

LIPIDES ET QUALITÉS DES TISSUS ADIPEUX ET MUSCULAIRES DE PORC FACTEURS DE VARIATION

1^{re} partie : Lipides et qualités du tissu adipeux - Facteurs de variation

J.P. GIRARD (1), Josiane BOUT (2), Dominique SALORT (2)

2^e partie : Lipides et qualités du tissu musculaire - Facteurs de variation

Josiane BOUT (2), J.P. GIRARD (1)

(1) Institut National de la Recherche Agronomique, Station de Recherches sur la Viande, Theix, 63122 CEYRAT

(2) Institut Technique du Porc, B.P. 3, 35650 LE RHEU

INTRODUCTION

La viande de porc est consommée en France pour environ un tiers sous forme de viande fraîche, et pour deux tiers sous forme de produits transformés dont la variété est grande et qui se diversifient par leur mode de fabrication, leur présentation, leur teneur en lipides et leurs qualités organoleptiques. Il est cependant d'usage de classer ces produits en quatre grandes familles selon qu'au stade initial de leur élaboration est intervenue ou non une opération de broyage et de restructuration, et qu'au stade final de leur préparation un processus de cuisson ou de séchage a été appliqué. Pour tous ces produits, d'autres traitements complètent ou peuvent compléter ces opérations technologiques de base ; il s'agit de la salaison, de l'acidification, de la fumaison, etc.

A tous les stades de la filière chaque intervenant vise des objectifs et possède des moyens et des contraintes qui lui sont propres. De ce fait chaque maillon a sa conception personnelle de la qualité. Pour le producteur, la qualité de l'animal vivant s'exprime principalement en terme de conformation. A l'arrivée à l'abattoir, l'état physiologique de l'animal est l'élément à prendre en compte car le transport est un facteur de fatigue et de stress qui se répercute sur la qualité de la viande et des produits carnés. Après l'abattage et en fin de première transformation, opération qui conduit à la carcasse, la notion de qualité s'élargit pour englober, l'état sanitaire mis à part, d'autres facteurs, l'état d'engraissement en particulier. Cette notion de qualité se complique au cours de la deuxième transformation, c'est-à-dire lors du passage de la carcasse à la viande. A ce niveau elle est double, il s'agit soit de la qualité de la viande utilisée à l'état frais par le consommateur, soit de l'aptitude à la transformation de la viande et du tissu adipeux utilisés comme matières premières de la fabrication des produits carnés. Dans la première éventualité, les critères impliqués sont organoleptiques, nutritionnels, hygiéniques, économiques ; dans la deuxième il s'agit de paramètres physico-chimiques. La troisième transformation constitue l'étape terminale de la filière, elle conduit à des produits dont les qualités résultent de celles des matières premières mises en œuvre, mais aussi des technologies utilisées. Les composantes de ces qualités se regroupent également sous quatre grandes rubriques : organoleptique, nutritionnelle, hygiénique, économique. La qualité dans la filière

porc concerne donc, au cours de ces grandes étapes, la carcasse, la viande, le tissu adipeux et enfin les produits carnés.

La réduction substantielle de la teneur en gras par le biais de la sélection s'est répercutée de façon presque toujours bénéfique sur la qualité des carcasses et parfois de façon moins heureuse sur celle des produits issus de la deuxième et troisième transformations, le tissu musculaire, le tissu adipeux et les produits carnés. Cette réduction a été particulièrement marquée ces 15 dernières années. C'est ainsi que la teneur en gras d'un porc charcutier de 100 kg de poids vif pouvait être estimée en 1972 entre 35 et 45 % selon Henry ; par la suite la valeur moyenne de ce paramètre a été réduite pour atteindre, selon l'ITP, 29 % en 1977 pour un porc charcutier de 105 kg de poids vif. Elle s'est stabilisée à ce niveau jusqu'aux alentours de 1982 pour décroître à nouveau et s'établir, suivant les sources et, les races européennes mises en expérimentation, à 20 %, selon SCHWÖRER en 1986, à 23,9 %, selon l'ITP en 1987, pour un échantillon représentatif des porcs élevés en France.

Cette réduction substantielle de la teneur en gras des carcasses jointe à la part croissante faite au maïs dans l'alimentation des porcs, et à l'abattage à un stade léger, s'accompagne souvent de conséquences néfastes sur les caractéristiques des produits issus de la filière porc. L'illustration de ces défauts constatés par WOOD (1983) est, dans les cas extrêmes, pour les différents produits de la filière :

- des carcasses qui ressuient mal après abattage et dont la découpe est rendue difficile ;

- des tissus adipeux mous, les couches constitutives de la bardière qui se séparent, et qui présentent un manque de cohésion avec le muscle ;

- des muscles qui, à côté des défauts, mentionnés lors des interventions précédentes, PSE..., peuvent également présenter des défauts dans leur cohésion avec le gras intermusculaire, et qui, en raison de leur faible teneur en gras interne, peuvent conduire à des viandes sèches à la dégustation ;

- des produits carnés défectueux, particulièrement les produits secs.

Nous allons nous attacher d'une part à rechercher le rôle des lipides dans le déterminisme de la qualité des tissus adipeux et musculaires et, d'autre part, à passer en revue les facteurs impliqués dans la quantité et la nature des lipides déposés dans chacun de ces tissus.

Les principaux résultats que nous allons rapporter tant au niveau de l'étude de la qualité des tissus animaux qu'à celui des facteurs impliqués sont les fruits de quatre études :

– deux études à caractère essentiellement nutritionnel où les facteurs sexe et poids d'abattage ont été également pris en

considération. Toutes deux ont porté sur le tissu adipeux, l'une d'entre elle a en outre concerné le tissu musculaire. Elles se sont déroulées en collaboration avec nos collègues de l'INRA de Saint-Gilles depuis 1982 et jusqu'à ces derniers temps.

– une étude à caractère génétique, et une concernant la localisation anatomique, toutes deux ont été menées en collaboration avec l'I.T.P. Elles ont concerné le tissu adipeux, l'étude à caractère génétique a englobé en plus le tissu musculaire ; elle a porté sur les quatre races couramment élevées en France : Large White, Landrace Belge, Landrace Français, Pietrain.

Ces deux communications ont été, en partie, rédigées à partir de deux ouvrages intitulés respectivement :

1. **"Les lipides animaux dans la Filière Viande"**, édité par l'APRIA et diffusé par LAVOISIER.

2. **"Technologie de la Viande et des Produits Carnés"**, édité conjointement par LAVOISIER, l'INRA et l'APRIA, et diffusé par LAVOISIER et l'INRA.

PREMIÈRE PARTIE

LIPIDES ET QUALITÉS DU TISSU ADIPEUX, FACTEURS DE VARIATION

J.P. GIRARD (1), Josiane BOUT (2), Dominique SALORT (2)

(1) Institut National de la Recherche Agronomique, Station de Recherches sur la Viande, Theix, 63122 CEYRAT

(2) Institut Technique du Porc, B.P. 3, 35650 LE RHEU

Ces tissus se subdivisent en deux grandes catégories :

- les gras sous-cutanés, constitués du gras dorsal ou bardière, de la mouille située à la base de l'abdomen et à la jonction de la poitrine et du jambon, de la gorge et de la poitrine.
- les gras internes, constitués du gras périrénal ou panne qui se développe autour des reins, du mésentère ou ratis, repli graisseux du péritoine.

