

INFLUENCE DE L'INGESTION D'ACIDE CAPROÏQUE SUR L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE ET DE L'AZOTE INGÉRÉS PAR LE RAT EN CROISSANCE EN FONCTION DE L'ÂGE DES ANIMAUX ET DE LA TENEUR EN AZOTE DES RÉGIMES

Marie-Claude CHENAT, B. AUROUSSEAU et M. VERMOREL

avec la collaboration technique de Françoise DUBOISSET,
Simone GASNET, Marinette MARTINAUD, G. MOINS et R. SOUCHET

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

RÉSUMÉ

De jeunes rats mâles de souche *Wistar CF* ont été utilisés pour déterminer les effets de l'ingestion de tricaproïne sur l'utilisation de l'énergie et de l'azote des rations d'animaux pris à deux stades physiologiques différents (Expérience I) ou recevant des régimes comportant des taux azotés différents (Expérience II).

L'expérience I a été réalisée selon le principe de la calorimétrie indirecte en chambres respiratoires de type circuit fermé, sur des rats recevant des régimes équilibrés au taux de 1,56 mg d'azote digestible par Kjoule de EM (mg Nd/KJ EM). Chez les rats prépubères (110 g de poids vif), par rapport aux animaux témoins, ceux recevant la tricaproïne ont présenté des besoins d'entretien pour la croissance (67 p. 100 contre 71 p. 100) plus faibles. L'utilisation de l'énergie et de l'azote ingérés est améliorée, chez ces animaux, jusqu'à un certain niveau de consommation et diminué au-delà. Chez les rats pubères (220 g de poids vif), les animaux recevant la tricaproïne ont présenté des rendements de EM pour la croissance très réduits (45 p. 100 contre 82 p. 100) mais le faible niveau apparent du besoin d'entretien chez ces animaux conduit à penser à une liaison curvilinéaire entre EM et EF (Energie Fixée). Chez des animaux pris à ce stade physiologique, l'utilisation de l'azote ingéré est réduit jusqu'à un certain niveau de consommation et amélioré au-delà.

L'expérience II a été réalisée selon le principe d'abattage et analyse des carcasses et selon un schéma factoriel combinant 3 niveaux d'azote dans les régimes (1,20-1,36 et 1,53 mg Nd/KJ EM) et 3 niveaux de tricaproïne (0, 10 ou 20 p. 100 en énergie). L'utilisation de l'énergie et de l'azote ingérés ont été améliorées par l'introduction dans les régimes de tricaproïne, cet effet étant d'autant plus marqué que le régime est plus riche en azote. L'énergie fixée par les animaux expérimentaux a ainsi été accrue de 7 à 12 p. 100 par rapport à celle fixée par les animaux témoins correspondants (même taux azoté des rations). De même, l'azote fixé a été accru de 2 à 11 p. 100. La teneur des foies des animaux en énergie et en azote a été significativement accrue, ce qui souligne le rôle du foie chez les animaux recevant des acides gras à chaîne moyenne. Pour rendre compte des effets globaux observés, on a retenu l'hypothèse d'un effet insulino-sécréteur particulier de l'acide caproïque.

INTRODUCTION

Le développement des tissus chez les animaux en croissance d'un type génétique donné est contrôlé par l'énergie qu'ils ingèrent. D'une part, globalement, par les quantités d'énergie ingérée (FULLER *et al.*, 1973, chez le Rat, WALKER et FAICHNEY, 1964 ; ainsi que BLACK et GRIFFITHS, 1975, chez l'Agneau) d'autre part plus spécifiquement, par la nature des sources d'énergie employées (SIEDLER *et al.*, 1962 ; SINCLAIR et CRAWFORD, 1973 ; DROR *et al.*, 1973, chez le Rat).

De nombreux travaux ont montré un effet favorable sur la croissance du Rat, des acides caproïque (MOHRHAUER et HOLMAN, 1967), caprylique (BOLLINGER et REISER, 1956 ; HARKINS et SARRETT, 1968) ou des mélanges d'acides gras à chaîne moyenne (KAUNITZ *et al.*, 1968). Mais ces travaux ne donnent aucune indication sur l'utilisation des nutriments ingérés ni sur les proportions de tissus formés.

Une première série d'études a permis de préciser l'influence de l'acide caprylique sur l'utilisation de l'énergie et de l'azote ingérés par le Rat en croissance : à énergie métabolisable (EM) ingérée égale, cet acide accroît la fixation d'azote chez le Rat prépubère (AUROUSSEAU et VERMOREL, 1971) et réduit la fixation d'énergie d'autant plus efficacement que l'animal est plus âgé et le niveau d'ingestion plus élevé (AUROUSSEAU *et al.*, 1971 ; AUROUSSEAU, 1972). Les deux expériences rapportées ci-dessous ont été entreprises en vue d'apporter des précisions du même ordre sur l'influence de l'acide caproïque.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. — Animaux et schéma expérimental

De jeunes rats mâles de souche *Wistar CF*, sevrés au poids moyen de 45 g ont reçu un aliment aggloméré du commerce pendant une période d'une semaine environ puis ont été adaptés aux différents régimes expérimentaux correspondant aux 2 expériences suivantes :

- Étude de l'influence de l'ingestion d'acide caproïque sur l'utilisation des nutriments, à deux stades physiologiques différents (expérience I).
- Étude de l'interaction entre la concentration en acide caproïque et en matières azotées du régime sur les quantités et les proportions des tissus formés (expérience II).

L'expérience I, réalisée par la méthode de calorimétrie indirecte, a porté sur la comparaison de l'utilisation de 2 régimes offerts à volonté à des rats prépubères pris à un poids moyen de 107 ± 7 g (10 animaux expérimentaux et 9 animaux témoins) ou à des rats pubères pris à un poids moyen de 218 ± 9 g (7 animaux expérimentaux et 8 animaux témoins). Les deux régimes, équilibrés au niveau de 1,53 mg d'azote digestible par Kjoule d'énergie métabolisable (1,53 mg Nd/KJ EM), comportaient 0 ou 20 p. 100 d'énergie sous forme de tricaproïne (tabl. 1).

L'expérience II a été réalisée selon un schéma factoriel, en utilisant la méthode des abattages comparés. Elle a porté sur 170 rats répartis en 10 lots homologues en fonction du poids vif et du gain de poids vif au cours des 3 jours précédant la mise en lot. Un lot utilisé comme témoin a été abattu en début d'expérience et chacun des 9 autres lots (tabl. 1) a reçu, pendant une période de 21 jours avant l'abattage, un régime équilibré aux niveaux de 1,20-1,36 ou 1,53 mg Nd/KJ EM et comportant 0, 10 ou 20 p. 100 d'énergie sous forme de tricaproïne. Les distributions d'aliment ont été ajustées chaque jour en vue d'obtenir des ingestions de EM voisines pour chacun des 9 lots.

