

INFLUENCE DE LA STRUCTURE GLYCÉRIDIQUE ET DE LA NATURE DES ACIDES GRAS ALIMENTAIRES SUR LA COMPOSITION DES DÉPÔTS CHEZ LE PORC

J. FLANZY, A. RÉRAT, A. C. FRANÇOIS

Avec la collaboration technique de M. JAME, Jacqueline MEUROT, Marie-José BOUFLERS
J. RETTAGLIATI, H. BOUSQUET

*Station centrale de Nutrition
Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs,
Centre national de Recherches zootechniques, Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise)*

SOMMAIRE

Une expérience a été réalisée en soumettant des porcs en croissance à un régime soit délipidé soit additionné de saindoux normal, soit additionné du même saindoux interestérifié.

De ce travail il résulte que :

1^o la vitesse de libération des acides gras dans la lumière intestinale, liée elle-même à la structure glycéridique, n'a pas d'influence sur la composition en acides gras des tissus adipeux ;
2^o les acides gras ingérés sont utilisés différemment, qualitativement et quantitativement, au sein des dépôts.

Parmi les facteurs qui règlent la composition en acides gras des dépôts adipeux, la nature des graisses alimentaires occupe une place importante chez le monogastrique, le Porc particulièrement (LÉVY, 1949 ; FRANÇOIS et FLANZY, 1958).

Dans ce dernier cas, les acides gras alimentaires peuvent non seulement se retrouver dans les dépôts (BLUMER et *al*, 1957), mais encore, d'après GARTON et DUNCAN (1954), se superposer aux graisses d'origine endogène, sans que la structure des glycérides dans lesquels ils sont engagés subisse de modification.

On pouvait donc penser que la nature des dépôts adipeux, chez le Porc, varie peu, lorsque on lui fait ingérer de la graisse provenant de la même espèce. Tel n'est pas le cas : FÉVRIER (1956), en alimentant des porcs avec un régime contenant du saindoux (indice d'iode 50), a constaté que l'indice des graisses de dépôt augmentait de 15 points.

Nous avons essayé d'expliquer ce phénomène paradoxal :

- d'une part par la structure glycéridique du saindoux ;
- d'autre part, par la spécificité de la lipase qui hydrolyse de préférence les chaînes externes des glycérides.

En effet, l'augmentation de l'indice d'iode des graisses de dépôt correspond à une augmentation du taux des acides insaturés dans celles-ci. Or, dans le cas du saindoux, ces acides sont situés de préférence en position externe dans les triglycérides mixtes (c'est-à-dire fixés sur les atomes de carbone 1 et 3 de la molécule de glycérol) (SAVARY, FLANZY, DESNUELLE, 1957) ; cette liaison ester primaire est la première hydrolysée au cours de la digestion par la lipase pancréatique (MATTSON et BECK, 1956 ; SAVARY et DESNUELLE, 1956).

On pouvait donc faire l'hypothèse que les acides gras libérés (en l'occurrence les acides gras insaturés) se stockaient de préférence à ceux qui restaient attachés à la molécule de glycérol.

Si cette hypothèse était exacte, il suffisait de diminuer la proportion des acides insaturés en position externe pour que l'insaturation moyenne des acides libérés diminue par rapport à celle du saindoux normal, provoquant ainsi une diminution de l'indice d'iode des dépôts adipeux.

Nous avons réalisé cette expérience en répartissant les chaînes d'acides gras au hasard sur la molécule de triglycéride, par interestérisation non dirigée du saindoux. Cette graisse était incorporée dans un régime alimentaire de porcs. Parallèlement, nous avons étudié un lot témoin recevant du saindoux normal ; et nous avons comparé les deux lots à un troisième dont la ration ne contenait pas de graisse.