Parmi ces différents tissus adipeux, certains sont utilisés en l'état ou après broyage en cours de troisième transformation ; il s'agit de la bardière, de la mouille, de la poitrine, de la gorge, principalement, et de la panne plus occasionnellement ; d'autres sont fondus et utilisés par d'autres filières du secteur Agro-Alimentaire, il s'agit de la panne, du mésentère... Certains de ces tissus sont constitués uniquement de cellules adipeuses, d'autres de cellules adipeuses et de fibres musculaires : la poitrine, la gorge.

Les gras sous-cutanés sont quantitativement les plus importants avec la bardière comme principal représentant. Les proportions en chacun de ces tissus sont rapportées ultérieurement, lors de l'étude du facteur localisation anatomique.

La bardière est limitée par la couenne à sa partie supérieure et par le muscle à sa partie inférieure. La couenne est couverte de poils qui prennent naissance au niveau des follicules pileux situés dans le derme. Dans cette couche, des glandes sudoripares sont également présentes. La bardière est divisée en deux parties, voire 3, nettement séparées par une trame de tissu conjonctif. Ces deux parties se distinguent en outre par leur composition en acides gras, la couche interne est la plus saturée. Au sein de chacune des couches de la bardière les cellules adipeuses sont unies par des fibres conjonctives, elles constituent des agglomérats eux même disposés en îlots plus ou moins gros, entourés de fibres plus importantes. Les adipocytes ont une forme ovoïde avec une seule inclusion lipidique qui repose à la périphérie la masse cytoplasmique contenant les mitochondries, les ribosomes libres, le réticulum endoplasmique et le noyau, plaqué contre la membrane plasmique. La taille moyenne des cellules semble plus importante dans la panne (150 μm) que dans le gras intramusculaire (108 μm), alors que pour les autres tissus un diamètre moyen de 130 μm a pu être constaté (ANDERSON *et al.*, 1972).

Sur le plan chimique tous ces tissus sont constitués, en proportions variables, d'eau, de protéines et de lipides. A côté de composants mineurs saponifiables ou non, les triglycérides représentent plus de 98 % de la fraction lipidique. L'insaponifiable, avec 0,2 à 0,5 %, est constitué de tocophérols (0 à 1 mg/100 g de saindoux), de stérols (50 à 120 mg/100 g de saindoux) et d'hydro-carbures.

1. LIPIDES ET QUALITÉS ORGANOLEPTIQUES DES TISSUS ADIPEUX

1.1. Lipides et couleur des tissus adipeux

La couleur des tissus adipeux est spécifique de chaque espèce. Les graisses de bovins doivent être de couleur crème à jaune pâle, celles provenant de veaux doivent être blanches, celles issues de porcs se distinguent par leur couleur blanche légèrement rosée. La composante rose du gras frais s'explique dans le spectre d'absorbance par la présence d'un composant hémunique qui se caractérise par son absorption respectivement aux environs de 540 et 580 nm (GIRARD *et al.*, 1986). Sur ce point il y a lieu de noter que les acides gras saturés, lorsqu'ils se rencontrent en proportion élevée dans la composition en acides gras des lipides de la bardière, rehaussent la consistance de ces tissus et masquent les composés hémuniques. De ce fait, les gras fermes sont la plupart du temps plus blancs que les gras mous.

Les pigments liposolubles naturels existent dans les corps gras végétaux. Ils se retrouvent dans les graisses de sécrétion et dépôt des ruminants et des monogastriques, qui les absorbent dans leur ration alimentaire et les incorporent sans transformation significative. La présence de ces pigments peut expliquer certaines anomalies de couleur des gras de dépôt.

1.2. Lipides et flaveur des tissus adipeux

Les graisses d'origine animale possèdent après l'abattage une flaveur généralement agréable qui renforce l'appétabilité des produits carnés. Il convient cependant de signaler quelques exceptions à cette règle générale que nous allons examiner. Mises à part les flaveurs neutres puis rances, générées en cours de stockage, le principal défaut attribuable aux lipides est celui d'odeur sexuelle.

1.2.1. Lipides et défauts d'odeur sexuelle*

Les tissus adipeux et musculaires provenant de porcs mâles dégagent souvent une odeur désagréable, lors des traitements thermiques (chauffage, cuisson), apparentée à celles d'oignon, de sueur, ou encore à celle d'urine. Dans le but de prévenir ces défauts, et par suite d'éviter la dépréciation des carcasses de ces animaux, la castration s'effectue systématiquement sur les jeunes mâles écartés de la reproduction. De ce fait, les viandes porcines consommées fraîches proviennent presque exclusivement de femelles ou de mâles castrés précocement. Cette opération s'accompagne de deux répercussions néfastes sur le plan économique, la surconsommation d'aliments et l'incapacité du castrat à produire des carcasses riches en viande maigre.

Les substances incriminables se rangent dans l'insaponifiable parmi les stéroïdes de la famille C19 Δ 16, c'est à dire des composés possédant 19 atomes de carbone et une double liaison en position 16. Parmi ces stéroïdes à odeur prononcée, le 5 α -androsténone ou androsténone, ou 5 α -androstane, a fait l'objet de la plupart des études, il est le seul présent en quantités notables (de 0,2-0,3 à 6,7 μ g/g de lipides). Il ressort que sa contribution aux défauts d'odeur sexuelle est essentielle, cependant la présence de ce composé ne permet pas de les expliquer intégralement. D'autres stéroïdes sont suspectés de participer à la manifestation de ces odeurs, il s'agit de 5 α -androst-16 β -ène 3 α -ol, ou 5 α -androst-16 β -ène 3 β -ol, ou 5 α -androst-16 β -ène 3 α -ol, tous deux caractérisés par une odeur musquée ; en raison de leurs difficultés de dosage, aucune conclusion sûre ne peut être tirée.

Le scatol, ou méthyl 3 indol, présentant une odeur fécale est lui aussi incriminé ; cependant ce composé se retrouve à concentration identique dans les viandes provenant soit de mâles, soit de mâles castrés et de femelles. Il agirait par synergie et aggraverait l'odeur désagréable résultant de la présence d'androsténone.

Le stockage dans le tissu gras d'androsténone, produite par les testicules et véhiculée par le sang, peut s'effectuer de façon réversible. Ce composé peut être également capté par les glandes salivaires ou catabolisé puis éliminé dans les urines. Les facteurs de variation de sa teneur dans les graisses de verrats sont soit de nature zootechnique et liés à l'âge, au poids, à la localisation anatomique, et au type génétique de l'animal, comme nous ne le verrons ultérieurement, soit de nature environnementale, sur ce point le milieu social joue un rôle primordial.

1.2.2. Autres défauts d'odeur et de goût imputables aux lipides

En plus d'être un lieu de stockage de substances naturelles, telles que les métabolites d'origine sexuelle, les graisses porcines le sont également de divers résidus liposolubles. Cette constatation explique certaines anomalies que peuvent présenter les viandes de porc. C'est ainsi que les odeurs de poisson ont pour origine, dans les constituants de la ration alimentaire, soit des huiles de poisson, soit des matières grasses en mauvais état de conservation.