TABLEAU I
Tableau synoptique des expériences

	Expérience I			Expérience II								
	0	20		0	10	20						
Énergie de la triacéproine p. 100 de l'énergie brute totale												
Équilibre du régime												
Nd mg/kcal EM	6,4	6,4		5,0	5,7	6,4	5,0	5,7	6,4			
Nd mg/KJ EM	1,53	1,53		1,20	1,36	1,53	1,20	1,36	1,53			
Lots expérimentaux	A ₃ ¹	A ₃ ²	C ¹	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	C ₃
Nombre d'animaux conservés	9	8	10	13	*	*	16	11	13	15	11	12
État physiologique des animaux	110 g	220 g	140 g	220 g	Animaux en croissance entre 85 g et 220 g							
Durée des mesures	5 jours			21 jours								
Méthode expérimentale	calorimétrie indirecte			Expérience en lot, abattage et détermination de la composition corporelle								

* En raison d'une erreur dans la préparation des régimes, les animaux ont reçu des régimes très différents de ceux prévus, et les valeurs correspondantes pour l'interprétation des résultats ont dû être dérivées des résultats obtenus par ailleurs chez des animaux de même souche (résultats portant sur une douzaine de lots d'animaux).

B. — Régimes

Les rats ont reçu des régimes semi-synthétiques, à base d'amidon et de farine de harengs de Norvège supplémentée en acides aminés indispensables selon les besoins du Rat en croissance définis par PAWLAK et PION (1968, 1971). Les régimes (tabl. 2) comportaient en outre 2 p. 100 d'huile de maïs (assurant la couverture des besoins en acides gras essentiels), 5 p. 100 d'huile de palme, 8 p. 100 de saccharose et 3,5 p. 100 de mélange minéral et vitaminique.

Les régimes ont été constitués selon un schéma factoriel combinant 3 niveaux d'azote (1,20-1,36 ou 1,53 mg Nd/KJ EM) à 3 taux de tricaproïne (0, 10 ou 20 p. 100).

Pour chaque niveau azoté, les régimes expérimentaux ont été constitués à partir des régimes témoins correspondants de sorte que l'acide caproïque soit substitué à une partie de l'amidon sur la base d'apports égaux d'EM. L'acide caproïque a été introduit dans les régimes sous forme de tricaproïne : en compensation du glycérol introduit ainsi dans les régimes, des quantités équivalentes ont été introduites dans les régimes témoins correspondants.

C. — Mesures et traitement des échantillons

Les quantités d'aliments ingérés par les animaux ont été calculées quotidiennement par différence entre les quantités de matière sèche distribuées et refusées.

L'utilisation digestive et métabolique des aliments a été déterminée, après une période d'adaptation de 5 jours, au moins, sur des périodes de 5 jours, dans le cas de l'expérience I, en chambres respiratoires, ou de 10 jours dans le cas de l'expérience II. Les techniques de récolte et de conservation des fèces et des urines ont été décrites par VERMOREL *et al.* (1973). Les analyses ont été réalisées individuellement sur les urines et les fèces des animaux utilisés dans l'expérience I et sur l'ensemble des prélèvements effectués pour tous les animaux d'un même lot pour les mesures de digestibilité correspondant à l'expérience II. Pour cette expérience, les mesures ont été réalisées sur des groupes de 6 animaux recevant les régimes A₀, B₂ ou C₂ comportant respectivement 0, 10 ou 20 p. 100 d'énergie sous forme de tricaproïne et 1,02 ou 1,36 mg Nd/KJ EM. Le plan expérimental prévoyait d'effectuer les mesures de digestibilité sur le régime A₂ équilibré au niveau de 1,36 mg Nd/KJ EM, mais par suite d'une erreur de préparation, le régime obtenu a été A₀. Pour l'expression des résultats, les pourcentages de EM dans l'énergie brute de chacun des régimes ont été obtenus à partir des valeurs déterminées en cage à métabolisme pour les régimes A₀, B₂ et C₂, par un calcul tenant compte du bilan d'azote obtenu par la méthode des abattages comparés.

Dans l'expérience I, les échanges respiratoires des rats ont été mesurés pendant 5 jours consécutifs à l'aide de 4 chambres respiratoires du type circuit fermé ; les bilans énergétiques (bilan QR et bilan C-N) et les bilans azotés ont été établis sur période globale de 5 jours, selon la méthode décrite précédemment (VERMOREL *et al.*, 1973). La production de chaleur des rats a été calculée à l'aide de la formule de Brouwer proposée par la FEZ (1964) ; cependant, dans le cas de l'utilisation de l'acide caproïque à des fins énergétiques, cette formule entraîne une erreur de 2,8 p. 100 par excès ; nous avons donc introduit une correction correspondant à cette observation en estimant la quantité d'acide caproïque catabolisée par les animaux.

Dans l'expérience II, lors de l'abattage, le tube digestif des rats a été vidé de son contenu et le foie a été prélevé. Les carcasses et les foies ont été conservés à une température de - 15°C. Les carcasses des lots entiers de rats ont été broyées et analysées ensemble selon le schéma décrit antérieurement (AUROUSSEAU, 1972). Les dosages ont été effectués en triple sur 2 échantillons différents issus du premier broyage d'un même lot. Les résultats d'expériences antérieures réalisées sur des lots comparables de rats analysés individuellement ayant montré que le coefficient de variation à l'intérieur du lot, des teneurs en énergie, en azote et en lipides des carcasses est voisin de 6 p. 100, nous avons retenu cette valeur pour l'interprétation statistique des résultats obtenus sur des lots entiers.

Pour faciliter la mise en évidence des différences entre les lots, les bilans énergétiques et d'azote ont été corrigés pour les différences de EM ingérées et exprimées en valeur relative par rapport aux valeurs observées pour le régime témoin A₁, prises pour référence (valeur 100). On a également utilisé la notion d'efficacité de l'utilisation de l'énergie de l'acide caproïque comparée à celle de l'amidon (AUROUSSEAU *et al.*, 1971). Elle correspond au rapport de la quantité de EM d'amidon qui, apportée en substitution à l'acide caproïque des régimes expérimentaux, aurait permis une fixation d'énergie comparable, sur la quantité de EM d'acide caproïque reçue (tabl. 5 bis).

TABLEAU 3

Utilisation digestive et métabolique des régimes

	Stade physiologique	Lots expérimentaux	Nombre d'animaux en mesure	EB ingérée K ₂ /j	N fixé mg/j	Utilisation de l'azote			Utilisation de l'énergie	
						CUDA	CRa	CUP	CUDA	EM % EI
Expérience I	110 g	A ₃ ¹	9	257-336	164-282	85,3 ± 1,2	59,9 ± 4,7	51,0 ± 4,3	93,0 ± 0,5	90,0 ± 0,6
		C ₃ ¹	8	245-331	164-262	86,6 ± 1,1	56,0 ± 2,6	48,5 ± 2,3	93,4 ± 0,4	89,9 ± 0,4
		A ₃ ²	10	338-356	172-219	85,2 ^a ± 1,0	41,6 ± 3,4	35,5 ± 2,9	92,8 ^a ± 0,3	88,8 ^a ± 0,4
	220 g	C ₃ ²	8	320-374	155-239	87,6 ^b ± 0,5	42,7 ± 3,8	37,4 ± 3,4	93,5 ^b ± 0,3	89,3 ^b ± 0,5
		A ₀ ⁽¹⁾	6	306	243	87,6	82,0	71,9	95,5	94,2
		B ₂	6	323	259	86,6	64,7	56,0	95,3	92,9
Expérience II	110 g	C ₂	6	242	186	86,6	60,0	52,0	94,2	92,2

a et *b* : des indices différents (*a* ou *b*) ont été attribués aux valeurs significativement différentes entre elles au seul $P < 0,05$.

(1) Par suite d'une erreur dans la composition du régime A₂ équilibré théoriquement au niveau de 1,36 mg Nd/KJ EM, le régime reçu par les animaux a été équilibré au niveau de 1,02 mg Nd/KJ EM.