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

1. Fabrication du saindoux interestérisé

Du saindoux commercial a été raffiné (neutralisé, lavé, décoloré). Sa composition en acides gras était la suivante en p. 100 :

acide palmitique	32,9
acide stéarique	21,2
acide oléique	41
acide linoléique	4,9

L'interestérisation a eu lieu en chauffant ce saindoux à 180°C sous vide pendant 4 heures en présence de 1 p. 100 de méthylate de sodium. Ce saindoux interestérisé a subi une deuxième raffinage, puis une désodorisation.

Un lot témoin a été traité de la même manière, y compris un chauffage à 180°C pendant 4 heures, sans méthylate naturellement.

Les deux lots de saindoux ont été protégés, pendant leur stockage, par 0,1 p. 100 de BHT environ.

Le remaniement des chaînes d'acides gras au sein des molécules de triglycérides a été vérifié en faisant agir la lipase pancréatique sur les deux lots jusqu'à un taux de lipolyse de 20 p. 100. On a obtenu les résultats suivants :

Indice d'iode des acides gras

	Acides gras des triglycérides de la graisse	Acides gras libérés après hydrolyse de la graisse
Saindoux normal	46,0	67,6
Saindoux interestérisé	45,3	48,6

2. Plan d'alimentation

Nous avons constitué 3 lots de 3 animaux. Chacun des lots comprenait des frères issus d'une même portée.

La composition des rations était la suivante :

	Lot I	Lot II	Lot III
Lait écrémé SPRAY	35	35	30
Amidon	39	39	58,8
Saindoux	—	13	—
Saindoux interestérifié	13	—	—
Cellulose	5	5	4,30
Mélange minéral	6	6	5,20
Mélange vitaminique.....	2	2	1,7

Le rationnement de chacun des lots était calculé de telle façon que les quantités d'énergie et d'azote consommés soient les mêmes :

	Lots I et II kg	Lot III kg
1 ^{re} quinzaine	1,63	1,90
2 ^e —	1,80	2,10
3 ^e —	1,93	2,25
4 ^e —	2,10	2,45
5 ^e —	2,10	2,45
6 ^e —	2,30	2,70
7 ^e —	2,50	2,90

Dans ces conditions les animaux, pesant 40 kg en début d'expérience, ont été abattus à 110 kg environ ; à partir de 60 kg, on a soumis un animal du lot I et un animal du lot II, jumeaux, au régime du lot III. Ces deux animaux constituent le lot I, II, III.

3. Prélèvements

Sur les carcasses des animaux abattus, nous avons procédé à des prélèvements de tissus adipeux, de manière à avoir une représentation de la composition des dépôts adipeux du porc en fonction de leur localisation (fig. 1).

4. Analyse des acides gras

L'analyse des acides gras de chaque échantillon a été effectuée par chromatographie en phase gazeuse après extraction du tissu adipeux par le chloroforme et méthylation des acides gras libérés de l'extrait après saponification.

La chromatographie a été effectuée à l'aide d'un appareil Beckman GC2 à 190°C, sur une colonne de 2 m de long et de 4 mm de diamètre, remplie de Chromosorb W imprégné de 20 p. 100 de succinate de diéthylèneglycol.

Nous avons négligé les constituants mineurs des acides gras et nous avons exprimé les compositions centésimales en acides palmitique, stéarique, oléique, linoléique. Les quantités d'acide myristique et palmitoléique sont en effet trop faibles pour influencer les résultats.

À partir des taux de ces quatre acides, nous avons calculé un « indice d'iode » théorique qui est celui indiqué sur les graphiques.

RÉSULTATS

1. Les dépôts adipeux les plus importants pondéralement sont, par ordre décroissant : le lard dorsal de la 10^e vertèbre au cou, le lard dorsal de la queue à la 10^e vertèbre, la panne (graisse périnéale), la poitrine, les transversales, les dépôts adipeux de la tête.

L'épaisseur du lard est maximum sur le dos, au niveau de la 10^e vertèbre, où l'on distingue parfaitement les couches interne et externe ; celles-ci sont respectivement de l'ordre de 25 mm et 17 mm.

