

# Relation entre le taux de solide de la matière grasse et la composition lipidique du tissu adipeux chez le porc

## La Résonance Magnétique Nucléaire, une méthode rapide d'évaluation de la qualité des tissus adipeux.

A. DAVENEL (1), A. RIAUBLANC (2), P. POMMERET (3), P. MARCHAL (1), G. GANDEMER(2)

(1) C.E.M.A.G.R.E.F. - 17, avenue de Cucillé, 35044 Rennes Cedex

(2) I.N.R.A., Laboratoire des Interactions des Molécules Alimentaires - B.P. 71627, 44316 Nantes Cedex 3

(3) UNIPORC Ouest - Rue du Chalutier "Sans Pitié" - B.P. 540, 22195 Plérin

### Relation entre le taux de solide de la matière grasse et la composition lipidique du tissu adipeux chez le porc. La Résonance Magnétique Nucléaire, une méthode rapide d'évaluation de la qualité des tissus adipeux.

Les transformateurs ont besoin d'une méthode de tri efficace des tissus adipeux en fonction de leur consistance. Les lipides représentent plus de 80% du poids des tissus adipeux c'est pourquoi leur état physique (liquide ou solide) joue un rôle important dans leur consistance. Le taux de solide des lipides est souvent mesuré par Résonance Magnétique Nucléaire du proton. Rapide, cette mesure peut constituer un méthode de tri efficace des tissus adipeux.

L'objectif de cette étude est d'étudier la variabilité du taux de solide des tissus adipeux en relation avec leur composition lipidique (acides gras et triglycérides). Du tissu adipeux sous-cutané dorsal a été prélevé sur 166 porcs représentatifs de la production industrielle française. Après fonte des tissus adipeux pour en extraire les lipides, nous avons procédé à la détermination de leur taux de solide, de leur composition en acides gras et en triglycérides. Les principaux résultats indiquent que :

- Le taux de solide des lipides des tissus adipeux à 20 °C (TS20) est en moyenne de 20% avec un écart très important entre les valeurs extrêmes (9% à 35%).
- La variabilité du TS20 est étroitement liée à celles des proportions des triglycérides disaturés et en particulier à celle du triglycéride Palmitoyl-stéaroyl-oléoyl-glycérol. L'équation qui lie ces deux paramètres est :  $TS20 = 0,73 PSO + 2,23$  avec  $r^2=0,92$ .
- La variabilité du TS20 est étroitement liée à celles des proportions des acides gras saturés, palmitique et stéarique. L'équation qui lie ces 3 paramètres est :  $TS20 = 1,14 P + 1,68 S - 30,04$  avec  $r^2=0,94$ . La part de variance expliquée par la proportion d'acides gras polyinsaturés est beaucoup plus faible ( $r^2=0,48$ ).
- L'indice d'iode est bien corrélé avec le TS20 ( $r^2=0,80$ ). Un indice d'iode de 65, correspondant à un tissu adipeux ferme est équivalent à un TS20 de 18% alors qu'un indice d'iode de 70 correspondant à un tissu adipeux mou est équivalent à un TS20 de 15%.
- Le taux de muscle des carcasses est un très mauvais indice pour prédire le TS20 des tissus adipeux ( $r^2=0,06$ ).

La mesure du taux de solide des lipides du tissu adipeux pourrait constituer une méthode fiable et rapide de tri des tissus adipeux.

### Relationship between solid fat content and lipid composition of adipose tissue in the pig : Nuclear Magnetic Resonance, a fast method to evaluate adipose tissue quality.

The dry-cured meat processors need an efficient method for selecting adipose tissues according to their consistency. Lipids account for at least 80% of the wet weight of these tissues. It is why their physical state (solid or liquid) is a major factor governing their consistency. Solid fat content is often determined by proton Nuclear Magnetic Resonance. Because this measurement is fast, it can be a useful method for the evaluation of adipose tissue consistency.

This study deals with the study of the variability of solid fat content of adipose tissues at 20 °C as related to their fatty acid and triglyceride compositions. Subcutaneous adipose tissue was collected from 166 pigs representative of the French industrial production. After the adipose tissues were melted for extracting lipids, we determined the solid fat content and the fatty acid and triglyceride composition of these lipids. The results show :

