

UTILISATION MÉTABOLIQUE DES ACIDES GRAS CHEZ LE PORC

J. FLANZY, A. C. FRANÇOIS et A. RÉRAT
avec la collaboration technique de Jacqueline MEUROT

*Station centrale de Nutrition,
Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas
Institut national de la Recherche agronomique*

RÉSUMÉ

La variation de composition corporelle entre 45 kg et 100 kg a été étudiée chez des porcs, en fonction du niveau d'alimentation et de la quantité d'acides gras ingérés. Les animaux étaient répartis en 4 lots : le régime du lot I était lipoprive, celui du lot II contenait du saindoux, celui du lot III était à base de beurre de cacao (riche en acide stéarique), celui du lot IV contenait du coprah (riche en acide laurique). Dans chacun des lots, des animaux avaient une croissance rapide (570 g/jour), les autres une croissance lente (400 g/jour). Les carcasses des animaux ont été broyées et l'analyse qualitative et quantitative de la composition en acides gras a été effectuée. Pour étudier le métabolisme de chacun des acides gras, on a calculé son coefficient de stockage (S) qui est le rapport de la quantité de cet acide déposée entre 45 kg et 100 kg à la quantité absorbée pendant la même période (quantité absorbée = quantité ingérée \times coefficient d'utilisation digestive de cet acide).

Les résultats obtenus sont les suivants (tabl. 10) :

- L'acide laurique du régime n'est retrouvé qu'en faible quantité dans les dépôts. Il est presque entièrement catabolisé.
- La moitié environ de l'acide linoléique absorbée est stockée par l'animal.
- La teneur des dépôts en acide palmitique est pratiquement constante (25 p. 100).
- La synthèse de l'acide stéarique paraît plus rapide que sa dégradation.
- La participation de l'acide oléique à l'élaboration des dépôts est proportionnelle à la quantité de graisse fixée.
- Les dépôts élaborés par l'animal soumis à un régime lipoprive contiennent 50 p. 100 d'acide oléique environ.

Les applications pratiques sont les suivantes :

- Pour augmenter le point de fusion des graisses de dépôt et éviter notamment la production de lard mou, il faut ajouter à la ration des acides gras saturés.
- Pour réduire la lipogénèse et le stockage des graisses alimentaires, il faut ajouter à la ration des acides gras courts et moyens.

Il est bien connu que l'alimentation influence la quantité de graisses déposées et la composition en acides gras des dépôts. Cette influence est fonction notamment de l'âge de l'animal, du niveau de nutrition et de l'apport lipidique CARROLL, 1965 ;

FÉVRIER, 1959 ; FRANÇOIS et FLANZY, 1959). BLUMER *et al.* (1957) ont montré par exemple que, chez le Porc, l'indice d'iode des dépôts passe de 93 à 54, quand on substitue l'huile de coprah (indice d'iode 5) à l'huile de soja (indice d'iode 130). Si l'influence de l'alimentation est nette sur la composition des dépôts, ces derniers ont toutefois un métabolisme propre et les acides gras alimentaires ne sont pas stockés en totalité. En effet, certains mécanismes régulateurs, auxquels participe notamment l'acide linoléique (KAUNITZ *et al.*, 1961) interviennent pour que les dépôts adipeux aient une composition aussi proche que possible de celle qui est caractéristique de l'espèce (TOVE, 1960). Cette régulation est obtenue, soit par la synthèse des acides gras manquant dans le régime, soit, plus vraisemblablement, par la dégradation des acides en excès (ROUS, 1962 ; ROUS et FAVARGER, 1963). Mais ces mécanismes n'agissent pas instantanément ni à une vitesse suffisante pour que les dépôts adipeux ne soient pas affectés par les lipides de la ration. En effet, la vitesse de dégradation n'est pas la même pour tous les acides gras, comme l'ont montré spécialement sur le Rat BACH, METAIS et WARTER (1968), BEZARD (1965), BJÖRNTORP (1968), BOLLINGER (1963), COOTS (1964), HARKINS et SARETT (1968), KAUNITZ et JOHNSON (1968), KAUNITZ, JOHNSON et BELTON (1968), KIRSCHNER et HARRIS (1961), METAIS, BACH et WARTER (1967), PASCAUD et STROUVE (1968), SCHEIG et KLATSKIN (1968).

Sur le Porc, l'étude de l'utilisation métabolique des acides gras n'a jamais été entreprise depuis les travaux de HILDITCH, LEA et PEDELTY (1939). En effet, si FROBISCH (1967), LEAT *et al.* (1964), MASON et SEWELL (1967), OSLAGE (1963), SCHIEMAN *et al.* (1962), entre autres auteurs, ont procédé à des analyses de composition corporelle chez le Porc, ils n'ont pas toutefois établi un bilan d'acides gras. Or, la connaissance du métabolisme des acides gras chez cet animal entraîne la possibilité d'orienter notamment la composition des dépôts adipeux. C'est ainsi que, d'une part, afin de diminuer la lipogénèse, on aura intérêt (paradoxalement) à introduire des matières grasses dans la ration, et, pour éviter le stockage des graisses alimentaires, ces matières grasses devront être composées d'acides gras aisément catabolisés ; en effet, la suppression de lipides dans le régime n'est pas un bon moyen pour obtenir des porcs maigres, car l'animal peut réaliser la synthèse de triglycérides à partir des glucides alimentaires. En outre, cette synthèse se traduit par une augmentation de la teneur en acide oléique des lipides de réserve (KOCH *et al.*, 1968 ; LOSSOW et CHAIKOFF, 1955 ; MERKEL *et al.*, 1958), ce qui n'est pas souhaitable. D'autre part, pour orienter les dépôts vers une composition donnée, on aura intérêt à introduire dans la ration les acides gras correspondants, à condition qu'ils soient peu catabolisés. C'est une telle étude que nous avons entreprise dans ce travail préliminaire. Nous nous sommes proposé d'analyser les variations de la composition en acides gras de la carcasse en fonction du niveau d'alimentation et en fonction de la composition en acides gras des lipides introduits dans la ration.