RÉSULTATS

1. — *Utilisation digestive des régimes*

Dans l'expérience I, les coefficients d'utilisation digestive de l'azote (86,6 contre 85,3 chez les animaux de 220 g) et de l'énergie (93,4 contre 93,0 chez les animaux de 110 g et 93,5 contre 92,8 chez les animaux de 220 g) ont été améliorés par la présence d'acide caproïque dans les régimes, cette amélioration étant significative dans le cas des animaux de 220 g (tabl. 3).

Dans l'expérience II, l'ingestion de tricaproïne a exercé dans l'ensemble un effet inverse, et a réduit de 1 point, en moyenne le coefficient d'utilisation digestive de l'azote, et de 0,2 à 1,3 points le coefficient d'utilisation digestive de l'énergie.

Dans ces conditions, sous l'effet de l'ingestion de tricaproïne, les proportions de EM dans les régimes ont été accrues dans l'expérience I et réduites de 1 point en moyenne dans l'expérience II. De plus, les apports d'acide caproïque aux niveaux de 9,2 et 18,4 p. 100 de l'énergie brute des régimes ont représenté 10 et 20 p. 100 environ de EM des régimes (9,9 à 10,1 et 19,8 à 20,2 p. 100, respectivement).

2. — *Quantités ingérées et vitesse de croissance*

Dans les 2 expériences, les quantités d'aliment ingérées ont été importantes et les gains de poids vif élevés (tabl. 4 et 5), ce qui traduit une appétibilité satisfaisante de la tricaproïne. Dans l'expérience I, chez les rats de 110 g, les animaux recevant de la tricaproïne ont consommé en moyenne 5 p. 100 de moins de EM que ceux du lot témoin et leur gain de poids vif moyen a été inférieur de 0,6 g (tabl. 4). Au cours de la période intermédiaire et de la deuxième série de mesures au poids de 220 g, les quantités d'aliment distribuées aux rats du lot témoin ont été légèrement limitées pour que les quantités de EM ingérée soient comparables à celles des rats recevant de la tricaproïne. Les quantités moyennes d'EM ingérée sont de ce fait très voisines et la variabilité est très faible chez les rats témoins. Le gain de poids vif moyen des rats recevant de la tricaproïne a été légèrement inférieur mais non significativement différent de celui des rats témoins.

Dans l'expérience II, les quantités moyennes de EM ingérées ont été très voisines, en raison du contrôle des consommations et le coefficient de variabilité intra lot a été de 2 p. 100. Le gain de poids vif a varié de 5,8 à 6,5 g par jour, augmentant à la fois avec la teneur en acide caproïque et avec la teneur en matières azotées des régimes, mais seule la différence entre le lot C₃ et les lots A₁ et B₁ est significative.

3. — *Utilisation de EM*

Dans l'expérience I et chez les rats de 110 g, la quantité d'énergie fixée par les animaux qui ont reçu de l'acide caproïque est légèrement supérieure (5 à 2 p. 100) à celle fixée par les animaux témoins mais la différence n'est pas significative en raison de la variabilité importante observée dans le lot expérimental. Les régressions entre l'énergie fixée et EM (fig. 1 et 2) mettent en évidence, chez les animaux ingérant

TABLEAU 4
Expérience I
*Influence de l'acide caproïque et du stade physiologique
sur l'utilisation de l'azote et de l'énergie des régimes*

Stade physiologique	Animaux de 110 g		Animaux de 220 g	
	A ₃	C ₃	A ₃	C ₃
Lot expérimental				
Énergie de l'acide caproïque p. 100 de l'énergie totale	0	18,4	0	18,4
Poids moyen des animaux	105 ± 7	108 ± 9	216 ± 9	220 ± 10
Vitesse de croissance moyenne des animaux (g/j)	7,2 ± 1,3	6,6 ± 0,9	5,6 ± 0,6	4,9 ± 1,2
(a) quantités moyennes ingérées (KJ EM/j)	251,7 ± 23,2	239,4 ± 26,8	293,1 ± 6,4	284,9 ± 19,0
Énergie fixée correspondant à (a) (KJ/j)	88,9	83,0	100,6	86,4
Azote fixé correspondant à (a) (mg/j)	232 ± 34	207 ± 32	191 ± 18	193 ± 27
Rendement de EM pour la production (%)	71	67	82*	45
Besoins d'entretien (KJ EM/j)	126	116	197*	92
Besoins en EM pour des bilans d'énergie égaux (KJ/j)	322	322		
Besoins en EM pour des bilans d'énergie égaux (p. 100 des besoins d'entretien des animaux témoins)	256	256	256	256
Besoins en EM pour des bilans azotés égaux (KJ/j)	231	231		
Besoins en EM pour des bilans azoté égaux (p. 100 des besoins d'entretien des animaux témoins)	185	185	130	130
Quotient respiratoire	1,05 ± 0,02	0,97 ± 0,02	1,03 ± 0,02	0,93 ± 0,02

* En raison d'un artefact expérimental, les valeurs correspondant à ce lot sont dérivées à partir de résultats antérieurs (AROUSSEAU et VERMOREL, 1971) et de ceux de l'expérience en lot rapportés ci-contre.

de la tricaproïne, une légère réduction du rendement de EM pour la croissance (67,3 contre 70,6 p. 100) accompagnée d'une diminution du besoin d'entretien (116 contre 126 KJ EM par jour) mais les différences ne sont pas significatives.

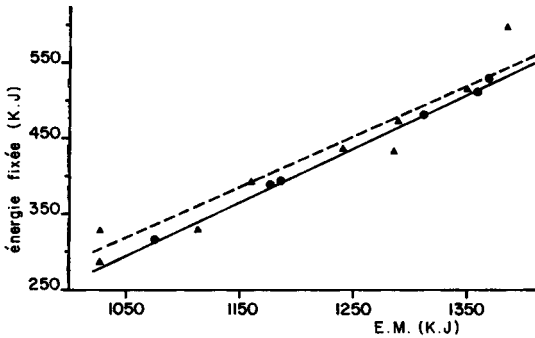


FIG. 1. — Variations, en fonction de EM ingérée, des quantités d'énergie fixées en 5 jours chez des rats de 110 g

TRI C6 ▲	---	$Y = 0,673 x - 390,8$	$r = 0,94$
Témoin ●	—	$Y = 0,706 x - 443,3$	$r = 0,99$

Chez les rats de 220 g, les quantités d'énergie fixée, pour une même ingestion de EM, sont plus élevées chez les rats témoins que chez les rats recevant de la tricaproïne. La faible variation des quantités de EM ingérée par les rats témoins ne permet pas de déterminer avec précision le rendement de EM pour la croissance.