- Solid fat content of lipids of adipose tissues at 20°C (SFC20) was 20% on average with a large difference between extreme values (from 9% to 35%).
- The SFC20 variability was closely related to these of the proportions of triacylglycerols containing 2 saturated fatty acids, and more specially to that of one triacylglycerol : Palmitoyl-stearoyl-oleoyl-glycerol (PSO). The equation linking these parameters was :  $SFC20 = 0.73 [PSO] + 2.23$  with  $r^2=0.92$ .
- The SFC20 variability was closely related to these of the proportions of saturated fatty acids, palmitic and stearic acids. The equation linking these parameters was :  $SFC20 = 1.14 [P] + 1.68 [S] - 30.04$  with  $r^2=0.94$ . In contrast, the part of the variance of SFC20 explained by the proportion of polyunsaturated fatty acids was far weaker ( $r^2=0.48$ ).
- Iodine value showed a high correlation with SFC20. An iodine value of 65, corresponding to a firm adipose tissue is equivalent to a SFC20 of 18% whereas an iodine value of 70, corresponding to a soft adipose tissue is equivalent to a SFC20 of 15%.
- The percentage of muscle in the carcass is a poor parameter for predicting the SFC20 in adipose tissues ( $r^2=0,06$ ).

The measurement of SFC20 in adipose tissues should be an efficient and fast method for selecting adipose tissues.

## INTRODUCTION

Le manque de consistance des tissus adipeux de porcs pose des problèmes technologiques aux fabricants de produits secs. En effet, ces tissus adipeux, souvent désignés par les termes de « gras mous » sont la cause de défauts graves de la qualité des produits secs comme un mauvais séchage, une oxydation rapide et un manque de cohésion entre le maigre et le gras lors du tranchage.

La sélection des porcs de plus en plus maigres associée à une alimentation basée sur l'usage des céréales comme le maïs a conduit à une augmentation sensible de la proportion de tissus adipeux mous sur le marché français (RAMPON et al., 1994). Pour éviter d'utiliser ces tissus adipeux, les fabricants de produits de charcuterie sèche ont recours au tri reposant sur des méthodes indirectes comme le taux de muscle des carcasses sachant que le risque d'avoir des tissus adipeux mous augmente de manière très importante lorsque le taux de muscle dépasse 57% (RAMPON et al., 1994). Toutefois le recours à ce seul critère s'avère insuffisant pour assurer un contrôle efficace de la qualité des tissus adipeux. Les récents essais de développement d'une méthode directe de mesure de la consistance des tissus adipeux par pénétrométrie se sont heurtés à des difficultés de mesures considérables pour les tissus adipeux de faible épaisseur (<15 mm) qui constituent la majorité des tissus adipeux produits actuellement (BOULARD et al., 1995). À ce jour, les transformateurs ne disposent pas de méthodes satisfaisantes pour le tri des tissus adipeux.

Parmi les facteurs qui conditionnent la consistance des tissus adipeux, l'état physique des lipides est l'un des plus importants car bon nombre de défauts liés aux tissus adipeux mous s'expliquent par la trop grande fluidité des lipides. C'est pourquoi la possibilité de développer une méthode de tri des tissus adipeux basée sur l'évaluation de l'état physique des lipides peut être intéressante à explorer. Peu de travaux se rapportent à l'étude des caractéristiques physiques des lipides des tissus adipeux du porc (LE MESTRE et al., 1984 ; LEA et al., 1970 ; WOOD et al., 1978). La méthode la plus simple d'appréciation de l'état physique d'une matière grasse consiste à évaluer son taux de solide. Traditionnellement, cette mesure est effectuée par Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) du proton (Norme NF ISO 8292). Très rapide, la mesure du taux de solide pourrait constituer une méthode de tri des tissus adipeux en ligne. Cependant, à ce jour, aucune étude ne permet de situer l'in-

térêt réel de ce type de mesure dans l'évaluation de la qualité des tissus adipeux.

C'est dans ce contexte que nous avons entrepris de déterminer la variabilité du taux de solide, étape préalable indispensable au développement d'une méthode de tri des tissus adipeux reposant sur cette mesure. Pour y parvenir, nous avons mesuré le taux de solide de tissus adipeux sous-cutané dorsal par RMN sur un échantillon de 166 porcs représentatif de la production industrielle française. Ces mesures ont été complétées par la détermination des composition en acides gras et en triglycérides de ces tissus adipeux, deux paramètres qui déterminent dans une très large mesure le taux de solide d'une matière grasse. Nous avons recherché les relations mathématiques qui lient le taux de solide aux caractéristiques de composition des tissus adipeux et à quelques critères usuels d'appréciation de la qualité des tissus adipeux.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES.

### 1.1. Animaux.

Les prélèvements ont été effectués par un technicien d'UNIPORC sur 370 carcasses de porcs, issus de verrats Large White x Piétrain, Penarlan, Piétrain et France Hybride dans 4 abattoirs différents. Le prélèvement est effectué au niveau de la coupe longe/jambon le long de la fente de la carcasse sur toute l'épaisseur du tissu adipeux. 166 porcs, dont 74 femelles et 92 mâles castrés, ont été sélectionnés pour couvrir une large gamme de taux de muscle (tableau 1). Un plus grand nombre d'échantillons a été analysé pour les carcasses de 54 à 60% de taux de muscle qui sont les plus représentées dans la population des porcs industriels.