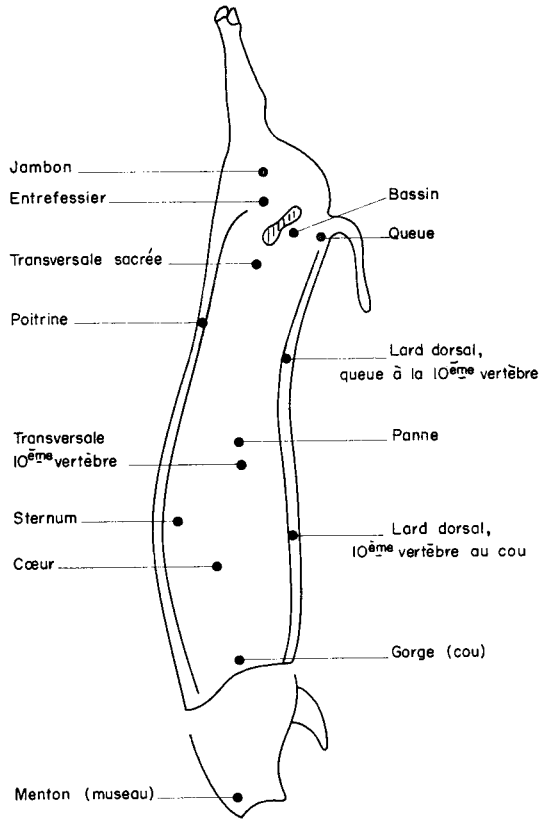


FIG. 1. — Lieu de prélèvement des échantillons sur la carcasse de Porc

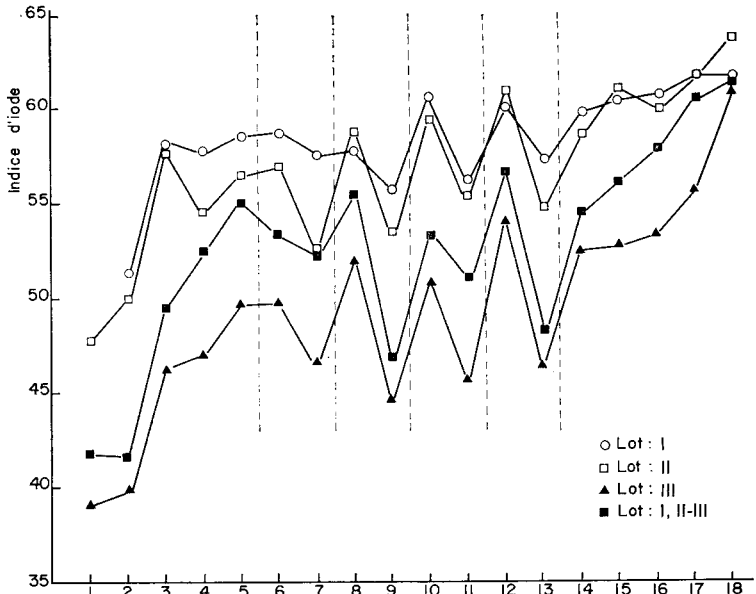


FIG. 2. — Variation de l'indice d'iode en fonction du régime et de la localisation

L'épaisseur de la couche interne s'amenuise du dos au ventre de l'animal, ce qui rend difficile la caractérisation de certains échantillons et explique certaines valeurs aberrantes dans les résultats (transversale sacrée interne, par exemple).

2. La figure 2 représente les variations de l'indice d'iode en fonction du régime et de la localisation et permet les constatations suivantes :

— L'indice d'iode des dépôts est comparable dans les lots I et II, chaque fois que les échantillons ont été parfaitement localisés (v. ci-dessus).

