plus sûrement nos résultats en fonction des différences physiologiques qui séparent le rat du jeune animal domestique et donc de mieux répondre à nos objectifs zootechniques.

CONCLUSION

On peut dégager des travaux rapportés ci-dessus les résultats suivants :

— l'efficacité de l'utilisation de l'énergie métabolisable est améliorée chez des animaux présentant spontanément un niveau d'ingestion supérieur à la normale ou soumis à de légères restrictions alimentaires ;

— l'acide caprylique peut exercer une influence favorable sur la protéinogénèse chez des animaux jeunes ou dans certaines conditions d'équilibre entre les nutriments. Les acides gras moyens de l'huile de coprah semblent avoir un comportement similaire ;

— enfin, ces acides gras permettent de réduire la quantité d'énergie fixée et de diminuer l'état d'engraissement des animaux.

Ces travaux seront complétés par des études réalisées chez le rat, *in vivo*, au moyen d'éléments marqués pour obtenir conjointement des informations sur les synthèses glucidiques, protéiques et lipidiques et mieux comprendre les phénomènes globaux observés. Dans l'immédiat, on peut en tirer ces conclusions pratiques :

— pour éviter que les résultats d'expériences en lot ne soient entachés d'erreurs systématiques, il convient de constituer des régimes d'égales appétibilités et d'éliminer les animaux hyperphagiques, ce qui permet d'obtenir des ingestions spontanées de EM aussi voisines que possible d'un lot à l'autre ;

— par ailleurs, il semble se confirmer que les acides gras à chaîne moyenne peuvent avoir une double application zootechnique : augmentation de la vitesse de croissance, d'une part, et maîtrise de l'état d'engraissement, d'autre part. Des études directes sur animaux domestiques sont maintenant nécessaires pour en déterminer les conditions et les limites d'emploi.

SUMMARY

ENERGY AND PROTEIN UTILIZATION
IN THE GROWING RAT WITH DIETS CONTAINING CAPRYLIC, LAURIC,
AND MYRISTIC ACIDS. EFFECT OF INTAKE LEVEL

Energy utilization of medium-chain fatty acids and their effect on apparent protein synthesis are studied in the growing rat in relation to intake level and dietary protein content. The animals were sacrificed and their carcasses analyzed.

A first experiment used 3 balanced high-protein diets (6.5 mg of digestible protein per kcal of metabolizable energy). In a control diet, caprylic acid was substituted (25.8 p. 100 and 28.2 p. 10 of metabolizable energy). In a control diet, caprylic acid was substituted (25.8 p. 100 and 28.2 p. 100 of EM of the diet) for isoenergetic quantities of starch to compose two experimental diets. Three lots were made up of animals having spontaneous high intake level, three other lots of animals having medium intake level, and two lots constituted of restricted animals.

A second experiment used four balanced medium-protein diets (5 mg digestible protein per kcal of EM) : a control diet containing 12 p. 100 of EM in the form of saccharose, and three experimental diets obtained by substituting medium-chain fatty acids for isoenergetic quantities of starch in the control diet (see table 1).

The growth of animals used in these experiments varied from 5.5 to 6.5 g/day, and the animals fixed from 166 to 215 mg of protein per day.

The results of the first experiment show that the utilization of metabolizable energy is improved in the animals having a spontaneous high intake level or in restricted animals. True energy efficiency of caprylic acid was also estimated at 93 p. 100 as compared to that of starch when this acid had no effect on nitrogen retention.

In the second experiment, introducing caprylic acid, lauric and myristic acids or the three acids added together into medium protein diets reduced energy fixation by 10 to 13 p. 100 ($P = 0.001$), and improved the practical utilization coefficient of dietary nitrogen by 5 points ($P = 0.01$), 3.5, or 2 points ($P = 0.10$).