### 1.2. Préparation des échantillons.

Un échantillon d'environ 5g de tissus adipeux est prélevé sur toute l'épaisseur du tissu adipeux. Après élimination de la couenne et de la viande, l'échantillon est broyé avec un broyeur ménager. Une partie du broyat est mise à l'étuve à 103°C pendant 3 heures pour déterminer la teneur en eau et pour fondre les lipides. Environ 0,5 g des lipides fondus était mise en tube RMN et congelé, le reste est dissous dans du chloroforme pour les mesures chimiques (100 mg/ml). Quelques mesures du taux de solide ont également été pratiquées sur des broyat de tissus adipeux en plaçant directement 500 mg de broyat dans un tube RMN.

**Tableau 1** - Nombre des échantillons par classes de taux de muscles et par sexe.

	Taux de muscle de la carcasse (%)									Total
	≤48	<48 ≤50	<50 ≤52	<52 ≤54	<54 ≤56	<56 ≤58	<58 ≤60	<60 ≤62	> 62	
<b>M C</b>	4	10	13	12	20	15	13	4	1	92
<b>F</b>	2	0	2	7	15	20	18	7	3	74
<b>M C + F</b>	6	10	15	19	35	35	31	11	4	166

M C = Mâle castré, F = Femelle

### 1.3. Mesure du taux de solide par RMN.

Le taux de solide de la fraction lipidique des tissus adipeux a été déterminé par RMN selon la méthode normalisée par I.U.P.A.C. (1992). Le principe de cette méthode repose sur le fait qu'un échantillon de lipides introduit entre les pôles d'un aimant permanent acquiert une aimantation parallèle au champ magnétique et d'intensité proportionnelle à la quantité de noyaux d'hydrogène qu'il contient. Après une impulsion de basculement transversale de l'aimantation de l'échantillon, la méthode permet de différencier le signal de relaxation très rapide des noyaux d'hydrogène contenus dans la matière grasse solide, du signal de relaxation beaucoup plus lent des noyaux d'hydrogène des phases amorphe ou liquide.

Sur chaque échantillon, les mesures du taux de solide ont été effectuées à 5 °C (température de réfrigération des carcasses) et à 20 °C (température de consommation). Bien qu'une dizaine de minutes suffit pour stabiliser le taux de solide à la sortie du congélateur, les échantillons étaient laissés pendant une heure à 5° et à 20°C avant chaque mesure. Leurs taux de solide à 5°C (TS5) et à 20°C (TS20) ont été mesurés avec un spectromètre Bruker Minispec à la fréquence de résonance de 20 MHz. La durée de la mesure est d'environ 6 secondes. Après l'impulsion de 90° de l'aimantation, le signal était échantillonné à 11 µs pour mesurer le signal dû aux protons de la phase liquide (L) et une partie de celui dû à la phase solide (S'). Une nouvelle mesure est effectuée après 70 µs pour évaluer le signal dû aux protons de la phase liquide seule (L). Le signal ne peut être mesuré immédiatement après l'arrêt de l'impulsion de 90 °C de l'aimantation mais seulement au bout de 11 µs, une partie du signal dû aux protons de la phase solide est perdue. Pour corriger ce biais, le signal du solide S' est multiplié par un facteur f déterminé préalablement par la méthode indirecte de calibration de l'appareil (VAN PUTTE, 1974). Sa valeur est égale à 1,37. Les taux de solide sont calculés à l'aide de la formule suivante :  $TS = f S' / (L + f \cdot S')$ .

### 1.4. Mesures chimiques

La solution initiale de lipides à 100 mg/ml est diluée dans un mélange chloroforme/méthanol (1/1, v/v) pour obtenir une concentration de 5 mg/ml. Après injection de 20 µl, les triglycérides ont été séparés par CLHP en phase inverse et quantifiés à l'aide d'un détecteur à diffusion de lumière. Les différentes espèces ont été séparées par un gradient de chloroforme dans l'acétonitrile (30/70 à 50/50 en 70 minutes) en utilisant deux colonnes de 250 x 4 mm (Lichrospher 100 RP18e, Merck) montées en séries. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la surface des pics.

Les acides gras ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse sur une colonne capillaire 30 m x 0,32 mm (DB 225, JW), après transméthylation des triglycérides par le mélange BF3 / méthanol selon la méthode de MORRISON et SMITH (1964). Les résultats sont exprimés en pourcentage de la surface des pics. L'indice d'iode a été calculé à partir de la composition en acides gras des échantillons.