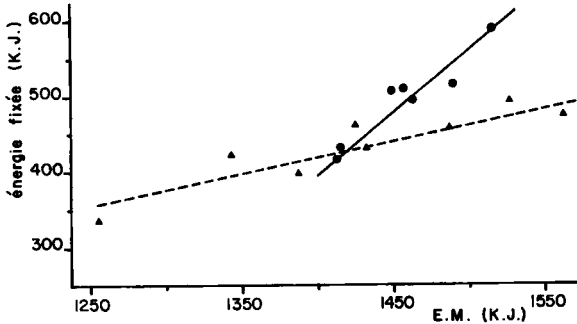


FIG. 2. — Variations, en fonction de EM ingérée, des quantités d'énergie fixée en 5 jours, chez des rats de 220 g

TRI C6 ▲	---	$Y = 0,447 x - 204,6$	$r = 0,91$
Témoin ●	—	$Y = 1,471 x - 1 651,4$	$r = 0,95$

Dans l'expérience II, une erreur dans la composition de 2 des régimes témoins (A_2 et A_3) a conduit à des concentrations azotées trop élevée ou trop basse qui ont interdit une comparaison directe entre les lots témoins et les lots expérimentaux correspondants. Les résultats montrent (tabl. 5) que l'ingestion de tricaproïne a entraîné une amélioration de l'utilisation de EM des régimes ; cette dernière s'est traduite, à EM ingérée égale, par une augmentation de la quantité d'énergie fixée, de 2 à 6 p. 100 par rapport au lot témoin recevant le régime le moins riche en azote. Cet effet augmente à la fois avec la teneur en tricaproïne et avec la concentration azotée du régime.

TABLEAU 5

Expérience II

*Influence des concentrations en acide caproïque et en azote des régimes
sur leur utilisation énergétique et azotée*

Équilibre des régimes (mg N/d/MJ EM)	1,20			1,36			1,53		
	A ₁	B ₁	C ₁	A ₂ *	B ₂	C ₂	A ₃ *	B ₃	C ₃
Lots expérimentaux									
Énergie de l'acide caproïque p. 100 de l'énergie totale	0	9,2	18,4	0	9,2	18,4	0	9,2	18,4
<i>Résultats expérimentaux</i>									
Gain de poids vif (g/l)	5,8 ± 0,3	5,8 ± 0,3	6,3 ± 0,4	—	6,3 ± 0,6	6,3 ± 0,6	—	6,3 ± 0,3	6,5 ± 0,4
EM ingérée p. 100 de EI	93,5	92,5	92,5	93,3*	92,3	92,3	93,0*	92,0	92,0
EM ingérée pour 21 jours (KJ)	5 456	5 422	5 484	5 448	5 448	5 448	—	5 397	5 421
Énergie fixée pour 21 jours (MJ)	1 559	1 569	1 673	1 585	1 610	1 610	—	1 585	1 605
Énergie fixée corrigée ⁽¹⁾ (KJ)	1 520	1 554	1 614	1 459*	1 572	1 576	1 398*	1 587	1 590
Énergie fixée corrigée (valeur relative)	100,0	102,2	105,2	96*	103,4	103,7	92*	104,4	104,6
Azote retenu pour 21 jours (g)	3,65	3,70	3,76	—	3,82	3,89	—	3,86	4,02
Azote retenu corrigé ⁽¹⁾ (g)	3,61	3,69	3,69	3,70*	3,80	3,85	3,77*	3,87	4,00
Azote retenu corrigé (mg/l)	172	176	176	176*	181	183	180*	184	191
Azote retenu corrigé (valeur relative)	100,0	102,2	102,2	102,4*	105,4	106,4	104,6*	107,1	110,8
Énergie fixée sous forme de lipides (p. 100 de l'énergie fixée)	65,1	64,9	65,9	62,2	64,1	63,7	59,7	63,7	62,4

* En raison d'une erreur dans la préparation des régimes, nous avons utilisé pour ces lots des valeurs théoriques dérivées des résultats obtenus par ailleurs chez des animaux de même souche et portant sur une douzaine de lots d'animaux.

⁽¹⁾ Correction rapportant tous les résultats à une ingestion de 5 400 KJ pour les 21 jours d'expérimentation.

⁽²⁾ Le rendement de l'utilisation métabolisable pour la croissance est estimée à 71 p. 100 (VERMOREL et KELLER, 1967).

TABLEAU 5 bis

Expérience II

*Influence des concentrations en acide caproïque et en azote des régimes
sur leur utilisation énergétique et azotée*

Lots expérimentaux	A ₁	B ₂	C ₁	A ₂ *	B ₂	C ₂	A ₁ *	B ₁	C ₁
<i>Calculs théoriques</i> (3)									
EM Production « glucides » (2) (KJ).....	2 196	2 210	2 356	2 055	2 232	2 267	1 969	2 232	2 260
E. Entretien « glucides » (4) (KJ).....	3 260	3 260	3 260	3 345	3 345	3 345	3 431	3 431	3 431
EM totale « glucides » (KJ).....	5 456	5 470	5 616	5 400	5 577	5 612	5 400	5 663	5 681
EB apportée par l'acide caproïque (6) (KJ).....	—	538	1 086	—	540	1 087	—	543	1 097
EM équivalente « glucides » (6) (KJ).....	—	586	1 218	—	699	1 250	—	809	1 367
EB équivalente « glucides » (6) (KJ).....	—	527	1 164	—	647	1 199	—	766	1 324
Efficacité de l'énergie de l'acide caproïque, comparée à celle de l'amidon (%):									
pour EM.....	—	109	112	—	129	115	—	149	125
pour EB.....	—	98	107	—	120	110	—	141	121

(3) Calcul, pour chaque niveau d'apports azotés, des quantités de EM des régimes « glucides » nécessaires pour assurer des bilans énergétiques égaux à ceux des lots expérimentaux.

(4) Valeur obtenue par différence pour chacun des trois régimes témoins, et retenue pour les lots expérimentaux correspondants compte tenu des performances voisines des différents lots.

(5) L'acide caproïque étant digéré et utilisé en totalité, la quantité de EM apportée par cet acide est égale à la quantité de:

(6) Quantités d'énergie « glucides » qu'il aurait été nécessaire d'apporter, en substitution à l'acide caproïque, pour obtenir des fixations d'énergie équivalentes.

4. — *Utilisation métabolique de l'azote*

Les résultats obtenus dans l'expérience I montrent que l'ingestion de tricaproïne a modifié l'utilisation métabolique de l'azote de façon différente suivant le stade physiologique des rats. La régression entre l'énergie fixée sous forme de protéines et l'EM ingérée (fig. 3) met en évidence que l'acide caproïque a, chez les rats

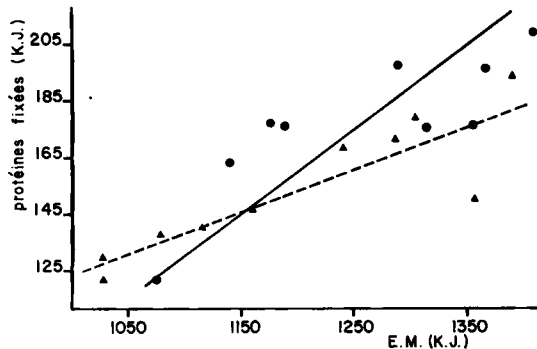


FIG. 3. — Variation, en fonction de EM ingérée, des quantités d'énergie fixées sous forme de protéines en 5 jours chez des rats de 110 g

TRI C6 ▲	-----	$Y = 0,153 x - 28,9$	$r = 0,87$
Témoin ●	————	$Y = 0,247 x - 137,6$	$r = 0,83$

de 110 g un effet dépressif, au-delà d'une consommation d'EM de 230 KJ par jour, correspondant à un gain de poids vif de 6 g par jour. Chez les rats de 220 g, en revanche, l'acide caproïque tend à exercer un effet favorable au-delà d'un certain niveau de consommation, mais la faible variation des quantités de EM ingérée par les rats témoins ne permet pas d'analyser le phénomène avec précision (fig. 4).