MÉTHODES

L'expérience a porté sur 12 porcs répartis en quatre lots : à chacun des trois animaux de chaque lot correspondait un animal de la même portée, du même sexe et du même poids dans chacun des trois autres lots. La formule des régimes est donnée dans le tableau 1. Le régime du lot I était lipidoprive.

TABLEAU I

Formule du régime (p. 100 en poids)
Composition of diet (per cent wt.)

	Lot I	Lot II	Lot III	Lot IV
Lait écrémé Spray	30	35	35	35
Skim milk				
Amidon	58,8	39	39	39
Corn starch				
Saindoux	—	13	—	—
Lard				
Mélange III*	—	—	13	—
Mixture III*				
Mélange IV**	—	—	—	13
Mixture IV**				
Cellulose	4,3	5	5	5
Cellulose				
Mélange minéral	5,2	6	6	6
Mineral mixture				
Mélange vitaminique	1,7	2	2	2
Vitamins				

* Mélange constitué de : beurre de cacao (80 p. 100),
 huile de coton (20 p. 100),

* Composition of mixture III : Cocoa butter (80 p. 100),
 Cotton oil (20 p. 100).

** Mélange constitué de : beurre de cacao (50 p. 100),
 huile de coton (15 p. 100),
 huile de coprah (35 p. 100).

** Composition of mixture IV : Cocoa butter (50 p. 100),
 Cotton oil (15 p. 100),
 Coprah oil (35 p. 100).

TABLEAU 2

Composition en acides gras de chacune des graisses du régime
 (en p. 100 des acides gras étudiés)
Fatty acid composition of each fat in the diet (wt. percentage of acids studied).

Acides gras Fatty acids	Lot II	Lot III	Lot IV
C ₁₂			15,3
C ₁₄			6,2
C ₁₆	26,8	24,9	19,6
C ₁₈	15,0	27,0	20,0
C ₁₈ : 1	50,3	32,9	28,2
C ₁₈ : 2	7,9	15,2	10,7

Le beurre de cacao a été choisi comme source d'acide stéarique et le coprah comme source d'acide laurique. La composition en acides gras de chacune des graisses est donnée dans le tableau 2.

Le rationnement était tel que, dans chacun des lots, deux animaux avaient un gain moyen quotidien de 570 g/jour (groupe « rapide »), alors que le 3^e animal avait un gain moyen quotidien de 400 g seulement (groupe « lent »). Les animaux, qui pesaient 45 kg au début de l'expérience, ont été abattus au poids de 100 kg.

Échantillonnage, broyage des carcasses

Après l'abattage et au cours du dépeçage de l'animal, différentes mesures ont été effectuées : poids du sang, de l'appareil digestif, des abats, de la carcasse.

La carcasse a été ensuite disséquée suivant les techniques mises au point et utilisées par le personnel du Laboratoire de Recherches sur la Viande de l'I. N. R. A. On a séparé ainsi les muscles, la graisse, la peau et les os. Les muscles, la graisse, la peau et les viscères ont été broyés séparément dans un homogénéiseur Stephan. Les os et la tête, préalablement concassés en morceaux de 200 g environ, refroidis à -20°C , ont été traités par l'azote liquide ($\text{PE} = -197^{\circ}\text{C}$), ce qui les a rendus cassants ; puis une bouillie homogène a été obtenue par broyage de ces morceaux. Les homogénats des différents tissus, y compris les os, ont été ensuite, après lyophilisation, traités dans un broyeur de laboratoire ; on a obtenu ainsi un échantillonnage (500 g environ) de chacune des parties de l'animal, à savoir : d'une part, les tissus que nous avons appelés « gras », la couenne, les rebuts (qui comprennent la queue, les ongles et les différents déchets provenant de la dissection, etc.), la graisse musculaire, la panne, le lard ; d'autre part, les tissus « maigres », les viscères les muscles, la tête, les os.

ANALYSES EFFECTUÉES

Le dosage de l'eau a été effectué par la méthode d'entraînement azéotropique par le benzène, dans le cas des tissus « gras », et par lyophilisation, puis passage dans l'étuve à vide à 60°C pendant 24 heures pour les tissus « maigres ».

Dans le cas des tissus « gras », l'extraction en vue du dosage de la matière grasse a été effectuée à froid par du chloroforme dans un homogénéiseur MSE. Dans le cas des tissus « maigres », contenant des formes complexes de lipides, l'extraction a été effectuée suivant la technique de FOLCH, LEES et SLOANE STANLEY (1957).

Les acides gras ont été identifiés et dosés au moyen d'un chromatographe en phase gazeuse (détecteur à ionisation de flamme) après purification des extraits lipidiques (par saponification) et méthylation des acides gras. La longueur de la colonne était de 3 m et son diamètre de 4 mm environ. Le support, du chromosorb WHMDS, était imprégné de 12 p. 100 de succinate de diéthylène glycol. La température de la colonne était de 180°C , le calcul de la surface des pics était réalisé par un intégrateur Disc. Dans nos conditions expérimentales, le nombre de plateaux théoriques de la colonne était de 2 500.