These results, including previous studies (AUROUSSEAU *et al.*, 1971 ; VERMOREL and AUROUSSEAU, 1970) lead us to hope that medium-chain fatty acids may have a two-fold application in animal production which are : improvement of growth in young domestic animals or control of fattening.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUROUSSEAU B., de GROOT L., VERMOREL M., 1971 Étude comparée de l'utilisation énergétique de régimes riches en acide caprylique ou en acides gras insaturés. *Ann. Biol. Ann. Bioch. Biophys.*, **10**, 703-706.
- AUROUSSEAU B., de GROOT L., BOUVIER J., VERMOREL M., 1970. Utilisation métabolique des acides gras courts, moyens et longs par le rat en croissance. In *Energy metabolism of farm animals*. Proceeding of the 5th Symposium held at Vitznau, Switzerland (ed. A. SCHURCH and C. WENK), 1970, 189.
- AUROUSSEAU B., VERMOREL M., 1971. Caprylic acid utilization by growing rats at two different physiological state. *Nutr. Int. Report.* **4**, 95-102.
- BARRIL E. F., POTTER V. R., 1968. Systematic oscillations of amino acid transport in liver from rats adapted to controlled feeding schedules. *J. Nutr.*, **95**, 228-237.
- BÉZARD J., MONNERET-BOUILLON M., 1966. Captation par le foie en perfusion des acides gras à chaîne courtes et moyennes. *Arch. Sci. Physiol.*, **20**, 359-378.
- BOLLINGER J. N., REISER R., 1966. The metabolic fate of fatty acids derived from dietary triglycerides. *J. A. O. C. S.*, **42** (12), 1130-1133.
- BRADY R. O., GURIN S., 1950. The biosynthesis of radioactive fatty acids and cholesterol. *J. Biol. Chem.*, **186**, 461-469.
- BRAUN T., KAZDOVA L., FABRY P., LOJDA Z., 1965. The effect of the frequency of food intake on the protein and nucleic acid content of rat adipose tissue. *Physiol. Bohemosl.*, **14**, 559-562.