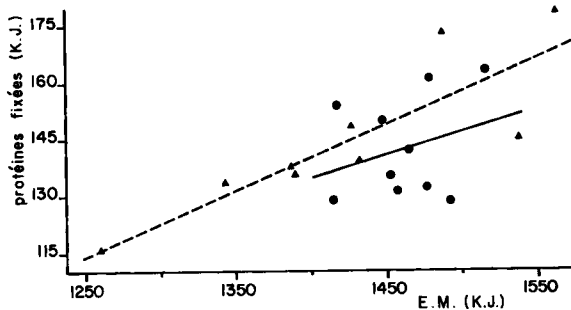


FIG. 4. — Variation, en fonction de EM ingérée, des quantités d'énergie fixées sous forme de protéines en 5 jours chez des rats de 220 g

TRI C6 ▲	-----	$Y = 0,173 x - 102,3$	$r = 0,82$
Témoin ●	————	$Y = 0,119 x - 32,0$	$r = 0,28$

Pour les consommations moyennes observées dans cette expérience à chaque stade physiologique, la diminution de la quantité d'azote fixé a été de 4 p. 100 chez les rats de 110 g et l'augmentation de 7 p. 100 chez les rats de 220 g. Ces phéno-

TABLEAU 6

Expérience II

Influence de l'acide caproïque et du taux azoté des régimes sur le développement des tissus hépatiques

Équilibre des régimes (mg Nd/KJ EM)	1,20			1,36			1,53		
	A ₁	B ₁	C ₁	A ₂	B ₂	C ₂	A ₃	B ₃	C ₃
Lots expérimentaux									
Énergie de l'acide caproïque (p. 100 de l'énergie totale)	0	9,2	18,4	0	9,2	18,4	0	9,2	18,4
Poids moyen des foies $\left\{ \begin{array}{l} \text{(g) par rat} \\ \text{(g) pour 100 g de poids} \\ \text{vif vide} \end{array} \right.$	13,3 ^a ± 0,6	12,9 ± 1,0	14,8 ± 1,3	—	14,4	14,7	—	13,8 ± 1,4	15,8 ^b ± 1,6
Énergie totale des foies (KJ)	6,58	6,37	7,05	—	6,9	7,0	—	6,7	7,4
Teneur en énergie totale des foies (KJ/g)	73,2	84,8	95,6	—	93,3	94,2	—	90,6	101,3
Énergie des foies KJ/100 g poids vif vide	5,5 ^a	6,6 ^b	6,5 ^b	—	6,5 ^b	6,4 ^b	—	6,6 ^b	6,4 ^b
Azote totale des foies (mg)	36,2 ^a	42,0 ^b	45,6 ^b	—	44,6 ^b	45,1 ^b	—	43,9 ^b	43,4 ^b
Teneur en azote des foies (mg/g)	336	386	433	—	442	429	—	407	492
Azote des foies g/100 poids vif vide	25,3 ^a	30,0 ^b	29,3 ^b	—	28,6 ^b	29,1 ^b	—	29,6 ^b	28,6 ^b
Teneur en azote des foies rapportée à leur teneur en énergie (mg N/KJ EM)	1,66 ^a	1,91 ^b	2,07 ^{bc}	—	1,96 ^{bc}	2,04 ^{bc}	—	1,97 ^{bc}	2,42 ^c
	45,9	45,5	45,4	—	43,9	45,2	—	44,9	48,8

a, b, c : les valeurs ne portant pas un même indice sont significativement différents P ≤ 0,05.

mènes se traduisent également par une diminution de 2,5 points à 3 points du CUP et du CR chez les rats de 110 g et une augmentation de 2 points du CUP et du CR moyens chez les rats de 220 g. En raison du nombre réduit de données et de leur variabilité, aucune de ces différences n'est significative.

Dans l'expérience II, l'ingestion de tricaproïne a, dans tous les cas entraîné une amélioration de l'utilisation de l'azote du régime (tabl. 5) qui s'est traduite par une augmentation de 2 à 11 p. 100 des quantités d'azote fixées. L'amplitude de cet effet a été accrue à la fois par l'introduction de proportions croissantes de tricaproïne dans le régime et par l'augmentation de la concentration azotée.

Chez les animaux qui ont reçu de la tricaproïne, l'état d'engraissement, défini par le pourcentage d'énergie fixée sous forme de lipides dans l'énergie fixée totale, est réduit par l'accroissement des proportions de matières azotées dans la ration, de façon importante dans le cas des régimes comportant 10 p. 100 d'énergie sous forme de tricaproïne (réduction de 3,5 points du régime B₃ équilibré au niveau de 1,53 mg Nd/KJ EM au régime B₁ équilibré au niveau de 1,20 mg Nd/KJ EM) et de façon moins marquée dans le cas des régimes comportant 20 p. 100 d'énergie sous forme de tricaproïne (réduction de 1,2 points respectivement du régime C₃ équilibré au niveau de 1,53 mg Nd/KJ EM au régime C₁ équilibré au niveau de 1,20 mg Nd/KJ EM).

5. — *Métabolisme des nutriments ingérés*

La mesure des consommations de O₂ et des excréctions de CO₂ des rats dans l'expérience I a permis de montrer (tabl. 4) que le quotient respiratoire moyen a été significativement réduit par l'ingestion de tricaproïne (0,97 contre 1,05 chez les rats de 110 g et 0,93 contre 1,03 chez les rats de 220 g).

Par ailleurs, l'analyse des foies des animaux abattus en fin d'expérimentation lors de l'expérience II (tabl. 6), montre que l'ingestion d'acide caproïque a accru significativement le contenu total et les teneurs en énergie et en azote des foies des animaux correspondants (+ 13 à + 20 p. 100) ainsi que les proportions d'énergie et d'azote du foie par rapport au reste de la carcasse (+ 15 à + 28 p. 100). Les différences observées portent essentiellement sur des modifications de composition plutôt que sur le développement de cet organe, qui n'est significativement augmenté que dans le cas du lot C₃ (20 p. 100 de tricaproïne et concentration en azote la plus élevée).

DISCUSSION

1. — *Utilisation des régimes et proportions de EM*

Les valeurs des CUD de l'azote des régimes témoins, observées dans ces 2 expériences, ont été en moyenne inférieures aux valeurs observées habituellement (85,2 à 87,6 p. 100 contre 88,0 à 89,5 p. 100). Ces diminutions pourraient être dues à l'intervention d'un facteur défavorable dans l'alimentation (vieillesse et rancissement partiel de la farine de poisson par exemple). Dans ces conditions, et compte tenu des variations observées du CUD de l'azote à l'intérieur des lots témoins, et

des effets contradictoires observés, il n'est pas possible de tirer de conclusions concernant l'influence de la tricaproïne sur l'utilisation digestive de l'azote des régimes.

De même, les valeurs des CUD de l'énergie ont été très variables (92,8 à 95,5 p. 100 ainsi que celles des pourcentages de EM dans EB (88,8 à 94,2 p. 100) aussi bien pour les régimes témoins que pour les régimes comportant de la tricaproïne. Comme dans le cas de l'azote, les effets de l'acide caproïque ont été contradictoires et on ne peut tirer de conclusion.