Les odeurs pharmaceutiques ont vraisemblablement une origine alimentaire mal expliquée, leur fréquence est en régres-

sion. Une autre anomalie des tissus adipeux et tissus musculaires, attribuable aux composés lipidiques, est le goût de savon. Les acides gras libres résultant de l'hydrolyse des esters peuvent réagir sur des traces de métaux Ca, Mg, pour conduire à des sels responsables de ce défaut.

1.3. Lipides et consistance du tissu adipeux

La consistance des tissus adipeux est une composante primordiale de leur qualité, particulièrement chez le porc, où pratiquement seuls les tissus adipeux fermes entrent dans la formulation des produits divisés. Trois facteurs, sur ce point, méritent d'être pris en considération, l'un essentiel, les deux autres plus accessoires. Ce sont d'une part, la composition en acides gras et corrélativement la zone de fusion de la fraction lipidique, et d'autre part, l'importance et la rigidité de l'armature collagénique de soutien ainsi que la teneur en eau de ces tissus. Il y a lieu de noter que la teneur en acides gras saturés et celle en protéines varient en sens inverse pour les deux plus importants représentants des tissus sous cutanés et internes : le gras dorsal ou bardière et le gras périrénal ou panne. De ce fait, la différenciation entre gras dur et gras mou est parfois discutable ; outre le fait que le gras interne de la carcasse se caractérise chez toutes les espèces par sa richesse en lipides et sa faible teneur en assise protéique, les acides gras constitutifs de ce tissu sont plus saturés que ceux de la bardière, il s'établit, en effet, un gradient positif d'insaturation du centre de la carcasse vers la périphérie comme nous le verrons ultérieurement lors de l'étude du facteur localisation anatomique.

Contrairement aux lipides, l'armature collagénique de soutien n'est que peu affectée par la température, tout du moins dans le domaine de température où le gras est utilisé classiquement. Cependant au delà d'une valeur supérieure à 50°C, le collagène se contracte, puis se gélatinise à partir de 80°C. Le premier effet, est celui recherché lors de la mise en œuvre d'un processus particulier, en cours de 3ème transformation : le pochage.

En dehors des facteurs site anatomique et température, d'autres facteurs agissent sur la consistance de la bardière, le plus important est, comme mentionné ci-dessus, la composition en acides gras de la fraction lipidique liée en partie à la localisation des dépôts de gras. D'une façon générale, la règle qui prévaut peut ainsi s'énoncer, les acides gras insaturés à bas point de fusion, rendent les tissus adipeux mous, les acides gras saturés agissent en sens inverse. Si l'on considère le problème d'une façon plus spécifique, eu égard aux acides gras entrant dans la composition des triglycérides de la bardière, six sont majeurs par leur concentration, ce sont l'acide myristique C14:0, l'acide palmitique C16:0, l'acide palmitoléique C16:1, l'acide stéarique C18:0, l'acide oléique C18:1, et l'acide linoléique C18:2, deux sont déterminants sur la consistance, l'acide stéarique C18:0 et l'acide linoléique C18:2. Les corrélations établies par ENSER (1983) entre leur teneur et la consistance de la bardière s'établissent respectivement à $r = +0.928$ et $r = -0.726$. Toujours selon ENSER, l'acide oléique présent à des concentrations pouvant atteindre voire dépasser 40 % n'est que peu impliqué dans le déterminisme de la consistance des tissus adipeux. ELLIS et ISBELL avaient pressenti déjà en 1926, l'importance de l'acide linoléique sur la consistance de la bardière, et considéraient que cette qualité était jugée acceptable dans la mesure où la teneur en C18:2 n'excédait pas 15 %, HOU-BEN et KROL, 1983, confirment ce résultat, tandis que PRABUCKI, 1978, situe cette limite légèrement en dessous, à 12 %.

* Ce paragraphe s'inspire dans sa rédaction d'un article à caractère synthétique et très référencé de M. BONNEAU et B. DESMOULIN, publié en 1982.

D'autres facteurs, alimentation mise à part, en agissant sur la composition chimique de la fraction lipidique, sont déterminants sur la consistance des tissus adipeux. Ce sont l'épaisseur de la bardière et la vitesse de croissance des tissus adipeux. Les porcs qui se distinguent par une valeur élevée de ce dernier paramètre génèrent des tissus gras à bonne consistance, par le fait des faibles teneurs en acide linoléique déposé dans ces tissus ; à l'opposé la production d'animaux très maigres et de croissance lente, possédant des bardières minces, conduit à des tissus inconsistants (PALLU, 1971, GARCIA 1979). Dans les cas les plus extrêmes constatés par WOOD (1983) sur des carcasses de 60 à 80 kg, et signalés dans la partie introductive, l'échaudage prolongé des animaux entraîne des altérations profondes du tissu gras de couverture qui se répercutent en cours de transformation ultérieure sur la qualité des produits carnés ; les carcasses provenant de ces animaux ressuient mal très souvent après abattage, leur découpe est difficile. Parallèlement des séparations se manifestent entre les différentes couches de la bardière, entre la bardière et le muscle, enfin entre le gras intermusculaire et les muscles.

2. LIPIDES ET APTITUDES A LA TRANSFORMATION DES TISSUS ADIPEUX

Le tissu adipeux entre, à des teneurs variables, dans la formulation des produits divisés. Sa couleur et son goût affectent le niveau final des qualités organoleptiques et d'acceptabilité des produits. Plus en amont, sa consistance dicte son comportement au cours des opérations mécaniques et thermiques, impliquées dans la réalisation des produits divisés, et, in fine, régit la cohésion des produits. Sur ce point, il convient de noter que l'aptitude à la transformation du tissu adipeux dépend également du degré de désorganisation de l'assise protéique lors de ces opérations technologiques.

La manifestation d'un manque de consistance ainsi que l'éclatement des adipocytes se concrétise pour les produits divisés cuits par des séparations de constituants, et de gras en particulier, en certaines zones du produit, et pour les produits secs par des défauts tels que saucisson huileux et saucisson mou, qui résultent d'un manque d'adhérence entre le gras et la phase environnante. Dans les produits à hachage grossier, où le gras se retrouve sous forme d'individualités histologiquement intactes, ces défauts s'expliquent par la libération de lipides cellulaires sous l'effet des efforts mécaniques et de laminage que subit le tissu adipeux. Dans les produits à hachage fin, où le gras a été libéré en grande partie des adipocytes sous l'effet des actions mécaniques, la cohésion résulte des interactions entre les divers éléments : lipides, protéines, eau, air. L'exposé de ces attendus nous a amené à rassembler sous forme de tableau (tableau 1) les caractéristiques des tissus adipeux à rechercher pour la troisième transformation.

TABEAU 1
TABLEAU SYNOPSIS D'UTILISATION CONSEILLÉE
DES TISSUS ADIPEUX DE PORC EN FONCTION DE LEURS
CARACTÉRISTIQUES DANS LES PRODUITS CARNÉS DIVISÉS
(GIRARD, 1976)

Produit sec : saucisson	Produit cuit : pâtes fines
<ul style="list-style-type: none"> - Gras à structure ferme - Gras de couverture (bardière uniquement) - Gras à faible teneur en acides gras insaturés - Gras frais, faiblement lipolysé 	<p>Possibilité d'utiliser des gras de différentes origines anatomiques (panne, bardière)</p>

2.1. Lipides et aptitude à la transformation des tissus adipeux en saucisson sec

Nous avons testé l'acceptabilité de saucissons secs élaborés à partir de tissus adipeux différents par l'insaturation de leur fraction lipidique. La production de ces tissus a été rendue possible d'une part en alimentant les animaux avec des rations constituées de lipides d'insaturation croissante comme rapporté lors de l'étude du facteur nutritionnel et, d'autre part, en abattant ces animaux à deux stades, l'un léger (95-100 kg de poids vif), l'autre lourd (115-120 kg). La gamme d'insaturation des lipides déposés dans ces tissus reproduit et dépasse celle rencontrée couramment dans la pratique.