### 1.5. Méthodes statistiques

Les relations liant le taux de solide à la composition chimique des lipides ont été estimées par régression multiple progressive ascendante en utilisant le logiciel Statgraphics. Le carré du coefficient de corrélation multiple (coefficient de détermination) permet d'estimer la part de la variance expliquée par le modèle.

## 2. RÉSULTATS

### 2.1. Variabilité du taux de solide.

Le taux de solide des lipides des tissus adipeux est fonction de la température de mesure. Le taux de solide moyen à 5°C (TS5) est de 31,4% alors que celui à 20 °C (TS20) n'est que de 20,1%. TS5 et TS20 sont liés par une relation linéaire simple qui permet de déduire aisément TS20 de TS5 grâce à l'équation suivante :  $TS20 = 0,674 \times TS5$  (avec  $r^2 = 0,91$ ). Dans la suite de cet article, il ne sera plus fait référence qu'aux taux de solide mesurés à 20°C.

Le taux de solide TS20 moyen de la collection était de 20,1% (18% pour les femelles et 21 % pour les mâles) et la distribution est gaussienne avec un écart-type large de 4,4%. La variabilité du taux de solide est très importante puisque l'écart entre les extrêmes est de 22 points (tableau 2).

**Tableau 2** - Taux de solide et composition en acides gras et en triglycérides du tissu adipeux sous-cutané.

	Moyenne	Écart-type	Valeurs extrêmes
<b>Taux de Solide (%)</b>			
- à 20°C	20,1	4,4	7,3 - 29,1
- à 5°C	31,5	5,7	17,8 - 46,4
<b>Principaux acides gras (%)</b>			
Palmitique (P)	22,9	1,7	17,4 - 26,9
Stéarique (S)	14,2	1,7	10,4 - 18,1
Oléique (O)	44,2	2,2	36,7 - 50,1
Linoléique (L)	12,2	2,7	6,8 - 19,7
<b>Indice d'iode</b> (mg d'iode/100 g de lipides)	65,4	5,1	54,7 - 82,1
<b>Principaux triglycérides (%)</b>			
OOL	2,6	1,5	0,5 - 10,9
POL	12,9	4,5	4,6 - 25,8
OOO	3,5	1,1	0,9 - 6,9
POO	38,5	4,6	27,4 - 48,5
PSL	3,5	1,0	1,9 - 7,2
PPO	3,9	1,1	1,0 - 7,2
PSO	24,4	5,7	9,6 - 39,0

## 2.2. Relation entre le taux de solide et la composition en triglycérides

L'analyse par CLHP en phase inverse des triglycérides des tissus adipeux a permis de mettre en évidence la présence de 20 espèces moléculaires. Sept espèces représentent, à elles seules, 90% des triglycérides, 3 espèces sont majeures : le POO (38,5%), le PSO (24,4%) et POL (12,9%)(tableau 2). Les 13 autres sont en proportions trop faibles (< 1%) pour influencer la cristallisation des lipides.

Les équations de régressions entre les trois triglycérides majeurs et le taux de solide à 20°C sont données dans la figure 1. L'analyse des corrélations multiples entre TS20 et les proportions des différents triglycérides a montré que 95 % de la variance du TS20 pouvait être expliqués par les proportions de trois triglycérides (PSO, PPO et PSL). L'équation multiple reliant le taux de solide aux proportions de ces trois espèces est :

$$TS20 = 0,635 [PSO] + 0,789 [PPO] + 0,665 [PSL] - 0,853$$

$(r^2 = 0,95 \text{ et } s = 0,96).$

Parmi ces trois espèces, le triglycéride PSO a un rôle prépondérant car 92% de la variance du TS 20 sont liés à la proportion de ce triglycéride dans le tissu adipeux (figure 1). L'équation de régression devient :

$$TS20 = 0,73 [PSO] + 2,23 \quad (r^2 = 0,92 \text{ et } s = 1,24).$$

## 2.3. Relation entre le taux de solide à 20°C et la composition en acides gras

Les acides gras du tissu adipeux sont constitués à près de 95% par quatre acides gras qui sont par ordre décroissant : l'acide oléique (44%), l'acide palmitique (23%), l'acide stéarique (14%) et l'acide linoléique (12%) (tableau 2). L'analyse des corrélations multiples a permis de mettre en évidence l'influence prépondérante des acides gras saturés sur le TS20. Les proportions des deux acides gras saturés majoritaires, les acides palmitique (P) et stéarique (S), permet d'ex-

pliquer 93,5 % de la variance du TS20 (figure 2). L'équation de régression multiple est :