Pour l'expérience en lot, nous avons calculé les proportions de EM dans EB pour chacun des 9 régimes à partir des valeurs déterminées pour les régimes A₀, B₂ et C₂ en cage à métabolisme. Nous avons tenu compte pour ce calcul des différences d'excrétion d'azote dans les urines déterminées en cage à métabolismes ou appréciées pour chacun des 9 lots à partir du bilan carcasse.

Les valeurs des proportions de EM dans EB attribuées aux différents régimes comportant 9,2 ou 18,4 p. 100 de EB sous forme d'acide caproïque ont ainsi été les mêmes pour chaque niveau de concentration en azote des régimes (tabl. 5). Ce mode de calcul ne permet pas de tenir compte des variations de digestibilité de l'azote ingéré ni des variations d'excrétion urinaire de composés autre que l'urée selon le taux azoté des différents régimes, mais l'amplitude de l'erreur ainsi admise reste vraisemblablement très faible.

2. — *Utilisation de l'énergie métabolisable*

Dans l'expérience I, nous avons retenu, pour exprimer les résultats obtenus en chambres respiratoires, les valeurs du bilan QR. En effet, bien que les deux bilans soient voisins, le bilan CN est en général plus élevé (+ 2 à + 3 p. 100) en raison vraisemblablement de la sous-estimation du carbone urinaire. Par ailleurs, les consommations des animaux témoins ont été légèrement réduites au-delà du poids moyen de 110 g. Cette limitation des quantités ingérées peut avoir eu des effets durables sur le métabolisme des animaux et, en réduisant leurs besoins énergétiques (MAHENDRA et MILLER, 1969 ; AUROUSSEAU, 1972) être à l'origine de la meilleure utilisation de EM par les rats témoins de 220 g.

Les travaux sur l'utilisation de l'acide caproïque par le Rat en croissance rapportés ci-contre ont été réalisés à la suite d'expériences similaires relatives à l'étude de l'utilisation d'acide caprylique (AUROUSSEAU *et al.*, 1970 ; AUROUSSEAU et VERMOREL, 1971 ; AUROUSSEAU, 1972). Il nous est apparu intéressant de comparer les effets de ces deux acides.

Le rendement de EM pour la croissance dans le cas de régimes comportant de l'acide caprylique ou de l'acide caproïque varie de façon comparable avec l'âge des animaux mais diffère dans son amplitude. En effet, le rendement est non significativement accru par l'acide caprylique chez les animaux de 80 g (64 p. 100 contre 62 p. 100 pour un régime témoin), il est réduit sensiblement chez les animaux de 110 g recevant de l'acide caproïque (67,3 p. 100 contre 70,6 p. 100 pour un régime témoin). Enfin, chez les animaux de 220 g, il est beaucoup moins affecté par la présence d'acide caprylique que par celle d'acide caproïque (66 p. 100 contre 45 p. 100 alors qu'il est de 82 p. 100 dans le cas de régimes témoins).

L'extrapolation des droites de régression linéaire reliant l'énergie fixée à l'EM ingérée permet un calcul théorique approché des besoins d'entretien des animaux :

ces besoins, inchangés chez les animaux de 80 g ingérant de l'acide caprylique seraient, selon cette méthode de calcul, abaissés de 8 p. 100 chez les animaux de 110 g ingérant de l'acide caproïque et de 14 p. 100 et de 47 p. 100, respectivement, chez les animaux de 220 g ingérant de l'acide caprylique ou de l'acide caproïque. L'amplitude de ces variations théoriques rend très improbable leur validité et on peut penser que dans le cas de l'ingestion d'acides gras à chaîne moyenne, la régression reliant l'énergie fixée à l'EM ingérée prend une forme curvilinéaire.

Dans le cas de l'expérience II, pour remplacer les résultats manquants (lots A₂ et A₃, équilibrés aux niveaux respectifs de 1,36 mg Nd/Kj EM), nous avons estimé les quantités d'énergie et d'azote qu'auraient dû fixer les lots A₂ et A₃, à partir de données obtenues au laboratoire sur des lots de rats comparables recevant des régimes témoins de concentrations azotées variables ; les résultats obtenus pour les 2 lots recevant les régimes de concentrations azotées trop élevée ou trop basse de la présente expérience ont été inclus dans ces données, et les chiffres obtenus correspondent bien aux données habituelles (TANAKA *et al.*, 1974).

Nous avons pu calculer ainsi (tabl. 5 *bis*) l'efficacité de l'utilisation de l'EM ou de l'EB de l'acide caproïque comparée à celle de l'amidon. Elles subissent des variations importantes et prennent les valeurs extrêmes respectives de 109 et 149 p. 100 ou de 98 et 141 p. 100. Compte tenu de la méthode d'appréciation des proportions de EM dans chaque régime (cf. discussion ci-dessus, § 1) il est possible que les valeurs de l'efficacité de EM de l'acide caproïque soient surestimées. Dans le cas de l'ingestion d'acide caprylique, l'efficacité de EM et de EB de cet acide variait respectivement dans les mêmes conditions de 76 à 87 p. 100 (AUROUSSEAU *et al.*, 1970 ; AUROUSSEAU, 1972) et de 86 à 115 p. 100. Ainsi, l'acide caproïque qui réduit davantage, dans la plage de consommation observée, le rendement de l'utilisation de EM pour la croissance, que l'acide caprylique, conduit à une meilleure utilisation de l'énergie ingérée (EB ou EM) pour l'ensemble des fonctions d'entretien et de croissance des animaux.

3. — Utilisation de l'azote ingéré

La quantité d'azote fixé est reliée de façon linéaire aux quantités totales d'énergie et d'azote ingérés et au poids métabolique à la fois (BLACK et GRIFFITHS, 1975). Dans ces conditions, on ne peut extrapoler à bilan d'azote nul les régressions calculées à partir des résultats de l'expérience I et liant les quantités d'azote fixé (exprimées en énergie) aux quantités de EM ingérées seules. L'allure générale de ces courbes semble, cependant, indiquer, qu'en présence d'acide caproïque les besoins en énergie pour assurer des bilans azotés nuls sont réduits chez les animaux de 110 g, et accrus chez les animaux de 220 g. L'allure générale du phénomène était semblable dans le cas des animaux ingérant des régimes comportant de l'acide caprylique (AUROUSSEAU et VERMOREL, 1971).

Les résultats de l'expérience II, complétés selon le calcul décrit au paragraphe précédent, font apparaître une interaction très nette entre les effets de l'acide caproïque et le taux azoté des régimes. L'azote ingéré est ainsi d'autant plus efficacement utilisé que le régime est plus riche à la fois en acide caproïque et en matières azotées. Cependant, compte tenu de ses effets sur l'utilisation de l'énergie ingérée, l'acide caproïque accroît non significativement l'état d'engraissement des animaux, cet effet étant d'autant plus net que le régime est plus riche en azote (tabl. 5). Ces

interactions avec le taux d'azote dans les régimes n'avaient pas été observées dans le cas de l'acide caprylique.

L'effet insulino-sécréteur des acides gras à chaîne moyenne (SUNYER *et al.*, 1969), apparemment maximum dans le cas de l'acide caproïque (AMBO *et al.*, 1973) pourrait être à l'origine des effets observés.

4. — Métabolisme des nutriments

Compte tenu du fait, que les acides gras à chaîne moyenne sont facilement catabolisés en CO_2 dans les tissus animaux *in vitro* (GREENBERGER *et al.*, 1965 ; SCHEIG *et al.*, 1968) aussi bien qu'*in vivo* (KIRSCHNER *et al.*, 1961 ; BOLLINGER, 1963 ; GREENBERGER et SKILMAN, 1969), il nous est apparu intéressant d'étudier la signification du QR des animaux expérimentaux.