Variation de la composition corporelle

On a mesuré la variation de composition corporelle des animaux entre le début de l'expérience (45 kg de poids vif) et la fin de l'expérience (100 kg de poids vif). Pour déterminer la composition corporelle à 45 kg, nous avons pris, comme base de détermination, la composition corporelle d'un animal témoin de la même portée, ayant le même régime et le même poids.

Pour cela, chaque partie de l'animal abattu a été analysée en vue de déterminer, d'une part, sa teneur en matières grasses totales (établie à partir des valeurs indiquées dans les tableaux 6 et 8) et, d'autre part, la composition en acides gras de cette matière grasse. Nous avons ainsi obtenu la quantité totale de chacun des acides gras contenue dans les différentes parties de la découpe de l'animal. La somme des quantités partielles nous a donné la quantité totale d'un acide gras déterminé contenu dans l'animal abattu. Nous avons ensuite exprimé les résultats en pourcentage relatif de chacun des acides gras par rapport au total des acides gras dosés. Le tableau 3 donne la composition corporelle de l'animal témoin de 45 kg. La composition corporelle (C) des autres animaux a été établie par les mêmes dosages et les mêmes calculs.

Pour calculer la quantité de graisses réellement absorbées (A) par l'animal, nous avons tenu compte de l'utilisation digestive de chaque acide gras, dont la valeur est indiquée dans le tableau 4.

Ces coefficients ont été obtenus expérimentalement au cours d'une expérience antérieure (FLANZY, RÉRAT et FRANÇOIS, 1968). Dans cette publication, nous indiquons, notamment, comment la structure glycéridique exerce une influence sur la digestibilité des acides gras et pourquoi les valeurs des CUD sont différentes suivant les graisses ingérées.

Le gain (G) a été obtenu en calculant la différence entre la quantité totale d'un acide gras en fin d'expérience et la quantité de cet acide gras chez l'animal témoin de 45 kg. Pour expliciter le devenir de chacun des acides gras, nous avons calculé son « coefficient de stockage » (S) qui est,

TABLEAU 3

Composition en acides gras des graisses de l'animal témoin de 45 kg)
Fatty acid composition of the control animal (45 kg,

Acide gras Fatty acids	Quantité totale contenue dans l'animal en g Total quantity in the animal (g)	P. 100
C ₁₆	2 200	24,9
C ₁₈	1 500	17,0
C _{18:1}	4 500	50,9
C _{18:2}	640	7,2
Total	8 840	100,0

TABLEAU 4

Coefficient d'utilisation digestive adopté pour les acides gras ingérés
 (FLANZY, RÉRAT et FRANÇOIS, 1968)
Apparent digestibility of ingested fatty acids (from FLANZY, RÉRAT et FRANÇOIS, 1968).

	Acides gras Fatty acids					
	C ₁₂	C ₁₄	C ₁₆	C ₁₈	C _{18:1}	C _{18:2}
Mélange III et IV Mixture III and IV	88	66	46	40	90	95
Saindoux Lard			86	53	90	97

pour chacun des acides gras, le rapport de la quantité déposée à la quantité absorbée. Le coefficient de stockage global (S. G.) est calculé en faisant le rapport de la quantité totale d'acides gras déposés pendant la période expérimentale à la quantité totale d'acides gras absorbés pendant la même période. Le résultat est exprimé en p. 100.

Exemple de calcul

Soit à calculer le « coefficient de stockage » (S) de l'acide palmitique dans le cas du lot II du groupe « rapide ».

Dans ce lot, la consommation d'aliment contrôlée pendant toute la durée de l'expérience a été de 222 kg.

On déduit:

— du tableau 1, la quantité de matières grasses ingérée, soit :

$$\frac{222 \times 13}{100} = 28,800 \text{ kg}$$

— du tableau 2, la quantité d'acide palmitique ingérée, soit :

$$\frac{28,8 \times 26,8}{100} = 7,700 \text{ kg}$$

— du tableau 3, la quantité d'acide palmitique absorbée, soit :

$$\frac{7,700 \times 86}{100} = 6,600 \text{ kg} \quad (1)$$

On obtient la quantité totale d'acides gras absorbés en additionnant les quantités partielles de chacun des acides gras — obtenues comme ci-dessus —. Dans ce cas particulier, on trouve 24 kg (2). La valeur de (A) est donc en p. 100 :

$$\frac{6,6 \times 100}{24} = 27,5$$

Pour cet acide, l'analyse de la composition corporelle réalisée comme nous l'avons indiqué plus haut, nous a donné :

$$\begin{aligned} \text{Poids d'acide palmitique dans l'animal abattu : } & 9,600 \text{ kg} \\ \text{Poids total d'acides gras dans l'animal abattu : } & 37,800 \text{ kg} \end{aligned} \quad (3)$$

La valeur de (C), pour l'acide palmitique, est donc en p. 100 :

$$\frac{9,6 \times 100}{37,8} = 25,4$$

Le gain (G) est obtenu en faisant la différence entre la quantité d'acide contenue dans l'animal abattu et la quantité d'acide contenue dans l'animal à 45 kg (tabl. 3), soit :

$$9,600 - 2,200 = 7,400 \quad (4)$$

Or, le gain total en acides gras est de 29,000 kg (5). Donc (G) est égal en p. 100 à

$$\frac{7,4 \times 100}{29} = 25,6$$

Le « coefficient de stockage » (S) est égal en p. 100 à

$$\frac{7,400 \times 100}{6,6} = 111$$

Le « coefficient de stockage global » (S. G.) est en p. 100 (à partir de (2) et de (5))

$$\frac{29 \times 100}{24} = 122$$

RÉSULTATS

Nous n'avons pas eu pour but de faire une étude complète de la croissance. Étant donné le peu d'animaux en expérience, nos résultats permettent seulement de dégager certaines tendances et de suggérer certaines grandes voies métaboliques.