Les tissus adipeux provenant d'animaux alimentés avec des systèmes constitués de maïs plus huile de maïs, quel que soit le poids d'abattage, conduisent à des produits finis jugés inacceptables par un jury de dégustateurs entraînés. Dans tous les autres cas de figure, avec des alimentations constituées d'orge, d'orge plus coprah, de maïs, quelque soit le poids d'abattage, les produits finis ont été jugés de bonne qualité. Ces derniers résultats ressortent de deux types de dégustations, l'une familiale, l'autre par un jury composé d'analystes entraînés. La limite supérieure en acide linoléique C18:2, chiffrée précédemment entre 12 et 15 %, eu égard à la consistance de ces tissus, ne doit pas excéder une valeur du même ordre relativement à l'aptitude à la transformation de ces tissus en saucissons secs. Corrélativement la teneur en acide stéarique C18:0 ne doit pas s'abaisser en dessous de 12 % environ, tandis que l'indice d'iode et le degré d'insaturation ne doivent pas excéder respectivement 60 g d'iode par 100 g de lipides d'une part et une valeur comprise entre 1,27 et 1,47 d'autre part.

2.2. Lipides et aptitude à la transformation des tissus adipeux en pâté

La cohésion des constituants eau et gras lors du traitement thermique est un aspect essentiel pour ce secteur des produits divisés cuits. La maîtrise de ces transferts est un des problèmes majeurs qui se posent aux transformateurs. Sur ce point, la réduction et la constance des quantités de matières transférées sont les buts recherchés. Dans ce type de produit les pertes en gras sont pratiquement indépendantes de l'insaturation des gras mais par contre dépendantes de l'importance de l'assise protéique apportée par le tissu adipeux (GIRARD *et al.*, 1985b). Une constatation analogue avait pu être effectuée sur d'autres produits divisés du type steaks hachés.

2.3. Lipides et aptitude à la transformation des tissus adipeux en pâte fine

Dans ce type de produit, comme nous l'avons antérieurement mentionné, les lipides sont libérés en grande partie des adipocytes sous l'effet des actions mécaniques ; les qualités du produit fini résultent des interactions entre les divers éléments : lipides, protéines, eau, air (GIRARD *et al.*, 1981 ; GIRARD *et al.* 1985b).

Interactions lipides-protéines

Ces interactions entre les constituants protéiques d'une phase dispersante et les constituants lipidiques de la phase dispersée, après libération à partir respectivement des fibres musculaires et des adipocytes, reposent sur le fait que l'agent protéique renferme des groupements hydrophiles ou polaires, et des groupements lipophiles ou apolaires, ayant une

affinité pour le gras. De ce fait, et en raison de la longueur et de la proportion des groupements hydrophiles et des groupements lipophiles, un agent lipidique aura une affinité pour un émulsifiant bien déterminé. Sur cette base, DENOYER (1978) a montré que les associations viande à haut pH et gras faiblement lipolysé d'une part, viande à bas pH et gras lipolysé d'autre part, conduisaient aux meilleurs rendements à la transformation.

Interactions lipides-protéines-air

Ces interactions dépendent en grande part du point de fusion de la fraction lipidique. En fondant, le gras déstabilise les mousses de viande en agissant sur les tensions interfaciales. La migration des constituants eau et gras s'opère ainsi plus facilement. Sur ce point, les lipides à bas point de fusion accentuent le départ d'air des pâtes fines. Par ailleurs, l'émulsification des lipides est rendue possible par leur migration de la cellule lipidique et leur passage de l'état solide à l'état liquide.

3. LIPIDES ET APTITUDES A LA CONSERVATION DES TISSUS ADIPEUX

En raison de leur insaturation élevée, de l'absence quasi-totale d'agents antioxydants, et de leur teneur en eau élevée, les tissus adipeux de porc sont peu conservables. A l'état congelé, les valeurs de l'activité de l'eau sont telles, que les réactions d'hydrolyse et d'oxydation peuvent se dérouler. La présence d'un composé hémique dans ce tissu favorise ce dernier type de réactions. Les pétéchies sont également source d'oxydation.

4. LIPIDES ET FACTEURS DE VARIATIONS DE LA QUALITE DU TISSU ADIPEUX

Dans ce paragraphe, nous allons passer en revue les différents facteurs de variation de la composition du tissu adipeux, rechercher les répercussions des changements intervenus dans la production, enfin considérer les conséquences de certains de ces facteurs sur les propriétés fonctionnelles de ce tissu.

4.1. Influence de la localisation anatomique

L'importance des tissus adipeux chez le porc dépend, entre autres facteurs, de leur localisation anatomique. D'après les travaux de HENRY (1972), le gras de couverture représentait 70 % du gras total, le gras intermusculaire 20 à 25 %, le gras interne ou périrénal 5 % et le gras intramusculaire, une proportion peu importante des lipides corporels totaux, 1 à 2 %. Depuis lors, aucun résultat, à notre connaissance, indique si, parallèlement à l'abaissement de la teneur en gras total des carcasses, mentionné dans la partie introductive, une évolution dans la répartition en chacun de ces tissus adipeux s'est manifestée.

Pour cerner l'effet de ce facteur, l'étude que nous avons entreprise au laboratoire a porté respectivement sur du gras dorsal ou bardière, sur du gras périrénal ou panne, et sur du gras de mouille. Ces tissus provenaient de 20 porcs femelles et mâles castrés de race Large White abattus à 80 kg environ. En ce qui concerne la bardière, l'étude a porté sur les 2 couches constitutives de ce tissu. A côté de la teneur en lipides et de la composition de cette fraction, celles en eau et assise protéique ont été prises en considération.