— Les dépôts des animaux du lot III (régime sans graisse) présentent le plus faible indice d'iode, ceux des lots I et II le plus élevé, ceux des animaux ayant reçu

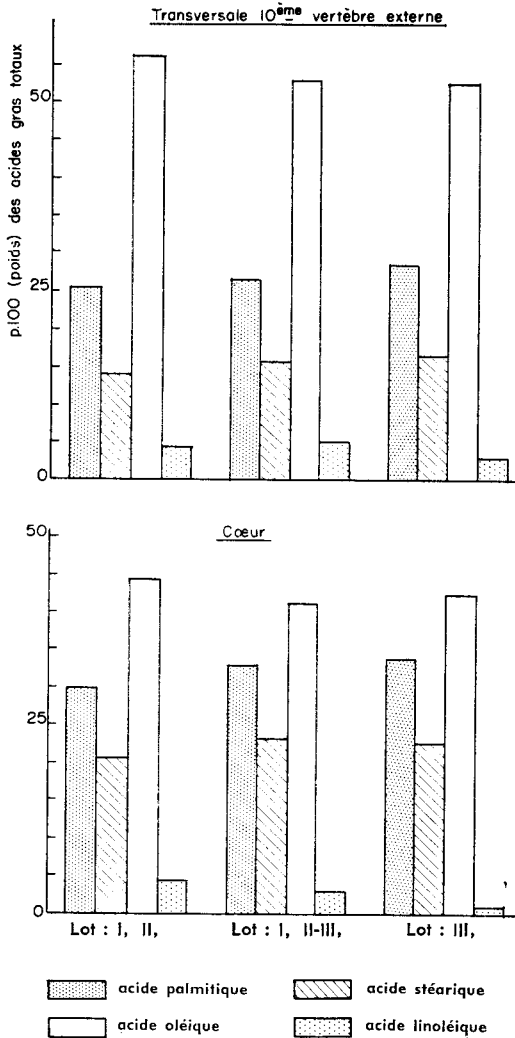


FIG. 3. — Composition en acides gras des graisses du lard externe de la bande transversale au niveau de la 10^{ème} vertèbre et du cœur

des graisses au début de leur croissance, puis un régime délipidé, présentent un indice intermédiaire à ceux des autres lots.

— La composition des graisses du menton dans les 4 lots est à peu près identique et pourrait représenter une certaine constante de l'espèce avec la répartition suivante en acides gras : acide palmitique, 24 p. 100 ; acide stéarique, 11 p. 100 ; acide oléique, 62 p. 100 ; acide linoléique, 3 p. 100.