Le tableau 5 indique les mesures effectuées au moment de l'abattage. Les viscères comprennent l'appareil digestif libéré de son contenu et les abats (cœur, foie, poumons, rate, etc.).

TABLEAU 5

Détail de la découpe à l'abattage
Different parts after slaughter

	Témoïn standard Standard control	Groupe lent Slow group				Groupe rapide Fast group			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Poids vif (kg) Live weight	45	104	103	99	100	104	106,50	103	103
2. Sang (kg)..... Blood	1,47	3,45	2,76	2,70	3,58	2,89	2,66	2,72	2,79
3. Tête (kg) Head	2,44	6,02	6,15	6,35	6,10	5,90	5,41	5,69	5,17
4. Abats (cœur, foie, etc.) (kg) Entrails	2,50	4,47	4,43	4,32	5,24	5,32	5,39	3,94	4,40
5. Appareil digestif (kg). Digestive system	3,63	3,19	2,95	2,83	4,16	3,87	4,74	4,14	4,05
6. Carcasse (kg) Carcass	30,40	81,20	80	76,20	71,50	82,50	82,40	79,90	80,75
Poids animal abattu en kg (total 3 + 4 + 5 + 6) Weight of the slaugh- tered animal (total 3 + 4 + 5 + 6)	38,97	94,88	93,53	89,70	87	97,59	97,94	93,68	91,38
Carcasse : Poids animal abattu en p. 100..... Carcass : Weight of the slaugh- tered animal (p. 100)	86,6	91,2	90,8	90,6	87,0	93,8	92,0	90,5	91,6

Dans nos conditions expérimentales, quelles que soient la nature de la graisse ingérée et la vitesse de croissance, les valeurs du poids des différentes parties sont assez voisines ; le poids de la carcasse représente approximativement 90 p. 100 du poids de l'animal abattu.

Le tableau 6 présente les résultats de la découpe après dissection de la carcasse. Le poids total après dissection est égal au poids de l'animal abattu, diminué de la perte d'eau entre le moment de l'abattage et la fin de la dissection.

On constate que, dans le groupe « lent », les quantités de panne (graisse périrénale) et de lard dorsal sont inférieures à celles du groupe « rapide ». Parallèlement, le pour-

centage de muscle augmente. Les animaux étant plus âgés, il est normal aussi que le poids de la tête et des os soit plus élevé dans le groupe « lent » que dans le groupe « rapide ».

Les tableaux 7 et 8 indiquent respectivement les teneurs en eau et en matière grasse de chacune des parties de l'animal abattu.

Ainsi, on constate que, chez les animaux du groupe « rapide », la concentration en matière grasse est supérieure à celle du groupe « lent », tandis que, chez ces derniers, la quantité d'eau est généralement plus élevée dans les tissus.

Le tableau 9 donne une idée plus exacte de la répartition de la matière grasse dans la carcasse. Nous avons aussi calculé, à partir des tableaux 6 et 8, pour chacun des groupes, la quantité totale de matière grasse en p. 100 du poids de l'animal après dissection.

D'une manière générale, les animaux à croissance « lente » ont une teneur totale en matière grasse inférieure à celle des lots « rapides ». Ce phénomène est bien connu. En effet, dans ce cas, l'organisme utilise ses réserves grasses pour couvrir une partie de ses besoins énergétiques. Chez l'animal à croissance lente du lot IV, le catabolisme des réserves lipidiques a été plus important que chez les autres animaux. A partir des données de ce tableau, on calcule, au vu des tableaux 6 et 8, que le lard contient dans le groupe « lent » 14 kg de graisse, alors qu'il en contient 21 kg dans le groupe « rapide » ; par ailleurs, les muscles du 1^{er} groupe contiennent 4,2 kg de graisse et ceux du 2^e groupe 23,7 kg. Cette diminution de la quantité totale de graisses intramusculaires chez les animaux à croissance rapide est liée notamment au fait que les masses musculaires représentent un plus faible pourcentage de la carcasse (voir tabl. 6).

On constate ainsi que, en première approximation, les variations de la teneur globale en matière grasse sont dues aux variations de cette même teneur dans le lard.

Le tableau 10, qui fait apparaître les résultats sous la forme d'un bilan, donne une représentation du métabolisme de chacun des acides gras. Le mode de calcul et l'expression des résultats sont indiqués dans la partie « Méthodes ». Dans les lots I, II et III, nous avons calculé les proportions relatives des acides palmitiques, stéarique, oléique, linoléique, qui sont les constituants majeurs des graisses. Dans le lot IV, nous avons introduit dans nos calculs les acides laurique et myristique.

Pour le lot I, nous n'avons pas calculé le « coefficient de stockage » (puisque l'absorbé est nul), mais nous avons indiqué la composition corporelle en fin d'expérience et la composition du gain. Pour ce lot, en effet, la composition corporelle en acides gras correspond à la nature des matières grasses caractéristiques de l'espèce, alors que la composition du gain représente le résultat du métabolisme des acides gras chez l'animal entre 45 et 100 kg.