$$TS20 = 1,14 [P] + 1,68 [S] - 30,04$$

avec  $r^2 = 0,94$  et  $s = 1,11$

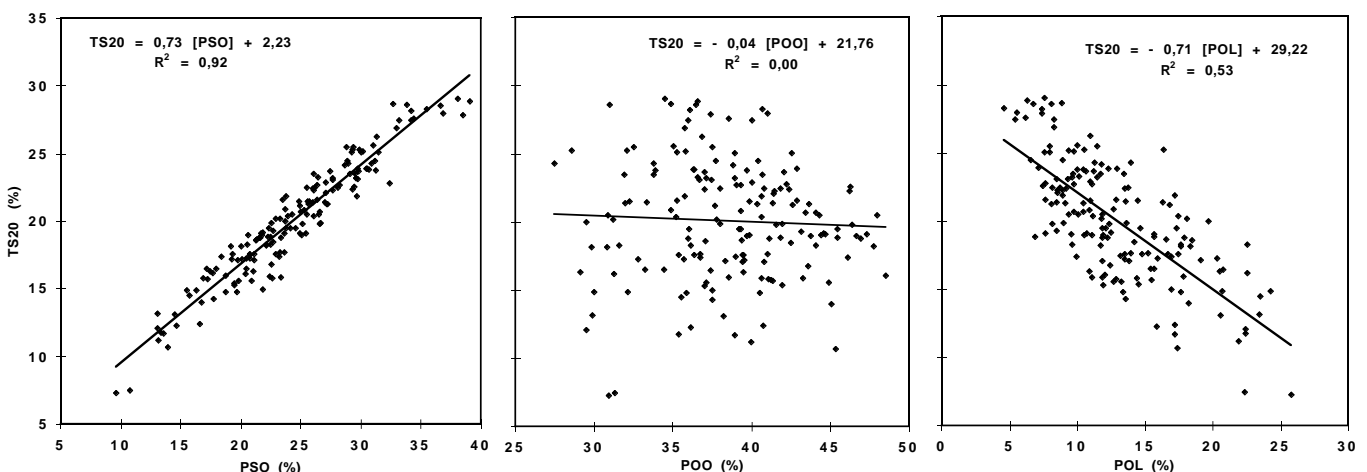
Notons que l'incorporation de l'acide oléique dans le modèle linéaire n'améliore le coefficient de détermination que de 0,5 %. L'acide linoléique n'est pas incorporé dans le modèle car il n'apporte aucune information supplémentaire. Pris seul, cet acide gras explique 48% de la variance du TS20 ( $r^2 = 0,48$ ) (figure 2).

## 2.4. Relation entre le taux de solide à 20°C et les critères classiques d'évaluation de qualité des tissus adipeux (Indice d'iode, taux de muscle)

L'indice d'iode est un paramètre classiquement utilisé pour caractériser les lipides des tissus adipeux car sa mesure permet d'estimer le degré d'insaturation des acides gras. L'indice d'iode moyen des échantillons de cette étude se situe à 65,4 mg d'iode/ 100 g de lipides (tableau 2). Le TS20 est bien corrélé à ce paramètre (figure 3) mais la corrélation est moins bonne que pour la proportion d'acides gras saturés ( $r^2 = 0,81$  au lieu de 0,94). Selon LEA et al. (1970), les tissus adipeux fermes possèdent un indice d'iode inférieur à 65 mg d'iode/100g de lipides et les tissus adipeux mous un indice d'iode supérieur à 70 mg d'iode/100g de lipides. Si nous nous reportons à la relation linéaire qui unit l'indice d'iode et le TS20, nous pouvons déduire que les tissus adipeux fermes possèdent un TS20 supérieur à 18% alors que les tissus adipeux mous ont un TS20 inférieur à 15%.

Le TS20 des lipides des tissus adipeux n'est pas corrélé avec le taux de muscle des carcasses. ( $r^2 = 0,06$ , non significatif) (figure 3). Même si le TS20 décroît quand le taux de muscle augmente, les valeurs moyennes ne sont pas significativement différentes en raison d'écart-types qui atteignent 20 à 25% de la valeur moyenne quelle que soit la classe de taux de muscle considérée. Au delà de 56% de taux de muscle, la