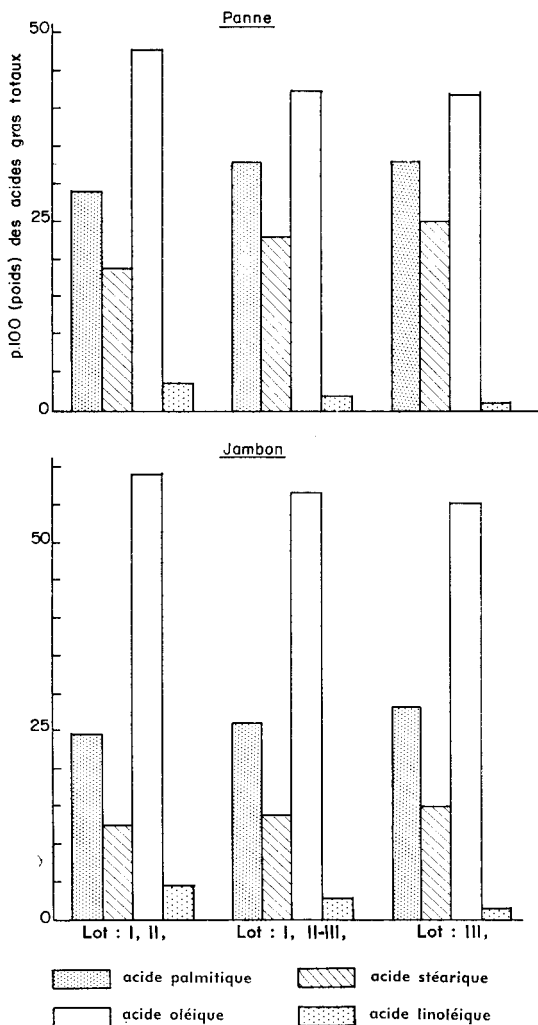


FIG. 4. — Composition en acides gras des graisses de la panne et du jambon

3. Les figures suivantes : (fig. 3, 4 et 5) représentent les compositions en acides gras (p. ; s. ; ol. ; lin.) de différents échantillons (nous avons pris la moyenne des lots I et II).

La figure 3 représente la composition des graisses enveloppant le cœur et celle des graisses de la bande transversale externe au niveau de la 10^e vertèbre.

Tout d'abord, nous constatons à nouveau que les différences de composition portent en premier lieu sur tous les acides gras et que ces différences sont plus importantes en fonction du site anatomique qu'en fonction de l'alimentation.

On voit ainsi que les taux d'acide oléique et d'acide stéarique des graisses du

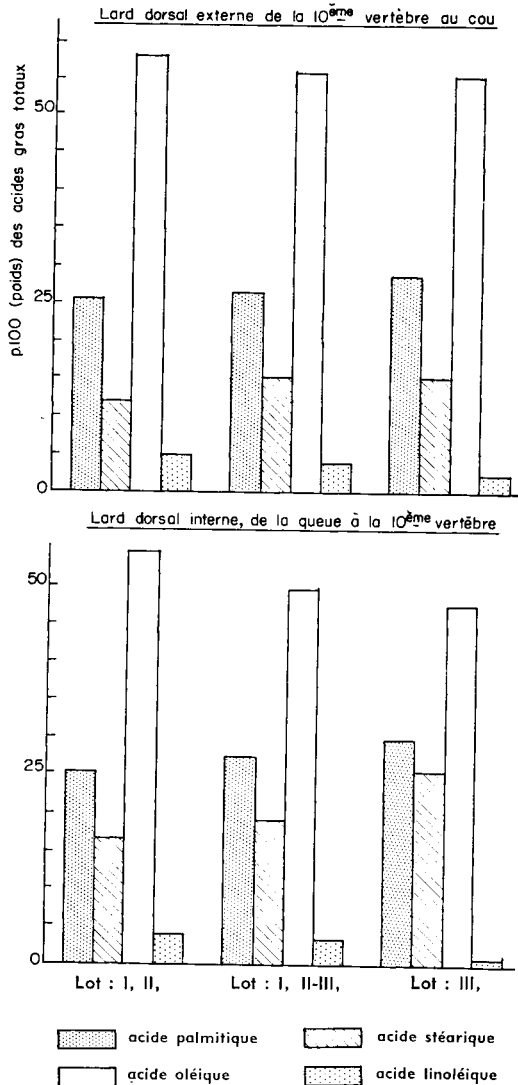


FIG. 5. — Composition en acides gras des graisses du lard dorsal externe de la 10^e vertèbre au cou et du lard dorsal interne de la queue à la 10^e vertèbre

lot I, II, III se rapprochent davantage de ceux du lot III que de celles du lot I, alors que la concentration en acide linoléique du lot I, II, III se rapproche davantage de celle du lot I.

Sur la figure 4 (jambon et panne), on retrouve les mêmes résultats. D'une manière

plus générale, et à l'exception de l'acide linoléique, on peut dire que la composition en acides gras des lots I, II, III se rapproche de celle du lot III : il y a presque identité, même, dans le cas des dépôts plus saturés tels que le cœur et la panne.

Sur la figure 5, qui ne représente que la composition des graisses de couverture, les remarques faites précédemment sont valables pour l'acide linoléique dans les deux cas, pour l'acide stéarique dans le cas du lard externe. Pour cet échantillon, la teneur en acide palmitique du lot I, II, III est identique à celle du lot I, II.