4.1.1. Composition en constituants essentiels des tissus adipeux

En ce qui concerne le gras sous-cutané dorsal, la bardière, l'examen du tableau 2 révèle que les proportions de lipides, eau et protéines présentes dans les deux couches constitutives de ce tissu ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %. Elles s'établissent respectivement à environ 82-84 %, 10-11 et 6-7 %. Il semblerait que la couche interne soit légèrement plus riche en lipides et moins riche en eau que la couche externe. Sur ce point les quelques données disponibles dans la littérature ne concordent pas. En effet, selon SCHEPER (1982) cité par KÜHNE (1983), la couche interne de la bardière contient environ 2 à 4 % de lipides de plus que la couche externe et corrélativement 1,5 à 3,5 % d'eau en moins. Cette différence est du même ordre que celle observée dans nos résultats. Par contre, les résultats de WOOD et ENSER (1982), obtenus sur des animaux Large White abattus à 68 kg, indiquent une teneur en eau légèrement plus élevée et une teneur en lipides légèrement plus faible, dans la couche interne de la bardière. La différence observée par ces auteurs au niveau de la teneur en eau a également été mise en évidence par WOOD *et al.* (1986) dans un travail portant sur des animaux croisés Large White x Landrace abattus à 90 kg. La couche interne contenait 20,4 % d'eau, la couche externe 19,9 % seulement, tandis que les teneurs en lipides étaient sensiblement identiques dans les deux couches, 73,6 % environ. Les travaux mentionnés mettent tous en évidence une légère différence de teneur en assise protéique entre les deux couches, la valeur est plus élevée dans la couche externe. La différence, faible, varie entre 0,1 et 1,5 %, nous ne l'observons pas dans le cadre de notre étude. Ces contradictions dans les données de la littérature sont dues vraisemblablement à des différences d'adiposité entre animaux étudiés, et de développement des deux couches de la bardière. En effet, d'après les travaux de SCHEPER (1982), la différence de teneur en lipides entre les deux couches est d'autant plus marquée que les animaux sont maigres.

Comparativement à la bardière, la panne se caractérise par sa richesse en lipides, 89 % contre 82-84 %, et sa pauvreté en protéines 3-4 % contre 6-7 %. Ce résultat confirme la règle générale selon laquelle, les tissus adipeux qui occupent la position interne de la carcasse, se distinguent, chez les différentes espèces, par leur richesse en lipides. Sa teneur en eau est également plus faible, 7,5 % contre 10-11 % environ pour la bardière. Ces résultats sont conformes à ceux de SCHÖN (1978) et WOOD *et al.* (1986).

Le gras de mouille présente des teneurs en lipides et protéines proches de celles de la bardière, les valeurs mesurées dans ces deux tissus ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %. Il s'en distingue par contre de façon significative dans la plupart des cas, par une teneur en eau plus élevée, 13 % contre 10 % environ. Cette différence de teneur en eau explique vraisemblablement la différence d'aspect entre ces deux types de tissus adipeux ainsi que la dénomination de mouille attribuée à ce dernier.

La comparaison des trois dépôts adipeux : bardière, panne, gras de mouille, fait ressortir deux points importants déjà connus relatifs aux teneurs en eau, lipides et assise protéique des tissus. Il s'agit d'une part de la richesse en lipides et de la pauvreté en collagène de la panne par rapport aux deux autres tissus étudiés, très comparables entre eux, et d'autre part de la richesse en eau du gras de mouille.

TABLEAU 2
INFLUENCE DE LA LOCALISATION ANATOMIQUE DES GRAS SUR LES TENEURS EN LIPIDES,
EAU ET ASSISE PROTÉIQUE DES TISSUS

Les analyses ont porté sur des échantillons provenant de 20 animaux de race Large White, 10 mâles castrés (MC), et 10 femelles (F)
 (BUCHARLES C., GIRARD J.P., 1987)

Paramètre mesuré	Type sexuel	Bardière externe	Bardière interne	Panne	Gras de moelle
Teneur en lipides (%)	MC	81.87a±2.76	84.03a±2,24	89.15b±1.59	79.57a±3.51
	F	82.07a±3.87	83.02a±4,02	88.74b±3.47	80.69a±4.05
Teneur en eau (%)	MC	10.96b±1,25	9.99b±0.91	7.49a±1.25	14.24c±3.80
	F	10.90b±4,04	9.77ab±2.51	7.52a±2.42	11.72b±3.61
Teneur en protéines du stroma (%)	MC	7.17b±2.65	5.98b±2.11	3.36a±1.61	6.19b±2.48
	F	7.03b±1.92	7.23b±2.53	4.19a±1.52	7.59b±1.00

Sur une même ligne, les moyennes affectées d'une lettre identique ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %. Aucune différence liée au type sexuel de l'animal n'a été observée.

TABLEAU 3
COMPOSITION, EN ACIDE GRAS DES TISSUS ADIPEUX ÉTUDIÉS, DÉTERMINÉE SUR 20 ANIMAUX DE RACE LARGE WHITE :
10 mâles castrés (MC), et 10 femelles (F)
 (BUCHARLES C., GIRARD J.P., 1987)

Paramètre considéré	Type sexuel	Bardière externe	Bardière interne	Panne	Gras de moelle
C10:0	MC	0.08a±0.01	0.08a±0.01	0.12c±0.01	0.11b±0.01
	F	0.08a±0.01	0.08a±0.01	0.11b±0.01	0.12b±0.02
C12:0	MC	0.10a±0.01	0.10a±0.01	0.12b±0.02 _s	0.12b±0.01 _s
	F	0.10a±0.01	0.10a±0.01	0.13b±0.02	0.13b±0.01
C14:0	MC	1.57a±0.12	1.61a±0.09	1.80b±0.12	1.79b±0.09
	F	1.57a±0.10	1.58a±0.09	1.80b±0.13	1.79b±0.09
C16:0	MC	26.28a±1.12	26.69a±0.60	30.95c±0.81	29.17b±0.77
	F	25.95a±1.64	26.87a±0.92	30.58c±0.88	28.55b±0.87
C16:1	MC	2.94b±0.26 _s	2.83b±0.09	2.42a±0.23	3.09c±0.25
	F	3.15b±0.30	2.88b±0.35	2.34a±0.18	3.23c±0.31
C17:0	MC	0.40b±0.06	0.40b±0.04	0.29a±0.05	0.33a±0.05
	F	0.39b±0.09	0.39b±0.06	0.33ab±0.09	0.30a±0.06
C17:1	MC	0.41c±0.11	0.40c±0.07	0.23a±0.04	0.32b±0.06
	F	0.42bc±0.08	0.35bc±0.10	0.25a±0.07	0.37ac±0.21
C18:0	MC	14.28a±1.09 _s	14.71a±0.52	19.84b±1.28	15.18a±1.41
	F	12.01a±1.67	13.66b±1.83	18.85c±1.08	13.88b±1.43
C18:1	MC	44.19c±1.53	43.46c±0.81	37.76a±1.85	41.97b±1.79
	F	44.86c±1.61	43.77bc±2.69	37.33a±2.54	42.80b±2.04
C18:2	MC	8.66c±0.50 _s	8.55c±0.35	5.75a±0.57 _s	6.89b±0.74
	F	10.33b±2.10	9.26b±1.32	7.24a±1.26	7.85a±1.39
C18:3	MC	0.38b±0.05 _s	0.36bc±0.05 _s	0.29a±0.08 _s	0.33ac±0.08 _s
	F	0.50a±0.15	0.42a±0.10	0.41a±0.10	0.44a±0.08
Σ saturés (%)	MC	42.71a±1.92 _s	43.60a±1.90	53.11c±1.79	46.71b±1.79
	F	40.09a±3.00	42.68b±2.08	51.90c±2.25	44.78b±2.56
Σ monoinsaturés %	MC	47.43c±1.88	46.69bc±1,99	40.41a±1.93	45.38b±1.87
	F	48.42c±1.61	47.00bc±2.00	39.91a±2.59	46.34b±2.27
Σ polyinsaturés	MC	9.89c±0.66 _s	9.74a±0.31	6.51a±0.55 _s	7.93b±0.82
	F	11.52b±2.14	10.35b±1.44	8.22a±1.14	8.91a±1.53
Coefficient d'insaturation	MC	1.17b±0.01	1.17b±0.01	1.14a±0.02	1.14a±0.02
	F	1.19bc±0.03	1.18ac±0.01	1.17ac±0.03	1.16a±0.03
Coefficient de longueur de chaîne	MC	17.33c±0.03	17.32c±0.02	17.24a±0.02	17.26b±0.02
	F	17.33c±0.04	17.32c±0.03	17.24a±0.03	17.27b±0.02

Sur une même ligne, les moyennes effectuées d'une lettre identique ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.
 "s" indique une différence significative au seuil de 5 % due au type sexuel de l'animal.