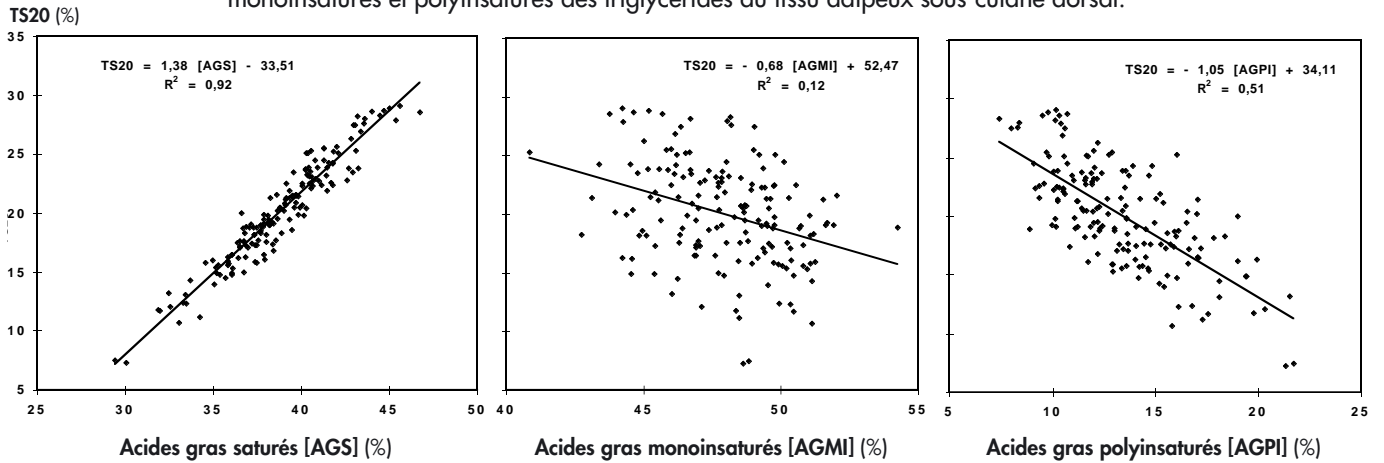
**Figure 1** - Relation entre le taux de solide à 20°C (TS20) et les proportions des triglycérides majeurs de tissu adipeux sous-cutané dorsal.  
(PSO = Palmitoyl-Stearoyl-Oleoyl glycerol, POO - Trioleoyl glycerol, POL = Palmitoyl-Oleoyl-lineoyl glycerol)



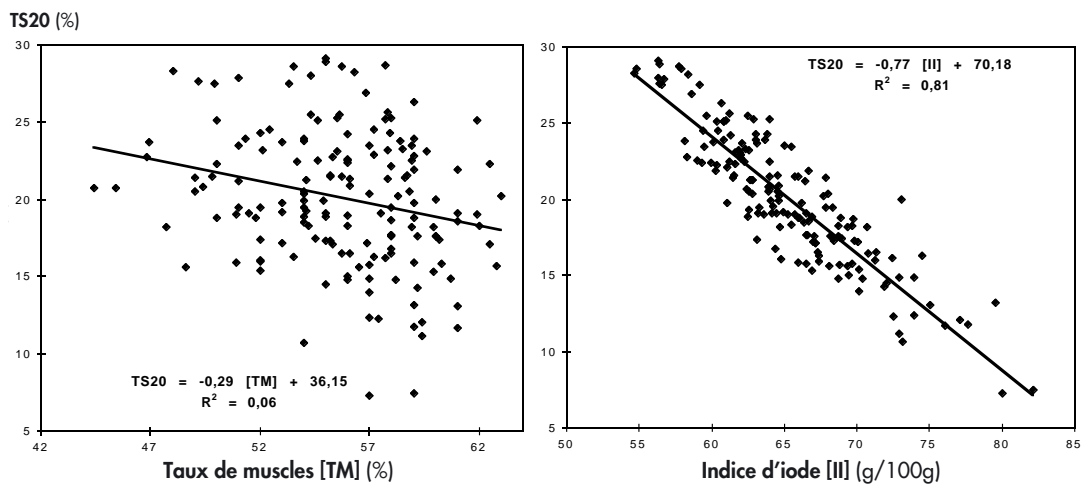
proportion de TS20 inférieur à 15%, correspondant à des tissus adipeux mous, est nettement plus élevée que celle observée pour les classes de taux de muscle inférieur 56%. Cependant, notons que plus de 50% de tissus adipeux pro-

venant de carcasses à plus de 56% de taux de muscle ont un TS20 supérieur à 18% qui permet de les classer parmi les tissus adipeux fermes (figure 4).