DISCUSSION

A. Influence de la structure glycéridique

Les graisses de dépôt des lots I et II sont identiques par leurs acides gras. On ne peut donc pas conclure à un lien entre la structure glycéridique des lipides ingérés et, par suite, la vitesse de libération des acides gras et la formation des dépôts, ceci, évidemment, dans l'hypothèse généralement admise (CLÉMENT, 1964) que l'hydrolyse des triglycérides dans la lumière intestinale est partielle et que la lipase ne présente qu'une spécificité de position et non de saturation de chaîne.

Dans le cas du Poulet, RENNER et HILL (1961) avaient montré que la digestibilité de l'acide palmitique variait suivant la structure glycéridique : 93 p. 100 dans le cas du saindoux normal, 80 p. 100 dans le cas du saindoux interestérifié. Mais ces auteurs n'avaient pas étudié parallèlement la composition des dépôts.

B. Stockage des acides gras

Un régime délipidé (lot III) augmente la teneur en acides saturés des dépôts. C'est un phénomène assez connu : nous n'insisterons pas sur ce point.

Les acides gras insaturés, stockés de préférence ou moins bien utilisés chez les animaux soumis à un régime gras, ne disparaissent que très lentement, après la suppression des graisses (lot I, II-III). Ces faits sont à rapprocher de ceux observés par différents auteurs : ANDERSON et MENDEL, (1928) ; LONGENECKER, (1939) : et nous citerons à ce propos l'interprétation de Marianne LÉVY (1949) : « Lorsqu'on donne immédiatement après l'alimentation grasse, modificatrice des dépôts, une alimentation glucido-protéique suffisante, les besoins énergétiques étant totalement couverts par celle-ci, l'animal n'a nullement besoin de faire appel à ses réserves grasses, lesquelles ne subissent donc aucune modification. Au contraire, dans le jeûne, l'organisme épuise rapidement ses réserves grasses et les remplace ensuite par des corps synthétiquement formés aux dépens des glucides. »

C. Métabolisation des acides gras

1. L'examen des graisses du lot I, II, III montre que l'acide linoléique déposé dans la première période est peu métabolisé au cours des deux mois de régime lipido-prive. En revanche, l'acide oléique stocké pendant la première période disparaît partiellement dans les graisses externes et totalement dans les graisses d'organe pour arriver au taux obtenu par synthèse endogène (régime lipido-prive).

L'acide oléique est donc mieux utilisé que l'acide linoléique à des fins métaboliques. Ces résultats confirment ceux de MEAD, SLATON et DECKER (1956).

Parallèlement, puisque l'aliment contient approximativement autant d'acides gras saturés que d'acides gras insaturés, l'augmentation du taux d'acide oléique dans les dépôts des animaux soumis aux régimes avec graisses peut être provoquée par deux phénomènes :

- soit par une synthèse d'acide oléique ;
- soit par une utilisation préférentielle (immédiate ou différée) à des fins métaboliques des acides gras saturés.

La 1^{re} hypothèse paraît invraisemblable : il n'y a apparemment pas de raison pour que l'organisme synthétise plus d'acide oléique dans un cas que dans l'autre.

En effet, les mécanismes invoqués par ROUS et FAVARGER, (1963 *a*, 1963 *b*) pour la synthèse de l'acide palmitique ne paraissent pas applicables à l'acide oléique, car les dernières étapes de leur synthèse ne font pas appel aux mêmes systèmes enzymatiques.

2. Après changement de régime, la diminution du taux des acides gras d'origine alimentaire dans le lot intermédiaire I, II, III est plus importante dans le cas des graisses les plus saturées (cœur et panne). La composition de ces graisses d'organe a tendance à se rapprocher rapidement de la composition des graisses d'origine endogène (lot III).