- CHUDY A., SCHIEMANN R., 1969. In *energy metabolism of farm animals*. Proc. of the 4th Symposium on Energy Metabolism. Warsaw (E. A. A. P. Publ. n° 12) p. 161.
- COCKBURN R. M., VAN BRUGGEN J. T., 1959. Acetate metabolism *in vivo* : effect of refeeding. *J. Biol. Chem.*, **234**, 431-434.
- COHN C., JOSEPH D., 1959. Effect of rate of ingestion of diet on hexose monophosphate shunt activity. *J. Physiol.*, **197**, 1347-1357.
- COHN C., JOSEPH D., BELL L., FRIGERIO N. A., 1964. Feeding frequency : a factor in dietary protein utilization. *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, **115**, 1057-1059.
- EXTON J. H., CORBIN J. G., PARK C. R., 1969. Control of gluconeogenesis in liver. *J. Biol. Chem.*, **244**, 4095-4102.
- FLATT J. P., BALL E. G., 1966. Studies on the metabolism of adipose tissue. XIX. An evaluation of the major pathways of glucose catabolism as influenced by acetate in the presence of insulin. *J. Biol. Chem.*, **241**, 2862-2869.
- FLATT J. P., 1970. Conversion of carbohydrate to fat in adipose tissue an energy yielding and therefore self limiting process. *J. Lip. Res.*, **110**, 131-142.
- HARKINS R. W., SARRET H. P., 1968. Nutritional evaluation of medium chain triglycerides in the rat. *J. A. O. C. S.*, **45**, 26-30.
- JOMAIN M., LOUETTE C., MACAIRE I., 1970. Activités enzymatiques du foie et du tissu adipeux pendant le jeûne total ou le jeûne protéique et la réalimentation équilibrée ultérieure. *Nutr. Metabol.*, **12**, 245-253.
- KAUNITZ H., JOHNSON R. E., 1968. Nutritional properties of M. C. T., *J. A. O. C. S.*, **45**, 19-22.
- KAUNITZ H., SLANETZ C. A., JOHNSON R. E., GUILMAIN J., 1956. Influence of diet composition on caloric requirements, water intake and organ weights of rats during restricted food intake. *J. Nutr.*, **60**, 221-228.
- KAUNITZ H., SLANETZ C. A., JOHNSON R. E., 1967. Utilisation of food for weight maintenance and growth. *J. Nutr.*, **62**, 551-559.
- KAUNITZ H., SLANETZ C. A., JOHNSON R. E., BABAYAN V. K., BARSKY G., 1958. Relation of saturated, medium and long chain triglyceride to growth, appetite, thirst and weight maintenance requirements. *J. Nutr.*, **64**, 513-524.
- KAZDOVA L., BRAUN T., FABRY P., POLEDNE P., 1968. Enhanced RNA and protein synthesis in adipose tissue of rats adapted to periodic hyperphagia. *Canad. J. Physiol. Pharmacol.*, **46**, 903-906.
- LEVEILLE G. A., 1967. Influence of dietary fat and protein on metabolic and enzymatic activities in adipose tissue of meal-fed rats. *J. Nutr.*, **97**, 25-33.
- LEVEILLE G. A., HANSON R. W., 1966. Adaptive changes in enzyme activity and metabolic pathways in adipose tissue from meal fed rats. *J. Lip. Res.*, **7**, 46-55.
- MATHIEU C., de TUGNY M., 1965. Digestion et utilisation des aliments par le Veau préruminant à l'engrais. *Ann. Biol. Ann. Bioch. Biophys.*, **5**, 21-39.
- MOHRAVER H., HOLMAN R. T., 1967. Metabolism of linoleic acid in relation to dietary saturated fatty acids in the rat. *J. Nutr.*, **91**, 528-534.
- MOLLNAR S., TER MEULEN U., NEUMANN H., 1970. Untersuchungen zum Fettstoffwechsel des neugeborenen Kalbes mit ¹⁴C markierten Substanzen. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, **26**, 121-132.
- MORIN-JOMAIN M., 1962. Le comportement nutritionnel du rat soumis à des restrictions alimentaires périodiques suivies de réalimentation. *Arch. Sci. Phys.*, **16**, 441-456.
- MUNRO H. N., 1970. Free Amino Acid Pools and their role in regulation. In *Mammalian Protein Metabolism* (Ed. H. N. MUNRO), 1970, V. 4.
- OSLAGE M. J., GADEDEKEN O., FLIEGEL H., 1970. Über den energetischen Wirkungsgrad der Protein und Fett. Synthese bei wachsenden Schweinen. In *energy metabolism of farm animals*. Proceedings of the 5th Symposium held at Vitznau. Switzerland (Ed. A. Schurch and C. Wenk), 1970, p. 133.
- RÉRAT A., DESMOULIN E., 1970. Influence d'une restriction alimentaire énergétique et azotée sur la composition corporelle du rat blanc. *Ann. Zoolch.*, **19**, 103-115.
- RIDER A. A., CHOW B. F., 1971. Body weight changes in rats rationed to their *ad libitum* feed intake. *Nut. Rep. Int.*, **3**, 21-29.
- SCHIEMANN R., 1970. Der energiebedarf für den Eiweiß Ansatz. *Wiss. Zeitsch. Humb Univers. Berlin, Math. Nat. R.*, **19**, 35-43.
- SCHIMKE R. T., 1962. Adaptive characteristics of urea cycle enzymes in the rat. Differential effects of fasting and protein free diets on levels of urea cycle enzymes in rat liver. *J. Biol. Chem.*, **237**, 459-465.
- SCOTT D. F., POTTER V. R., 1970. Metabolic oscillations in lipid metabolism in rats on controlled feeding schedules. *Fed. Proc.*, **29**, 1553-1559.
- THORBEC B., 1970. The utilization of metabolizable energy for protein and fat gain on growing pigs. In *Energy metabolism of farm animals*. Proceedings of the 5th symposium held at Vitznau (Ed. A. Schurch et C. Wenk), 1970, 129.
- TOULLEC R., FLANZY J., RIGAUD, 1968. Dosage des lipides des fèces. *Ann. Biol. Ann. Bioch. Biophys.*, **8**, 281-289.
- VELU J. G., BAKER D. M., SCOTT M. M., 1971. Protein and energy utilization by chicks fed grades levels of a balanced mixture of crystalline amino acids. *J. Nutr.*, **101**, 1249-1256.

- VERMOREL M., AUROUSSEAU B., 1970. Utilisation énergétique des acides acétique et caprylique par le Rat en croissance in *Energy metabolism of farm animals*. Proceedings of the 5th symposium held at Vitznau, Switzerland (Ed. A. Schuch and C. Wenk), 1970, 185.
- WILLMS B., SOLING H. O., 1968. *Gluconeogenese durch Fettsäure Oxydation in der isoliert perfundierten Rattenleber und Stoffwechsel der isoliert perfundierten Leber*. Springer Verlag Berlin Heidelberg, New York, 1968, p. 118-128.
- WU H., WU D. Y., 1950. Influence of feeding schedule on nitrogen utilization and excretion. *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, **74**, 78-85.
-