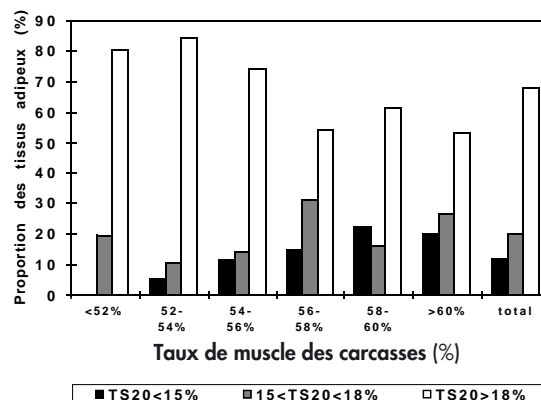
**Figure 2** - Relation entre le taux de solide à 20°C (TS20) et les proportions d'acides gras saturés, monoinsaturés et polyinsaturés des triglycérides du tissu adipeux sous-cutané dorsal.



**Figure 3** - Relation entre le taux de solide à 20°C (TS20) et l'indice d'iode des lipides du tissu adipeux sous-cutané dorsal et le taux de muscle des carcasses.



**Figure 4** - Proportions de tissus adipeux de consistance molle (TS20 < 15%), moyennement fermes (15% < TS20 < 18%) et fermes (TS20 > 18%) en fonction des classes de taux de muscle des carcasses.



### 3. DISCUSSION.

#### 3.1. Les acides gras saturés plus importants que les acides gras polyinsaturés dans le déterminisme du taux de solide des tissus adipeux.

Ce travail montre clairement la forte corrélation du taux de solide à 20°C des tissus adipeux avec les proportions des deux acides gras saturés majeurs, l'acide palmitique et l'acide stéarique. Par contre, si les proportions élevées d'acides gras polyinsaturés sont associées à des taux de solide faibles, la relation entre le taux de solide et la proportion d'acides gras polyinsaturés n'est pas très étroite. Ces résultats sont en bon accord avec ceux de WOOD et al. (1978) et LEA et al. (1970) qui étaient parvenus à des conclusions similaires pour deux autres caractéristiques physiques des tissus adipeux. Ces auteurs attribuaient à l'acide stéarique ou au rapport acides gras saturés/acides gras monoinsaturés une importance prépondérante dans le déterminisme du point de fusion et du point de goutte des lipides des tissus adipeux de porc, la proportion d'acides gras polyinsaturés n'intervenant que très peu dans ces deux caractéristiques physiques. Une grande partie de l'explication du poids de la proportion d'acide stéarique dans le taux de solide réside dans le point de fusion très élevé de cet acide gras (+ 70°C) (GUNSTONE et al., 1994). Toutefois, la seule prise en compte du point de fusion des acides gras n'est pas satisfaisante dans la mesure où les acides gras ne sont pas sous forme libre dans les tissus adipeux mais sont estérifiés dans des triglycérides. Par conséquent, le taux de solide des tissus adipeux dépendra, avant tout, des points de fusion des triglycérides.

#### 3.2. Les triglycérides disaturés régissent le taux de solide des tissus adipeux.

Notre travail montre que 95% de la variabilité du taux de solide à 20°C des tissus adipeux peuvent être attribués à 3 triglycérides (PSO, PPO, PSL) et que 93% de cette variabilité est liée à un seul triglycéride, le PSO. Soulignons que tous ces triglycérides contiennent deux acides gras saturés confirmant le rôle essentiel des acides gras saturés dans le déterminisme du taux de solide. La présence de deux acides gras saturés dans le même triglycéride suffit pour élever considérablement son point de fusion. Ces résultats sont parfaitement cohérents avec les analyses thermiques différentielles pratiquées sur le saindoux, graisse de fonte des tissus adipeux (LE MESTRE et al., 1984). Ces auteurs indiquent qu'à 20°C les triglycérides à l'état solide sont essentiellement des triglycérides trisaturés et une grande partie des triglycérides disaturés. Les triglycérides trisaturés étant minoritaires dans la graisse de porc, on peut conclure que l'essentiel de la phase solide de la graisse de porc à 20°C est constituée de triglycérides disaturés. LE MESTRE et al. (1984) précisent que les triglycérides des tissus adipeux de porc cristallisent essentiellement sous forme de cristaux b'. Or, les points de fusion des triglycérides disaturés sous forme b' sont de 37-40°C pour le PSO et 29,8 °C pour le PPO ce qui explique que ces triglycérides soient cristallisés à 20 °C. Signalons que la proportion de PSO dans les tissu adipeux

est très dépendante de celle en acide stéarique. Par conséquent, plus le taux d'acide stéarique sera élevé, plus la proportion de PSO sera importante, plus le taux de solide des lipides sera élevé.