Coefficient d'insaturation

Σ (% de chaque acide gras insaturé x nombre de doubles liaisons de l'acide gras considéré)

Σ (% de chaque acide gras insaturé)

Coefficient de longueur de chaîne.

Σ (% de chaque acide gras x nombre de carbone de l'acide gras considéré)

Σ (% de chaque acide gras)

4.1.2. Composition en acides gras des tissus adipeux

La composition en acides gras des dépôts étudiés est rapportée tableau 3. Ainsi qu'il apparaît, la couche interne de la bardière est légèrement plus saturée que la couche externe. Sa teneur plus élevée en acides gras saturés est compensée à la fois par des teneurs plus faibles en acides gras monoinsaturés et polyinsaturés. Les différences observées dans les teneurs en ces divers types d'acides gras, entre l'une et l'autre couche, ne sont cependant généralement pas significatives au seuil de 5 %, elles n'excèdent pas 2,5 %. Ce résultat est conforme à ceux obtenus, entre autres, par KOCH *et al.* (1968), PRABUCKI *et al.* (1985), WOOD et ENSER (1982), WOOD *et al.* (1986). Les différences observées par ces auteurs, supérieures aux nôtres dans l'ensemble, ne dépassent pas cependant 4,7 %. Pratiquement tous les acides gras sont concernés. Ainsi, les acides myristique C14:0, palmitique C16:0, stéarique C18:0 sont présents à des teneurs plus élevées dans la couche interne que dans la couche externe. A l'inverse, tous les acides gras monoinsaturés et polyinsaturés sont en concentration plus élevée dans la couche externe. Toutes ces différences ne sont, là également, pas significatives au seuil de 5 %. Selon WOOD (1973) cité par HENRY (1977), la différence de composition observée entre les deux couches de la bardière est à rapprocher d'une différence de cellularité : le diamètre des cellules varie à l'inverse de leur degré d'insaturation. Il serait donc plus important dans la couche interne que dans la couche externe qui, selon nos résultats (tableau 2), contient une proportion de lipides plus faible que l'autre couche.

Comparativement à la bardière, la panne apparaît beaucoup plus riche en acides gras saturés, 52 % environ contre 42 %. Corrélativement, ses teneurs en acides gras monoinsaturés particulièrement, et polyinsaturés à un degré moindre, sont plus faibles. Ces caractéristiques se répercutent sur la valeur du coefficient d'insaturation, plus élevé dans la bardière 1,17 que dans la panne 1,14. Bien que tous les acides gras saturés contribuent à la différence de composition entre la panne et la bardière, les acides palmitique C16:0 et stéarique C18:0 jouent un rôle majeur. Ce résultat est en accord avec celui de WOOD *et al.* (1986). Les teneurs en ces 2 acides, que nous avons mesurées, sont très élevées dans la panne : 31 % et 19 % contre 27 % et 14 % seulement dans la bardière. A l'inverse, la panne contient des acides gras insaturés : C16:1, C17:1, C18:1, C18:2, C18:3 à des teneurs plus faibles que la bardière. Sur ce point la différence la plus marquée est relative à l'acide oléique C18:1, 38 % dans la panne contre 44 % dans la bardière. Ce résultat confirme les écrits d'HENRY (1977) selon lesquels les acides gras insaturés sont localisés préférentiellement dans le gras dorsal sous-cutané et les acides gras saturés d'origine endogène dans les gras internes. Ce phénomène résulterait, selon FLANZY *et al.* (1965) de différences d'activité métabolique entre tissus. Outre la différence d'insaturation entre la panne et la bardière, nous en observons également une au niveau de la longueur de chaîne moyenne des acides gras constitutifs des triglycérides. La valeur du coefficient de longueur de chaîne est en effet plus faible dans la panne que dans la bardière, 17,24 contre 17,32, en raison des teneurs plus importantes en acides gras saturés plus courts.

Les quantités d'acides gras saturés, monoinsaturés et polyinsaturés présentes dans le gras de mouille sont, pour la plupart, intermédiaires à celles de la bardière et de la panne. Les teneurs en acides gras saturés à chaîne courte ou moyenne : C10:0, C12:0, C14:0, C17:0, ou à longue chaîne polyinsaturés : C18:2, C18:3, sont très proches de celles de la panne. Ce fait explique que les valeurs des coefficients d'insaturation et de longueur de chaîne sont presque

identiques, dans le gras de mouille, à celles de ce tissu. Les teneurs en acides gras monoinsaturés : C16:1, C17:1, C18:1, et en acide stéarique C18:0, sont soit intermédiaires à celles de la panne et de la bardière et plus proches de celles de la bardière, soit supérieures à celles mesurées dans ces deux dépôts adipeux.

4.1.3. Conclusion à l'étude de ce facteur

La comparaison de 3 types de dépôts adipeux bardière, panne et gras de mouille souligne l'influence de la localisation anatomique des gras sur leur composition, qui se répercute sur la consistance du tissu adipeux (tableau 4).

TABLEAU 4
VALEUR DES PARAMÈTRES LIÉS A LA CONSISTANCE
DES TISSUS ADIPEUX

En ce qui concerne la bardière, la valeur rapportée est la valeur moyenne entre les deux couches
(BUCHARLES C., GIRARD J.P., 1987)

	Type sexuel	Bardière	Panne	Gras de mouille
teneur en protéines du stroma	MC	6.58	3.36	6.19
	F	7.13	4.19	7.59
Teneur en C18:0 (%)	MC	14.50	19.84	15.18
	F	12.84	18.85	13.88
Teneur en C18:2 (%)	MC	8.61	4.75	6.89
	F	9.80	7.24	7.85
Coefficient d'insaturation	MC	1.17	1.14	1.14
	F	1.19	1.17	1.16

Ainsi qu'il apparaît, la panne se détache nettement des deux autres tissus, aussi bien par sa teneur en assise protéique faible, 3-4 %, contre 6-7 %, que par sa teneur en acide stéarique C18:0, très élevée, 19-20 % contre 13-15 % dans les autres tissus. A l'inverse, sa teneur en acide linoléique C18:2 est relativement faible et inférieure à celle du gras de mouille, la bardière en contient encore davantage.

Comparativement à la bardière, le gras de mouille contient une teneur en protéines à peu près identique. Celle en acide stéarique est légèrement plus élevée, et celle en acide linoléique légèrement plus faible. Les différences sont de l'ordre de 0,8 à 1 % pour l'acide stéarique et de 1,7 à 2 % pour l'acide linoléique. La valeur du coefficient d'insaturation de ce tissu est plus faible que celle de la bardière en raison de teneurs en acides gras saturés plus importantes, il est identique à celui de la panne.