Ce phénomène serait peut-être dû, soit à une utilisation préférentielle de l'acide oléique au niveau de certains organes, soit à une synthèse accrue des acides saturés.

Il semblerait ici que les variations de composition en acides gras suivant la localisation expriment une différence d'activité métabolique liée spécifiquement aux tissus et organes.

3. Si l'on rapporte la composition des dépôts à l'acide oléique, les quantités d'acide stéarique dans le lot intermédiaire (I, II-III) sont identiques à celles produites par la synthèse (lot III), alors que les quantités d'acide palmitique sont plus faibles.

Pour expliquer ce fait, on peut formuler les hypothèses suivantes :

- soit l'utilisation à des fins énergétiques de l'acide palmitique de préférence à l'acide stéarique ;
- soit la synthèse plus importante de l'acide stéarique
 - ou par élongation de l'acide palmitique,
 - ou par saturation de l'acide oléique,
 - ou par biosynthèse directe (condensation).

L'acide palmitique est mieux utilisé, puisque, malgré la synthèse, il reste pendant un certain temps inférieur au taux obtenu chez les animaux fabriquant des graisses de dépôt uniquement par biosynthèse. Le dernier travail de COOTS (1964) semble confirmer ce fait.

Puisque le taux d'acide stéarique atteint la limite plus vite que l'acide palmitique, en supposant que la synthèse des acides en C₁₆ et C₁₈ suive la même voie et que l'on doive passer par les C₁₆ avant d'arriver aux C₁₈, il faudrait éliminer la dernière hypothèse, c'est-à-dire la biosynthèse directe de l'acide stéarique. On peut donc supposer que l'acide stéarique provient, pour la plus grande part, d'une synthèse à partir des acides palmitique ou oléique, alors que l'acide palmitique provient presque

uniquement de la condensation des éléments en C_2 (acétyl CoA) (FAVARGER, 1959 ; VAUGHAN, 1961 ; WAKIL, 1963 ; DUPUIS et FAVARGER, 1963).

Nos hypothèses ne sont pas incompatibles avec les théories actuelles sur les deux modes de synthèse des acides gras, soit par la voie mitochondriale, soit par des éléments solubles de la cellule (WAKIL, 1963) ; elles suggèrent seulement celles qui prédominent quantitativement *in vivo* pour la formation du tissu adipeux.

CONCLUSION

Des expériences que nous avons réalisées, trois conclusions se dégagent :

1° La vitesse de libération des acides gras dans la lumière intestinale n'influence pas la nature des dépôts gras. Seule la composition globale en acides gras du régime, indépendamment de la structure glycéridique, a une action sur l'élaboration des dépôts.

2° Les différents tissus et organes n'utilisent pas quantitativement de la même façon les lipides, pour subvenir à leurs besoins énergétiques.

3° Les différents acides gras ne sont pas utilisés de la même façon par un même organe.

Reçu pour publication en décembre 1964.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la Société G. Lesieur qui a bien voulu procéder à l'interestérification du saindoux.

SUMMARY

INFLUENCE OF THE STRUCTURE OF THE GLYCERIDES AND THE NATURE OF THE FATTY ACIDS IN THE FEED ON THE COMPOSITION OF THE DEPOT FAT OF PIGS

It is generally accepted that the inclusion of the usual dietary fats in balanced rations causes an increase in the iodine number of the fatty acids of the depot fat of the animal. The effect is greater the more unsaturated is the dietary fat.

FÉVRIER has shown in particular that this phenomenon occurs when the ingested fat is of the same species of animal. He used pigs as his experimental animals. We set out to see whether the effects observed were due to the particular structure of lard: in fact the unsaturated fatty acids occur for preference in the external position in the mixed triglyceride molecules of lard, and those acids would be liberated first by pancreatic lipase and would thus be laid down preferentially in the depot fat.

For our experiment we had 3 groups of pigs given a diet containing normal lard, a diet containing interesterified lard or a diet with no fat. At slaughter the fatty acid composition of different depot fats was estimated by gas chromatography.