Dans le groupe « lent », la quantité totale de graisse stockée est inférieure à la quantité absorbée ; c'est l'inverse dans le groupe « rapide ». Le gain représente le bilan des acides gras déposés, qu'ils soient alimentaires, ou qu'ils soient synthétisés par l'animal, et des acides gras dégradés, qu'ils soient oxydés ou qu'ils soient reconvertis chez l'animal en d'autres acides. Pour simplifier, nous utiliserons le terme de « synthèse », quand le gain est supérieur à l'absorbé, et « dégradation » dans le cas inverse. Dans ces conditions, on constate que des acides gras ont été dégradés dans le groupe « lent » et que des acides gras ont été synthétisés dans le groupe « rapide ».

TABEAU IO

Variations de la composition globale en acides gras
Variation of total fatty acid composition

Acides Fatty acids	I		II				III				IV			
	C.	G.	A.	C. G.	S.	A.	C.	G.	S.	A.	C.	G.	S.	
	Groupe lent Slow group													
C ₁₂											19,2	1,4	2,8	7
C ₁₄											5,8	4,2	6,8	57
C ₁₆	26,9	27,9	27,5	25,6	25,1	87	16,3	25,8	26,1	131	12,9	27,0	29,1	110
C ₁₈	15,2	14,3	9,5	12,6	11,0	110	16,5	17,2	17,5	87	11,4	16,4	16,4	70
C _{18:1}	56,0	58,5	53,9	56,0	58,7	103	45,2	47,4	45,5	82	36,2	42,2	34,6	47
C _{18:2}	1,9	0,7	9,1	5,8	5,2	54	22,0	9,6	10,9	40	14,5	8,8	10,3	34
S. G.	95					82					49			
	Groupe rapide Fast group													
C ₁₂											19,2	1,0	1,3	9
C ₁₄											5,8	3,8	4,9	110
C ₁₆	27,4	28,1	27,5	25,4	25,5	111	16,3	24,7	24,5	194	12,9	26,3	26,8	270
C ₁₈	17,8	18,1	9,5	14,9	14,4	181	16,5	20,6	22,1	172	11,4	20,8	22,2	253
C _{18:1}	52,8	52,9	53,9	54,7	55,8	124	45,2	45,1	42,9	122	36,2	40,9	37,5	134
C _{18:2}	2,4	0,9	9,1	5,0	4,3	57	22,0	9,6	10,5	61	14,5	7,2	7,3	65
S. G.	122					129					130			

- C. : Composition, p. 100 des acides dosés.
Composition, p. 100 of dosed fatty acids.
- G. : Gain, p. 100 des acides gras dosés.
Gain, p. 100 of dosed fatty acids.
- A. : Absorbé p. 100 des acides gras dosés.
Absorbed, p. 100.
- S. : « Coefficient de stockage » en p. 100.
« Stockage coefficient », p. 100.
- S. G. : « Coefficient de stockage » global p. 100.
« Total stockage coefficient », p. 100.
- V. : Mode de calcul au chapitre : « Méthodes ».
Method of calculating, at the chapter : « Methods ».

DISCUSSION

Les résultats concernant la composition corporelle des animaux et la répartition de la matière grasse chez l'animal confirment ou complètent les connaissances classiques sur certains aspects de la croissance du Porc. Toutefois, en raison du petit nombre d'animaux mis en expérience, il n'est pas possible d'attribuer aux résultats

chiffrés obtenus une valeur absolue. En revanche, l'étude des mécanismes et des voies métaboliques, qui sont indépendants des variations individuelles dans les cas non pathologiques, est possible dans ce type d'expérience. Nous nous limiterons donc, dans la discussion, au problème de l'utilisation des acides gras, c'est-à-dire à l'étude du tableau 10.

La comparaison des lots I et II permet de voir l'influence de l'utilisation digestive sur la composition des dépôts. En effet, mise à part la teneur en acide stéarique, plus élevée dans le lot I que dans le lot II, la composition du gain dans les deux lots des deux groupes est sensiblement la même. Dans le lot II, la teneur en acide linoléique est toutefois plus élevée que dans le lot I, ce qui est logique, puisque l'animal ne synthétise pas l'acide linoléique et que le saindoux en contient (l'aliment lipidoprive contenait des traces d'acide linoléique, ce qui explique que cet acide intervienne dans le gain de l'animal du lot I « rapide »). Les autres acides gras sont en proportions identiques dans les 2 lots.

On peut conclure que, lorsque l'animal ingère des graisses caractéristiques de son espèce, la composition de ses dépôts est peu différente de celle résultant de la synthèse endogène. Toutefois, la mauvaise digestibilité de l'acide stéarique fait décroître le pourcentage de cet acide dans les dépôts, où il est, en majeure partie, remplacé par l'acide linoléique qui n'est pas synthétisé.

Dans les lots III et IV, la composition en acides gras de l'aliment est différente de la composition des dépôts adipeux du Porc soumis, soit à un régime lipidoprive (lot I), soit à un régime contenant des graisses caractéristiques de l'espèce (lot II). Les animaux du lot IV ingèrent certains acides gras n'entrant pas dans la composition habituelle des lipides de réserve du Porc. On remarque alors que la composition corporelle est différente de celle obtenue à partir des régimes I et II. Seule la teneur en acide palmitique est relativement constante : elle ne varie que de 24,5 p. 100 à 29,1 p. 100, alors que son « coefficient de stockage » varie de 87 à 270 p. 100. On peut en conclure que l'animal synthétise ou (et) dégrade cet acide à vitesse élevée, de manière à le maintenir en pourcentage constant dans les dépôts. Le « coefficient de stockage » de l'acide stéarique passe de 253 à 70 pour des pourcentages variant dans les dépôts de 22,2 à 11 p. 100. On peut donc en conclure que cet acide a un métabolisme plus lent que celui de l'acide palmitique et que la synthèse se fait plus rapidement que la dégradation. En effet, dans le cas du groupe « rapide », où le gain total est supérieur à l'absorbé total, l'acide stéarique est un des acides gras les plus activement synthétisés avec des « coefficients de stockage » de 181, 172 et 253 p. 100. Cet acide gras synthétisé se dépose dans la carcasse.