#### 3.3. Limites des indices actuellement utilisés pour l'évaluer de la consistance des tissus adipeux.

La grande majorité des paramètres utilisés pour caractériser la consistance des tissus adipeux est basé sur la composition en acides gras. Ce sont l'indice d'iode, le taux d'acide linoléique ou l'indice d'insaturation (GIRARD et al., 1988). L'indice d'iode est bien corrélé avec le taux de solide à 20°C. Cependant la corrélation est moins bonne que lorsque les paramètres pris en compte sont les proportions d'acides gras saturés ou celles des triglycérides disaturés. Cette différence s'explique par le fait que l'indice d'iode, de part son mode de calcul, surestime le poids des acides gras polyinsaturés comme l'acide linoléique dans le taux de solide parce que , cet acide gras fixe deux fois plus d'iode que l'acide oléique. Or nous avons vu au paragraphe précédent que la proportion d'acide linoléique est un indice médiocre de prédiction du taux de solide des tissus adipeux. LEA et al. (1970) et BOULARD et al. (1995) sont parvenus à la même conclusion concernant l'indice d'iode dans la prédiction du point de goutte des lipides des tissus adipeux ou dans celle de la consistance de ces tissus mesurée par pénétrométrie.

Ce travail indique très clairement qu'il n'y a peu de lien entre le taux de solide des tissus adipeux et le taux de muscle des carcasses. Le critère qui consiste en pratique à écarter les tissus adipeux provenant de carcasses ayant plus de 56% de taux de muscle pour éviter d'utiliser des tissus adipeux mous dans la fabrication des produits secs s'avère peu pertinent. Même si les faibles taux de solide à 20°C (<15%) sont plus rares chez les porcs de taux de muscle inférieur à 56% (0 à 11,4% contre 14,7 à 22,6% pour les porcs ayant un taux de muscle supérieur à 56%), il faut souligner que plus de 50% des tissus adipeux issus de carcasses dont le taux de muscle est supérieur à 56% présentent des taux de solide élevés (>18%) qui en font des tissus adipeux fermes parfaitement adaptés à la production d'une charcuterie sèche de qualité. En effet, cette valeur de taux de solide correspond à un indice d'iode de 65 mg d'iode/100 g de lipides, valeur de référence souvent utilisée pour définir un tissu adipeux de bonne qualité pour la fabrication des produits secs (LEA et al., 1970 ; GIRARD et al., 1988).

### CONCLUSION

Cette étude montre que le taux de solide des lipides des tissus adipeux mesuré par RMN est un paramètre très variable dont la variabilité peut être expliquée de manière rationnelle par les variations des proportions de triglycérides contenant deux acides gras saturés. La mesure du taux de solide des lipides du tissu adipeux pourrait s'avérer une méthode intéressante pour trier les tissus adipeux et remplacer avantageusement le taux de muscle qui est un critère peu pertinent. En effet, des mesures du taux de solide à 20°C effectuées sur

51 tissus broyés ne sont pas significativement différentes des valeurs obtenues sur les lipides extraits par fonte ( $r^2 = 0,97$ ). La suppression de la phase d'extraction des lipides rend la méthode encore plus rapide. Des essais complémentaires seront nécessaires pour vérifier s'il est possible de déterminer le taux de solide directement sur des carottes de tissus adi-

peux. La validation de la méthode nécessitera de s'interroger sur le choix du site de prélèvement le plus pertinent et de procéder à la fabrication de produits secs pour situer plus précisément le taux de solide minimum requis pour l'obtention des produits secs de qualité

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOULARD J., BOUYSSIÈRE M., CHEVILLON P., KÉRISIT R., LE JOSSEC P., 1995. *Techni-Porc*, 3, 21-32.
- GIRARD J.P., BOUT J., SALORT D., 1988. *Journées Rech. Porcine en France*, 20,250-278.
- GUNSTONE F.D., HARWOOD J.L., PADLEY F.B., 1994. In « *The Lipid Handbook* », Second Edition, Chapman et Hall Eds., London, 551p.
- I.U.P.A.C. , 1982. In « *Standard methods for the analysis of oils, fats, and derivatives* », 6th Ed., Pergamon Press Oxford.
- LE MESTRE M., CORNILY G., SIMATOS D., 1984. *Rev. Franç. Corps Gras*, 3,107-115.
- LEA C.H., SWOBODA P.A.T., GATHERUM D.P., 1970. *J. Agric. Sci. Camb.*, 74, 279-289.
- MORRISON W.R., SMITH L.M., 1964. *J. Lip. Res.*, 5, 508-609.
- RAMPON V.,GANDEMER G., LE JOSSEC P., BOULARD J., 1994. *Journées Rech. Porcine en France*, 26,157-162.
- VAN PUTTE K., 1974. *J.A.O.C.S.*, 51, 316-320.
- WOOD J.D., ENSER M.B., MACFIE H.J., 1978. *Meat Sci.*, 2, 289-300.