Nous pouvons relier ces caractéristiques à la consistance des tissus gras. En raison de sa teneur très élevée en acide stéarique C18:0, la panne est un gras très ferme aux basses températures, 0-15°C, d'autant plus qu'il contient assez peu d'acide linoléique C18:2. Lorsque la température s'élève pour dépasser la température ambiante, en raison du fait que ce tissu contient peu d'assise protéique, son comportement devient celui d'un gras mou. A 30°C, selon FAVREAU *et al.* (1981), elle devient très fondante.

Les deux autres tissus adipeux étudiés sont beaucoup plus riches en armature collagénique de soutien. De ce fait, ils sont considérés comme gras durs à la température ambiante. La présence de cette armature s'oppose à l'écoulement des lipides lors d'une élévation de température au cours de laquelle le collagène se contracte puis se gélatinise, emprisonnant définitivement les lipides dans le réseau. Par contre, lors

d'un hachage poussé, l'armature collagénique est désorganisée. L'écoulement des lipides à partir du broyat s'effectue alors sans contrainte. Ce phénomène est accentué par l'insaturation des acides gras constitutifs des lipides de ces deux tissus.

Peu de travaux ont traité de l'influence du facteur localisation anatomique sur la fraction insaponifiable des lipides. Il semblerait toutefois, que la panne est plus riche que la bardière en androsténone, d'après les résultats de DUMONT et DESMOULIN (1972), BONNEAU et DESMOULIN (1975). Cette constatation pourrait découler du fait que ces auteurs ont remarqué une plus grande fréquence de désagréments olfactifs sur le premier tissu comparativement au second.

4.2. Influence du facteur nutritionnel

Chez un monogastrique comme le porc, la composition des graisses déposées reflète dans une large mesure celle des lipides ingérés, principalement au niveau des tissus adipeux sous-cutanés (DESMOULIN *et al.*, 1983a et b).

Comme mentionné dans l'introduction, les résultats que nous allons présenter sont ceux de deux études conduites avec l'INRA de St Gilles, en collaboration avec le regretté B. Desmoulin. Elles ont été réalisées respectivement au cours des années 1982-1983 et 1985-1986. Dans la première, 36 porcs de race Large-White ont été mis en expérimentation, le facteur étudié a été essentiellement le facteur nutritionnel ; pour ce faire, la moitié des effectifs a été alimentée avec des régimes à base de maïs, et l'autre moitié avec des régimes à base d'orge. Le facteur sexe, et le poids d'abattage, avec deux stades, l'un léger (95-100 kg), l'autre lourd, (115-120 kg), ont été également pris en considération. Cette étude a porté à la fois sur le tissu adipeux sous-cutané, la bardière, et le tissu musculaire, le Long dorsal. Dans la deuxième étude, 216 porcs Large White ont été soumis à 4 régimes différents, à base respectivement d'orge, d'orge + huile de coprah, de maïs, de maïs + huile de maïs. Cette expérimentation a porté sur des animaux mâles entiers, mâles castrés et femelles. L'introduction dans ces régimes d'huiles végétales comme l'huile

de coprah et l'huile de maïs a été réalisée dans le but d'étendre la gamme d'insaturation des lipides alimentaires, l'huile de coprah apportant des acides gras saturés, l'huile de maïs des acides gras longs polyinsaturés. Ces suppléments ont eu pour objectif d'une part de vérifier l'influence de la nature des lipides ingérés sur celle des lipides déposés, et d'autre part d'en quantifier les conséquences sur certaines propriétés fonctionnelles du gras (cf. paragraphe 2.1).

Il est à préciser que les porcs, dans les deux études, ont été nourris individuellement selon les types sexuels et la céréale du régime. Il a été tenu compte de la valeur énergétique plus élevée de 9 %, avec les régimes à base de maïs. Au delà de 60 kg de poids vif, les restrictions alimentaires appliquées aux mâles castrés ont été plus importantes que celles appliquées aux femelles et mâles entiers.

4.2.1. Composition en constituants essentiels de la bardière

Au niveau de ces constituants, l'influence de la nature des lipides ingérés apparaît peu importante. L'examen des valeurs moyennes rapportées tableau 5 révèle seulement une teneur en eau et matières volatiles significativement plus élevées ($P < 0.05$), dans le cas du régime à base d'orge comparativement aux trois autres régimes. La valeur de ce dernier paramètre s'établit à 10 % environ dans la première éventualité contre 8.9 % dans les 3 autres cas. Cependant, la matrice des corrélations, établie à partir de toutes les données prises individuellement, indique, quel que soit le régime, une corrélation, significative au seuil de 1 % et positive, entre l'état d'engraissement des carcasses et la teneur en eau et matières volatiles des bardières (tableau 6, r compris entre + 0.453 et + 0.708). La même relation avait été mise en évidence par WOOD et ENSER en 1982 sur des animaux de race Large White x Camborough. Ces auteurs avaient relié également l'état d'engraissement des animaux à la teneur en lipides des tissus adipeux. Dans le cadre de notre étude, cette constatation n'est pas confirmée. Enfin, la teneur en protéines apparaît très dépendante de la teneur en lipides des gras sous-cutanés quel que soit le régime, r compris entre - 0.873 et - 0.894, et indépendante de l'état d'engraissement.

TABLEAU 5
INFLUENCE DE LA NATURE DES LIPIDES INGÉRÉS SUR LES VALEURS DES PARAMÈTRES CARACTÉRISTIQUES DE L'ENGRASSEMENT DES CARCASSES ET SUR LES PROPORTIONS DES CONSTITUANTS ESSENTIELS DE LA BARDIÈRE (BUCHARLES C., GIRARD J.P., 1987)

Paramètres considérés	Nature de la fraction lipidique du régime			
	Orge + huile de coprah	Orge	Maïs	Maïs + huile de maïs
Etat d'engraissement	2.55a ± 0.43	2.80b ± 0.44	2.78b ± 0.27	2.72b ± 0.44
Adiposité	0.29b ± 0.04	0.27a ± 0.03	0.27a ± 0.04	0.27a ± 0.03
Teneur en lipides (%)	84.01a ± 5.52	81.49b ± 4.88	82.95ab ± 5.82	83.47a ± 4.82
Teneur en eau et matière volatiles (%)	8.92a ± 2.52	9.92b ± 2.44	8.38a ± 3.07	8.75a ± 2.28
Teneur en protéines du stroma (%)	7.16a ± 5.77	8.61a ± 5.03	8.72a ± 6.18	7.78a ± 4.18

Etat d'engraissement : poids de la longe / poids de la bardière.

Adiposité, calculée suivant DESMOULIN *et al.*, 1976.