L'acide laurique, même lorsque le gain total est supérieur à l'absorbé (groupe « rapide »), participe très peu à l'élaboration des réserves : 7 à 9 p. 100 de l'absorbé se retrouvent dans les dépôts. Il est, soit converti en un ou plusieurs des autres acides gras, soit catabolisé. Les travaux de BOLLINGER (1963), KAUNITZ et JOHNSON (1968), KAUNITZ, JOHNSON et BELTON (1968) et LONGENECKER (1939 *a*, 1939 *b*) permettent de supposer que cette dernière hypothèse est la plus vraisemblable.

L'acide myristique, qui ne se retrouve pas normalement dans les dépôts du Porc et qui n'est donc pas synthétisé dans l'organisme, est stocké en totalité dans la carcasse (groupe « rapide »). Quand l'animal utilise ses réserves en lipides pour couvrir une partie de ses besoins énergétiques (groupe « lent »), la moitié environ de cet acide est catabolisé. Il paraît être mieux utilisé que l'acide stéarique.

La moitié environ de l'acide linoléique est stockée dans tous les cas, bien que les quantités absorbées varient de 9,1 à 22 p. 100 ; autrement dit, les quantités déposées sont proportionnelles aux quantités ingérées (puisque le CUD est presque de 100 p. 100). C'est ce qui explique notamment que l'ingestion d'huile riche en acides gras polyinsaturés fasse augmenter le taux de ces acides dans les dépôts (GARTON et DUNCAN, 1954). L'autre moitié de l'acide linoléique ingéré est donc catabolisée, ce qui confirme les résultats de BOLLINGER (1963) et de BJÖRNTORP (1968) sur Rat. Il semble toutefois que la dégradation de cet acide présente une particularité : en effet, RAULIN et LAUNAY (1964) ont montré que, chez le Rat, l'acide linoléique était plus difficilement libéré des réserves adipeuses que les autres acides ; on pourrait donc supposer que, une fois déposé dans les cellules, cet acide est catabolisé moins vite que les autres acides gras. En revanche, cet acide pourrait être utilisé, dès son absorption, dans la paroi intestinale : en effet, l'acide linoléique, contrairement aux autres acides gras longs, se trouve quelquefois dispersé dans la cellule épithéliale absorbante sous forme non estérifiée et ne se retrouve pas entièrement dans le réticulum endoplasmique (VODOVAR, FLANZY et FRANÇOIS, 1967).

La composition du gain en acide oléique est variable suivant le lot et le groupe. Elle passe de 58,7 p. 100 à 34,6 p. 100 en fonction de la teneur de cet acide dans l'aliment, qui est respectivement de 50,3 p. 100 et 28,2 p. 100. On pourrait donc penser que l'acide oléique alimentaire se dépose intégralement et que les quantités d'acide oléique synthétisées par l'animal sont immédiatement catabolisées. Il n'en est pas ainsi, puisque, dans le groupe « lent », le catabolisme de cet acide est plus important que dans le groupe « rapide ». En revanche, il est à remarquer que, dans tous les cas, le « coefficient de stockage » de l'acide oléique est pratiquement égal au « coefficient de stockage global » ; autrement dit, les variations de la teneur en cet acide suivent exactement les variations du poids de graisse fixée. On peut donc en conclure que le métabolisme de l'acide oléique est caractéristique de l'activité du tissu adipeux : à une synthèse (ou dégradation) de cet acide correspond un accroissement (ou une réduction), du dépôt de triglycérides, de façon que la concentration en cet acide soit la même dans le croît et dans l'aliment.

Les expériences ayant été réalisées avec des triglycérides dont l'acide oléique occupe, soit la position β (lot III et IV), soit la position α (lot II), il apparaît que la structure glycéridique des lipides alimentaires n'influence pas le dépôt de cet acide dans les réserves adipeuses. Des conclusions analogues avaient été obtenues précédemment par les auteurs (FLANZY, RÉRAT et FRANÇOIS, 1965).

CONCLUSION

Les travaux précédents seront complétés par des études réalisées *in vivo* et au moyen d'éléments marqués. La présente expérience permet de remarquer que :

- l'acide laurique du régime n'est retrouvé qu'en faible quantité dans les dépôts. Il est presque entièrement catabolisé ;
- la moitié environ de l'acide linoléique absorbé est stockée par l'animal ;
- l'acide palmitique est retrouvé dans les dépôts à un taux pratiquement constant ;

- la synthèse de l'acide stéarique paraît plus rapide que sa dégradation ;
- la participation de l'acide oléique dans l'élaboration des dépôts est proportionnelle à la quantité de graisse fixée ;
- les dépôts élaborés par l'animal soumis à un régime lipidoprive contiennent 50 p. 100 d'acide oléique environ.