Dans un premier temps, nous avons calculé ainsi le QR théorique d'animaux catabolisant en CO_2 la totalité de l'acide caproïque ingéré en remplacement d'une quantité isoénergétique de glucides, toutes choses égales par ailleurs (sans changement des quantités d'azote et d'énergie fixées). Dans ces conditions, le QR des animaux de 110 g et de 220 g serait abaissé de 1,05 et 1,03 respectivement, à 0,97 et 0,96.

Dans un deuxième temps, nous avons poursuivi le calcul pour tenir compte des différences d'énergie et d'azote fixés, selon le niveau d'ingestion. Pour expliquer l'abaissement du QR par rapport aux valeurs théoriques on doit faire appel, dans la zone où l'acide caproïque améliore l'utilisation de l'énergie ingérée à l'intervention de synthèses de lipides à partir de glucides soustraits à la catabolisation en CO_2 . En effet, dans l'hypothèse inverse où les synthèses de lipides supplémentaires s'effectueraient à partir d'acide caproïque, le QR des animaux serait augmenté. Selon ce mode de raisonnement, l'acide caproïque serait ainsi en quasi totalité catabolisé en CO_2 .

Dans le cas d'animaux ingérant de la tricapyryline (AUROUSSEAU et VERMOREL, 1971) les QR observés étaient également inférieurs à ceux des rats témoins (0,94 et 0,93 contre 1,05 et 1,01 respectivement pour des animaux de 80 g ou de 220 g). Mais dans ce cas, un calcul analogue à celui que nous avons fait ci-dessus pour l'acide caproïque montre que le QR théorique d'animaux expérimentaux catabolisant en totalité l'acide caprylique ingéré est inférieur au QR observé. Pour expliquer ce phénomène, on peut émettre l'hypothèse suivante : globalement, des lipides seraient synthétisés à partir de l'acide caprylique ingéré et, une partie des glucides utilisés, dans le cas d'animaux témoins, pour la lipogenèse seraient catabolisés en CO_2 . Cette hypothèse concorde avec des mesures de catabolisme d'acide caprylique marqué au carbone 14 rapportées antérieurement (AUROUSSEAU *et al.*, 1971) et on retrouve une différence entre l'utilisation métabolique des deux acides.

Au niveau hépatique, l'accroissement de la teneur globale ou relative des foies, en énergie et en azote témoigne du rôle accru de cet organe chez les animaux ingérant de l'acide caproïque. Des observations similaires avaient pu être faites dans le cas d'animaux recevant de l'acide caprylique (AUROUSSEAU *et al.*, 1970). Par ailleurs, de nombreux travaux (HASHIM *et al.*, 1964 ; SCHWABE *et al.*, 1964 ; BEZARD *et al.*, 1966 ; BEZARD, MONNERET et BOQUILLON, 1966 ; GREEN, BERGER

et SKILLMAN, 1969) montrent que le foie capte activement et en quasi totalité, les acides gras à chaîne moyenne absorbés par la voie porte.

L'accroissement de la teneur des foies en lipides est à rapprocher d'observations montrant que les acides gras à chaînes moyennes accroissent les synthèses d'acides gras longs à partir d'unités acétate (BRADY et GURIN, 1950 ; REISER *et al.*, 1963) ainsi que l'émission par le foie de lipoprotéines (HASHIM *et al.*, 1960 ; UZAWA *et al.*, 1964).

CONCLUSION

A la suite de ce premier travail, on peut dégager des résultats obtenus les aspects suivants :

— l'acide caproïque a amélioré à la fois l'utilisation de l'énergie et de l'azote ingérés, l'effet étant d'autant plus marqué que le régime était plus riche en azote ou en acide caproïque ;

— l'acide caproïque a amélioré l'utilisation de l'énergie ingérée dans certaines limites du niveau d'ingestion (jusqu'à un niveau de 256 p. 100 ou de 156 p. 100 des besoins d'entretien des animaux témoins respectivement pour les animaux de 110 g ou de 220 g).

En ce qui concerne l'utilisation de l'azote ingéré, les effets de l'acide caproïque ont été différents selon l'âge physiologique des animaux :

— chez le jeune Rat de 110 g, l'acide caproïque a amélioré l'utilisation de l'azote ingéré dans la zone des bas niveaux d'ingestion (inférieurs à 185 p. 100 des besoins d'entretien des animaux témoins) ;

— chez les animaux de 220 g, l'acide caproïque a amélioré l'utilisation de l'azote ingéré dans la zone des hauts niveaux d'ingestion (supérieurs à 130 p. 100 des besoins d'entretien des animaux témoins).

Nous avons comparé ces résultats à ceux obtenus antérieurement avec l'acide caprylique et avancé des hypothèses sur les mécanismes responsables des différences observées au niveau des aspects globaux. Les deux acides semblent agir sur les mêmes voies métaboliques, mais induire des modifications d'intensités relatives variables des voies métaboliques concernées. Nous avons ainsi retenu l'hypothèse de travail selon laquelle l'acide caproïque pourrait, en particulier, accroître plus efficacement la sécrétion d'insuline.

Reçu pour publication en août 1975.

SUMMARY

EFFECT OF INTAKE OF CAPROIC ACID ON ENERGY AND NITROGEN UTILIZATION IN GROWING RAT AS RELATED TO AGE OF ANIMAL AND NITROGEN LEVEL IN DIET

Young male rats of the *Wistar* CF strain are used to determine the effects of tricaproic acid intake on energy and nitrogen utilization in diets of animals at two different physiological stages (Experiment I) or when given in rations containing various nitrogen levels (Experiment II).

Experiment I is carried out in closed-circuit respiration chambers using indirect calorimetry on rats given balanced diets containing 1.56 mg digestible nitrogen per metabolizable energy (EM) Kjoule (mg Nd/KJ EM). Prepuberal rats (110 g liveweight) receiving tricaproine have lower growth maintenance requirements than control animals (67 p. 100 as against 71 p. 100). Utilization of energy and nitrogen is improved in these animals up to a certain consumption level and then decreases. Puberal rats (220 g liveweight) given tricaproine present very reduced EM growth yields (45 p. 100 as against 82 p. 100), but the apparent low level maintenance requirement leads us to believe that there is a curvilinear relationship between EM and EF (fixed energy). In animals taken at this physiological stage, the use of ingested nitrogen is diminished to a certain consumption level and then improves.