From the results obtained the following may be stated :

1. In the conditions of our experiment there was no difference between groups in performance of the pigs and growth was the same for all.

2. The depot fat was affected only by the fatty acid composition of the fat in the diet, and not by the structure of the corresponding glycerides. Generally speaking the speed with which the fatty acids were liberated did not influence the depot fat, at least in any way which could be seen for a long period.

Various hypotheses are proposed concerning the utilisation of the fatty acids of the diet as sources of energy.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDERSON W. E., MENDEL L. B., 1928. The relation of diet to the quality of fat produced in the animal body. *J. biol. Chem.*, **76**, 729-747.
- BLUMER T. N., BARRICK E. R., BROWN W. L., SMITH F. H., SMART W. W. G., 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.
- CLÉMENT G., 1964. La digestion et l'absorption des graisses. *J. Physiol. Fr.*, **56**, 111-192.
- 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.
- DUPUIS G., FAVARGER P., 1963. Recherches sur la synthèse des acides gras. XII. La synthèse de l'acide oléique chez la Souris. *Helv. physiol. Acta*, **21**, 300-311.
- FAVARGER P., 1959. Le mode d'élongation des acides gras supérieurs. *Exposés annuels de Biochimie médicale*, Masson et C^{ie}, 97-115.
- FÉVRIER R., 1956. Influence de la composition de la ration sur les qualités du porc. *VII^e Congrès International de Zootechnie, Madrid*, 155-177.
- 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**, 111-162.
- 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.
- LÉVY M., 1949. Influence de l'alimentation sur la composition des graisses de réserve. *Journées Scientifiques du C. N. C. E. R. N. A., Les Corps gras alimentaires*, 5, 6, 7 avril 1949, Ed. du C. N. R. S., 249-275.
- LONGENECKER H. E., 1939. Deposition and utilization of fatty acids. II. The non-preferential utilization and slow replacement of depot fat consisting mainly of oleic and linoleic acids ; and a fatty acid analysis of corn oil. *J. biol. Chem.*, **129**, 13-22.
- MATTSON F. H., BECK L. W., 1956. The specificity of pancreatic lipase for the primary hydroxyl groups of glycerides. *J. biol. Chem.*, **219**, 735-740.
- MEAD J. F., SLATON W. H., JR, DECKER A. B., 1956. Metabolism of the essential fatty acids. II. The metabolism of stearate, oleate, and linoleate by fat deficient and normal mice. *J. biol. Chem.*, **218**, 401-407.
- RENNER R., HILL F. W., 1961. Factors affecting the absorbability of saturated fatty acids in the chick. *J. Nutr.*, **74**, 254-258.
- ROUS S., FAVARGER P., 1963 a. Le rôle des combustions spécifiques dans la régulation de la composition en acides gras des graisses de réserve. *Chimia*, **17**, 206-207.
- ROUS S., FAVARGER P., 1963 b. Recherches sur la synthèse des acides gras. XIV. Influence de la composition des réserves sur la synthèse de différents acides gras chez la Souris. *Helv. physiol. Acta*, **21**, 365-373.
- SAVARY P., DESNUELLE P., 1956. Sur quelques éléments de spécificité pendant l'hydrolyse enzymatique des triglycérides. *Biochim. biophys. Acta*, **21**, 349-360.
- SAVARY P., FLANZY J., DESNUELLE P., 1957. Emploi de la lipase pancréatique pour l'étude de la structure des corps gras naturels. *Biochim. biophys. Acta*, **24**, 414-423.
- VAUGHAN M., 1961. The metabolism of adipose tissue *in vitro*. *J. Lipid Res.*, **2**, 293-316.
- WAKIL S. J., 1963. Enzymic synthesis of fatty acids. *Vth International Congress of Biochemistry, Moscow, 10-16 August 1961*, vol. VII, 3-43.