Des faits précédents, on peut tirer des conclusions pratiques :

— Si l'on veut diminuer dans le lard les concentrations en acides insaturés qui sont responsables du « lard mou », il faut, dans l'aliment, substituer des acides saturés à l'acide oléique qui est déposé dans les réserves adipeuses dans la même concentration que celle où il se trouve dans l'aliment. En revanche, l'acide linoléique, qui semble avoir un rôle particulier, en plus (ou en raison) de son rôle d'acide gras essentiel, n'est stocké que dans la proportion de 50 p. 100.

Pour réduire les dépôts adipeux du Porc, il est nécessaire tout d'abord de « freiner » l'animal (et notamment en fin de croissance), comme on le réalise classiquement ; il faut ensuite ajouter des graisses au régime, graisses essentiellement constituées d'acides gras courts, et, éventuellement d'acide linoléique : les seules sources naturelles d'acides courts étant actuellement le coprah et le beurre (ce dernier possédant de nombreux acides courts, mais dont la proportion est faible par rapport aux acides totaux). On pourrait donc envisager une production d'acides courts ; ils seraient obtenus, soit à partir de l'industrie des matières grasses, soit à partir de l'industrie du pétrole. Dans ce dernier cas, les acides courts pourraient être associés à des acides ramifiés qui présenteront à l'avenir un intérêt certain en nutrition animale (MILLER et TANNENBAUM, 1968).

Reçu pour publication en avril 1970.

SUMMARY

UTILIZATION OF FATTY ACIDS IN PIGS

Changes in body composition between 45 and 100 kg was studied in pigs in relation to plane of nutrition and the amount of fatty acids ingested. The pigs were in 4 groups. The diet for group I had no lipids, that for group II had lard, that for group III had cocoa butter, rich in stearic acid, and that for group IV had copra, rich in lauric acid. In each group some pigs grew rapidly, 570 g daily, and some slowly, 400 g. The carcasses of the pigs were ground and qualitative and quantitative estimations of fatty acids were made. To study metabolism of each fatty acid the coefficient of retention, which was the relation between the amount of the acid deposited between 45 and 100 kg and the amount absorbed during the same period was calculated (amount absorbed = intake \times digestibility of the acid.)

Results were as follows (table 10) :

- Only a small amount of the lauric acid of the diet was recovered in the deposits. It was almost completely catabolized.
 - About half the linoleic acid absorbed was retained by the animal.
 - The palmitic acid content of deposits was practically constant at 25 p. 100.
 - Synthesis of stearic acid seemed to be more rapid than its degradation.
 - Participation of oleic acid in the formation of the deposits was proportional to the amount of fat retained.
 - The deposits formed by the animal given a lipid-free diet had about 50 p. 100 oleic acid
- The practical applications are :
- To increase the melting point of depot fat and prevent production of soft bacon saturated fatty acids should be added to the diet.
 - To reduce lipid formation and retention of the fats in the feed short- and medium-chain fatty acids should be added to the diet.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BACH A., METAIS P., WARTER J., 1968. Comparaison par l'étude de $^{14}\text{CO}_2$ de l'air expiré, de l'utilisation de graisses à acide gras long, moyen et court. Influence du support. *C. R. Soc. Biol.*, **162**, 247-251.
- BEZARD J., 1965. *Recherches sur le rôle du foie dans la captation et le métabolisme des acides gras à chaînes courtes et moyennes*. Thèse Fac. Sci. Dijon, 128 p.
- BJÖRNTORP P., 1968. Rates of oxidation of different fatty acids by isolated Rat liver mitochondria. *J. biol. Chem.*, **243**, 2130-2133.
- BLUMER T. N., BARRICK R. E., BROWN W. L., SMITH F. H., SMART JR W. W. C., 1957. Influence of changing the kind of fat in the diet at various weight intervals on carcass fat characteristics of swine. *J. anim. Sci.*, **16**, 68-73.
- BOLLINGER J. N., 1963. *The metabolism of fatty acids derived from dietary triglycerides*. Thesis, Texas A and M University, 74 p.
- CARROLL K. K., 1965. Dietary fat and the fatty acid composition of tissue lipids. *J. Am. Oil Chemists Soc.*, **42**, 516-528.
- COOTS R. H., 1964. A comparison of the metabolism of elaidic, oleic, palmitic, and stearic acid in the rat. *J. Lipid Res.*, **5**, 468-472.
- FÉVRIER R., 1959. Influence de l'alimentation sur l'importance des réserves grasses du Porc. *Ann. Nutr. Alim.*, **13**, A 65-A 110.
- FLANZY J., RÉRAT A., FRANÇOIS A.-C., 1965. Influence de la structure glycéridique et de la nature des acides gras alimentaires sur la composition des dépôts chez le Porc. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **5**, 237-247.
- FLANZY J., RÉRAT A., FRANÇOIS A.-C., 1968. Étude de l'utilisation digestive des acides gras chez le Porc. *Ann. Biol. anim. Biophys.*, **8**, 537-548.
- FOLCH J., LEES M., SLOANE STANLEY G. H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from tissues. *J. biol. Chem.*, **226**, 497-509.
- FRANÇOIS A.-C., FLANZY J., 1959. Données nouvelles sur l'influence de l'alimentation sur les graisses de réserve : aspect qualitatif. *Ann. Nutr. Alim.*, **13**, A 111-A 162.
- FROBISCH L. T., 1967. *Fat utilization by the young pig*. Thesis, Iowa State Univ., 192 p.
- GARTON G. A., DUNCAN W. R. H., 1954. Dietary fat and body fat : the composition of the back fats of pigs fed on a diet rich in cod-liver oil and lard. *Biochem. J.*, **57**, 120-125.
- HARKINS R. W., SARETT H. P., 1968. Nutritional evaluation of medium-chain triglycerides in the Rat. *J. Am. Oil Chemists Soc.*, **45**, 26-30.
- HILDITCH T. P., LEA C. H., PEDELTY W. H., 1939. The influence of low and high planes of nutrition on the composition and synthesis of fat in the pig. *Biochem. J.*, **33**, 493-504.
- KAUNITZ H., JOHNSON R. E., 1968. Nutritional properties of medium-chain triglycerides. *J. Am. Oil Chemists Soc.*, **54**, 19-22.
- KAUNITZ H., JOHNSON R. E., BELTON C., 1968. Relation of tissue triglycerides to dietary saturated medium and long chain triglycerides and linoleic acid level. *J. Nutr.*, **94**, 383-390.
- KAUNITZ H., SLANETZ C. A., JOHNSON R. E., BABAYAN V. K., 1961. The regulation of depot fat by linoleic acid. *J. Nutr.*, **73**, 386-390.
- KIRSCHNER S. L., HARRIS R. S., 1961. The effects of chain length on the metabolism of saturated fatty acids by the Rat. *J. Nutr.*, **73**, 397-402.
- KOCH D. E., PEARSON A. M., MAGEE W. T., HOEFFER J. A., SCHWEIGERT B. S., 1968. Effect of diet on the fatty acid composition of pork-fat. *J. anim. Sci.*, **27**, 360-365.
- LEAT W. M. F., CUTHBERTSON A., HOWARD A. N., GRESHAM G. A., 1964. Studies on pigs reared on semi-synthetic diets containing no fat, beef tallow and maize oil : composition of carcass and fatty acid composition of various depot fats. *J. agric. Sci.*, **63**, 311-317.
- LONGENECKER H., 1939 a. Deposition and utilization of fatty acids. I. Fat synthesis from high carbohydrate and high protein diets in fasted rats. *J. biol. Chem.*, **128**, 645-658.
- LONGENECKER H., 1939 b. Deposition and utilization of fatty acids of low molecular weight ; and a fatty acid analysis of coconut oil. *J. Biol. Chem.*, **130**, 167-177.
- LOSSOW W. J., CHAIKOFF I. L., 1955. Carbohydrate sparing of fatty acid oxidation. I. The relation of fatty acid chain length to the degree of sparing. II. The mechanism by which carbohydrate spares the oxidation of palmitic acid. *Arch. Biochem. Biophys.*, **57**, 23-40.
- MASON J. V., SEWELL R. F., 1967. Influence of diet on the fatty acid composition of swine tissues. *J. anim. Sci.*, **26**, 1342-1347.
- MERKEL R. A., BRAY R. W., GRUMMER R. H., PHILLIPS P. H., BÖHSTEDT G., 1958. The influence of limited feeding, using high fiber rations, upon growth and carcass characteristics of swine. II. Effects upon carcass characteristics. *J. anim. Sci.*, **17**, 13-19.