Experiment II is done by sacrificing the animals and analyzing the carcasses, following a factorial plan combining 3 nitrogen levels in the diets (1.20-1.36 and 1.53 mg Nd/KJ EM) and 3 tricaproine levels (0, 10 or 20 p. 100 in energy). Energy and ingested nitrogen utilization are improved by introducing tricaproine into the diets, the effect being more evident as the diet is richer in nitrogen. Energy fixed by experimental animals thus increases from 7 to 12 p. 100 as compared to that fixed by the corresponding control animals (same nitrogen level in diets). Also fixed nitrogen is increased from 2 to 11 p. 100. The amount of energy and nitrogen are significantly increased in rat livers, thus emphasizing the role of the liver in subjects given medium chain fatty acids. The overall effects observed lead us to retain the hypothesis that caproic acid has a particular insulino-secretor effect.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMBO K., TAKAHASHI M., TSUNA T., 1973. Effect of feeding and infusion of short Chains fatty acids on glucose levels in sheep. *J. Agric. Res.*, **24**, 54-62.
- ASH R. W., PENNINGTON R. J., REID R. S., 1959. The effect of short chain fatty acids on blood glucose in sheep. *Biochem. J.*, **71**, 9P.
- AUROUSSEAU B., DE GROOT L., VERMOREL M., 1970. Étude comparée de l'utilisation énergétique de régimes riches en acide caprylique ou en acides gras insaturés. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **10**, 703-706.
- AUROUSSEAU B., DE GROOT L., BOUVIER J. C., VERMOREL M., 1971. Utilisation métabolique des acides gras courts, moyens et longs par le Rat en croissance. In *Energy metabolism of farm animals*. Proc. of the 5th Symposium held at Vitznav, Switzerland, September 1970, E. A. A. P. n° 13, p. 190. Ed. A. SCHURCH et C. WENK.
- AUROUSSEAU B., VERMOREL M., 1971. Caprylic acid utilization by growing rats at two different physiological states. *Nutr. Rep. Intern.*, **4**, 95-102.
- AUROUSSEAU B., 1972. Utilisation énergétique des acides caprylique, laurique et myristique par le Rat en croissance. Influence des restrictions alimentaires. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, **12**, 263-280.
- BACH A., BIETH N., METAIS P., 1973. Octanoate metabolism in the isolated perfused rat liver. I. Methodology and preliminary results. *Arch. Sci. Physiol.*, **27**, 55-65.
- BEZARD J., CLEMENT G., KLEPPING J., BRIET S., 1966. Étude de la captation par le foie des acides gras à chaîne courte et moyenne chez le Chien. *Arch. Sci. Physiol.*, **20**, 169-180.
- BEZARD J., MONNERET-BOQUILLON M., 1966. Captation par le foie en perfusion des acides gras à chaînes courtes et moyennes. I. Acides gras perfusés sous forme libre. *Arch. Sci. Physiol.*, **20**, 359-371.
- BLACK J. L., GRIFFITHS D. A., 1975. Effects of live weight and energy intake on the nitrogen metabolism and total nitrogen requirement of lambs. *Brit. J. Nutr.*, **33**, 399-413.
- BOLLINGER J. N., 1963. *The metabolism of fatty acids derived from dietary triglyceride*. Ph. D. Thesis, Texas.
- BRADY R. O., GURIN S., 1950. The biosynthesis of radioactive fatty acids and cholesterol. *J. Biol. Chem.*, **186**, 461-469.
- DROR Y., SASSOON H. F., WATSON J. J., MACK D. O., JOHNSON B. C., 1973. Fat versus sucrose as the nonprotein calorie portion of the diet of rats. *J. Nutr.*, **103**, 342-346.
- FULLER M. F., BOYNE A. W., ATKINSON T., SMART R., 1973. The effect of increasing energy intake on the utilization of dietary protein of various qualities. *Nutr. Rep. Int.*, **7**, 175-180.
- MCGARRY J. D., FOSTER D. W., 1971. The regulation of ketogenesis from octanoic acid. The role of the tricarboxylic acid cycle and fatty acid synthesis. *J. Biol. Chem.*, **246**, 1149-1159.
- GREENBERGER N. J., FRANKS J. J., ISSELBACHER K. J., 1965. Metabolism of ¹⁴C octanoic and ¹⁴C palmitic acid by the rat intestinal slices. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **120**, 468-472.

- GREENBERGER N. J., SKILMAN T. G., 1969. Medium chain triglycerides : physiological considerations and chemical implications. *New Engl. J. Med.*, **280**, 1045-1058.
- HASHIM S. A., ARTEGA A., VAN ITALLIE T. B., 1960. Effect of a saturated medium chain triglyceride on serum lipids in man. *Lancet*, **1**, 1105-1108.
- HASHIM S. A., BERGEN S. S., KRELL K., VAN ITALLIE T. B., 1964. Intestinal absorption and mode of transport in portal vein of medium chain fatty acids. *J. Clin. Invest.*, **43**, 1238-1240.
- INGEBRETSSEN W. R. JR., WAGLE S. R., 1974. Studies on the effects of tricaprilyn on gluconeogenesis and ketogenesis in isolated perfused liver. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **147**, 578-580.
- KIRSHNER J., HARRIS R. S., 1961. The effects of chain length on the metabolism of saturated fatty acids by the rat. *J. Nutr.*, **73**, 397-402.
- LINSCHER W. G., SLONE D., MITCHELL M. L., 1965. Octanoic acid and carbohydrate metabolism. *Clin. Res.*, **13**, 327-330.
- MAHENDRA C. C., MILLER D. S., 1969. The effect of depletion repletion on caloric utilization. *Proc. Nutr. Soc.*, **28**, 72A.
- SUNYER F. X., HASHIM S. A., VAN ITALLIE T. B., 1969. Insulin and ketone responses to ingestion of medium and long chain triglycerides in man. *Diabetes*, **181**, 96-100.
- REISER R., WILLIAMS M. C., SORRELS M. S., 1963. Biosynthesis of fatty acids and cholesterol as related to diet fat. *Arch. Biochem. Biophys.*, **102**, 276-285.
- SCHEELE C. W., JANSEN B. P., 1971. Standardization of nitrogen balance experiments with rats. 2. Experimental procedure and techniques used in the evaluation of the experiments. *ZITF*, **28**, 24-28.
- SCHEIG R., KLATSKIN G., 1968. Hepatic metabolism of 1-¹⁴C octanoic and 1-¹⁴C palmitic acids. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, **45**, 31-33.
- SCHWABE A. D., BENNET L. R., BROWMAN L. P., 1964. Octanoic acid absorption and oxydation in humans. *J. Appl. Physiol.*, **19**, 335-337.
- SIEDLER A. J., RICE M. S., MALONEY P. A., LUSHBOUGH C. H., SCHWEIGERT B. S., 1962. The influence of varying levels of dietary protein carbohydrate and fats in the nutrition of the rat. *J. Nutr.*, **77**, 149-154.
- SINCLAIR A. J., CRAWFORD M. A., 1973. The effect of a low fat maternal diet on neonatal rats. *Brit. J. Nutr.*, **29**, 127-137.
- TANAKA H., YAMAGUCHI M., KAMETAKA M., 1974. Body composition and utilization of protein and energy in growing rats at different dietary protein to energy ratios purified whole egg protein. *Ag. Biol. Chem.*, **38**, 1113-1120.
- UZAWA H., SCHLIERF G., CHIRMAN S., MICHAELS G., WOOD P., KINSELL L. W., 1964. Hyperglyceridemia resulting from intake of medium chain triglycerides. *Am. J. Clin. Nutr.*, **15**, 365-369.
- VERMOREL M., KELLER J., 1967. Utilisation énergétique par le Rat en croissance, des principales céréales composant des régimes isoazotés et équilibrés en acides aminés. *Ann. Zootech.*, **16**, 223-234.
- WALKER D. M., FAICHNEY G. J., 1964. Nitrogen balance studies with the milk fed lambs. 3. Effect of different nitrogen intakes on growth and nitrogen balance. *Brit. J. Nutr.*, **18**, 295-306.
- WILEY J. H., LEVEILLE G. A., 1973. Metabolic consequences of dietary medium chain triglycerides in the rat. *J. Nutr.*, **103**, 829-835.
-