- METAIS P., BACH A., WARTER J., 1967. Comparaison, par l'étude du $^{14}\text{CO}_2$ de l'air expiré, de l'utilisation de graisses à acide gras long, moyen ou court. *C. R. Soc. Biol.*, **161**, 1372-1376.
- MILLER S. A., TANNENBAUM S. R., 1968. The metabolism *in vivo* of (2-Mc- ^{14}C) 2,4-dimethylheptanoic acid. *Biochim. biophys. Acta*, **152**, 511-518.
- OSLAGE H. J., 1963. Untersuchungen über die Körperzusammensetzung und den Stoffansatz wachsender Mastschweine und ihre Beeinflussung durch die Ernährung. 3. Mitteilung. Einfluss einer eingeschränkten Energiezufuhr im zweiten Teil der Mastperiode auf Körperzusammensetzung und Stoffansatz wachsender Mastschweine. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, **18**, 14-34.
- PASCAUD M., STROUVE C., 1968. Devenir métabolique des acides linoléique et palmitique chez le Rat en croissance. I. Oxydation et utilisation énergétique. II. Rétention et dérivations. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **50**, 569-578 ; 579-590.
- RAULIN J., LAUNAY M., 1964. Conditions permettant la rétention préférentielle d'acide linoléique dans le tissu adipeux de Rat incubé *in vitro* en présence d'épinéphrine. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **258**, 6542-6544.
- ROUS S., 1962. *La régulation qualitative des acides gras chez la souris*. Thèse, Fac. Sci. Montpellier, 82 p.
- ROUS S., FAVARGER P., 1963. Rôle de la dégradation dans le maintien de la composition en acides gras des réserves. *Helv. physiol. Acta*, **21**, 125-130.
- SCHIEG R., KLATSKIN G., 1968. Hepatic metabolism of 1- ^{14}C and 1- ^{14}C palmitic acids. *J. Am. Oil. Chemists' Soc.*, **45**, 31-33.
- SCHIEMANN R., *et al.*, 1962. Vergleichende Untersuchungen zwischen der Methodik der Gesamtstoffwechselfmessungen und der Tierkörperanalytik an wachsenden Ratten und Schweinen. *Arch. Tierernähr.*, **12**, 321-342.
- TOVE S. B., 1960. The origin of depot fat. *J. Dairy Sci.*, **43**, 1354-1360.
- VODOVAR N., FLANZY J., FRANÇOIS A. C., 1967. Répartition des acides gras ingérés entre vaisseaux sanguins et lactéales centrales dans le stroma des villosités. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **7**, 423-435
-