Les moyennes ont été effectuées à partir des résultats obtenus sur 53 à 55 échantillons par régime. Les valeurs affectées d'une lettre identique, sur une même ligne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

TABLEAU 6
RÉSULTATS DES MATRICES DE CORRÉLATIONS EFFECTUÉES INDIVIDUELLEMENT POUR CHAQUE RÉGIME,
AU NIVEAU DES PARAMÈTRES CARACTÉRISTIQUES DE L'ENGRAISSEMENT DES CARCASSES, ET DES CONSTITUANTS
ESSENTIELS DE LA BARDIÈRE (BUCHARLES *et al.*, 1987)

Nature de la fraction lipidique du régime Paramètres considérés	Nature de la fraction lipidique du régime			
	Orge + huile de coprah	Orge	Mais	Mais + huile de maïs
Etat d'engraissement Adiposité	-0.906**	-0.922**	-0.914**	-0.896**
Etat d'engraissement Teneur en lipides	NS	NS	NS	NS
Etat d'engraissement Teneur en eau et matières volatiles	+0.708**	+0.551**	+0.515**	+0.453**
Etat d'engraissement Teneur en protéines du stroma	-0.274*	NS	NS	NS
Adiposité Teneur en lipides	NS	NS	NS	-0.297*
Adiposité Teneur en eau et matières volatiles	-0.695**	-0.643**	-0.559*	-0.619**
Adiposité Teneur en protéines du stroma	NS	NS	NS	
Teneur en lipides Teneur en eau et matières volatiles	NS	NS	NS	NS
Teneur en lipides Teneur en protéines du stroma	-0.894**	-0.879**	-0.873*	-0.881**
Teneur en eau et matières volatiles Teneur en protéines du stroma	-0.379**	-0.317*	-0.381*	NS

Seules ont été rapportées les valeurs des coefficients de corrélation significatives au seuil de 5 % (*) et 1 % (**)

TABLEAU 7
INFLUENCE DE LA NATURE DES LIPIDES INGÉRÉS SUR LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS, EN POURCENTAGE,
DE LA BARDIÈRE D'ANIMAUX LARGE WHITE
(BUCHARLES *et al.*, 1987)

Nature de la fraction lipidique du régime Paramètres considérés	Nature de la fraction lipidique du régime			
	Orge + huile de coprah	Orge	Mais	Mais + huile de maïs
C12:0	4.12b ± 3.15 (2.8)	0.27a ± 0.35 (Tr)	0.26a ± 0.35 (-)	0.16a ± 0.20 (-)
C14:0	9.17c ± 3.51 (7.7)	1.74b ± 0.99 (1.7)	1.62b ± 0.86 (1.4)	1.26a ± 0.70 (1.2)
C16:0	29.26c ± 1.75 (26.2)	28.07bc ± 4.76 (25.2)	26.12b ± 4.56 (22.0)	20.56a ± 4.14 (17.3)
C16:1	4.40c ± 1.92 (3.2)	2.88b ± 1.83 (1.9)	2.78b ± 1.69 (1.7)	2.00a ± 1.28 (1.1)
C17:0	0.29b ± 0.06	0.38c ± 0.09	0.31c ± 0.08	0.21a ± 0.06
C17:1	0.25b ± 0.05	0.36c ± 0.09	0.28b ± 0.08	0.14a ± 0.03
C18:0	13.01 ± 0.94 (14.4)	16.00c ± 2.83 (15.8)	13.41a ± 2.46 (14.0)	8.91b ± 1.61 (9.9)
C18:1	31.20a ± 2.03 (38.2)	40.12c ± 3.45 (47.0)	39.25c ± 2.54 (43.7)	32.33b ± 2.18 (35.3)
C18:2	7.16a ± 0.70 (7.4)	8.40b ± 1.12 (8.6)	14.02c ± 2.20 (17.3)	32.13d ± 3.04(35.3)
C18:3	0.48a ± 0.05 (Tr)	0.57b ± 0.07 (Tr)	0.47a ± 0.07 (Tr)	0.64c ± 0.08 (Tr)
C20:0	0.20a ± 0.04 (-)	0.27b ± 0.07 (-)	0.26b ± 0.05 (-)	0.20a ± 0.04 (-)
C20:1	0.74b ± 0.17	1.10c ± 0.39	1.00c ± 0.17	0.67a ± 0.10
C20:2	0.28a ± 0.04	0.49b ± 0.13	0.77c ± 0.16	1.39d ± 0.10
Σ saturés	55.93d ± 4.89 (51.3)	46.58c ± 3.48 (42.7)	41.86b ± 3.69 (37.4)	31.19a ± 3.87 (28.4)
Σ monoinsaturés	36.35b ± 3.51 (41.4)	44.13d ± 2.55 (48.9)	43.03c ± 1.74 (45.4)	34.94a ± 1.74 (36.4)
Σ polyinsaturés	7.81a ± 1.70 (7.4)	9.34b ± 1.53 (8.6)	15.15c ± 2.67 (17.3)	33.93d ± 3.64 (35.3)
Σ Insaturés toaux	44.17a ± 4.79 (48.8)	53.47b ± 3.45 (57.5)	58.18c ± 3.68 (62.7)	68.86d ± 3.79 (71.7)
Coefficient d'insaturation	1.20a ± 0.02 (1.15)	1.19a ± 0.02 (1.15)	1.28b ± 0.03 (1.28)	1.50c ± 0.02 (1.49)
Coefficient de longueur de chaîne	16.92a ± 0.09 (17.12)	17.40b ± 0.03 (17.43)	17.43c ± 0.03 (17.49)	17.53d ± 0.11 (17.60)

Les valeurs des coefficients d'insaturation et de longueur de chaîne ont été calculées selon les formules précisées tableau 3.
Les moyennes ont été effectuées à partir des résultats obtenus sur 43 à 45 échantillons par régime. Les valeurs affectées d'une lettre identique, sur une même ligne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.
Les valeurs portées entre parenthèses indiquent la composition des régimes.

4.2.2. Composition en acides gras de la bardière

L'influence de la nature des lipides ingérés sur celle des lipides déposés est illustrée tableau 7, où les répercussions de ce facteur sont rapportées au niveau de chaque acide gras.

Les teneurs en acides gras saturés et insaturés des fractions lipidiques de l'aliment et de la bardière sont voisines et proportionnelles (figure 1). Il convient de signaler l'originalité de ce résultat. En effet, à notre connaissance, aucun résultat similaire n'existe dans la littérature. L'examen de cette figure nous révèle la grande dépendance entre lipides déposés en fonction de celui des lipides ingérés. Cependant, l'évolution du coefficient d'insaturation des lipides déposés indique que l'effet est plus marqué pour les valeurs élevées du coefficient d'insaturation des lipides de l'aliment (tableau 7). Les profils de fusion obtenus par analyse enthalpique différentielle apparaissent également très dépendants de la nature du régime (figure 2). Il est important de constater à la vue de cette figure, pour expliciter certains mécanismes : émulsification, formation de mousses..., qu'aux températures classiques d'utilisation du tissu adipeux dans sa transformation en produits carnés, une grande partie des lipides se trouve à l'état fondu. C'est ainsi qu'à -5°C , 25 à 60 % des triglycérides se retrouvent à l'état fondu, tandis qu'à $+20^{\circ}\text{C}$, 70 à 85 % se présentent dans le même état physique. Il convient de constater sur le plan pratique que des tissus adipeux aussi extrêmes par leur composition, et en particulier par leur insaturation élevée, se rencontrent en cours de 3^e transformation.

La différence de composition entre les deux régimes de base, non supplémentés en huiles végétales, se répercute sur la bardière. En effet, les teneurs en acides gras saturés et insaturés de ce tissu sont de l'ordre de 47 et 54 % lors de l'ingestion du régime à base d'orge, et de 42 et 58 % dans le cas du régime à base de maïs. Ces valeurs sont tout à fait comparables à celles obtenues par CASTAING *et al.* en 1982, et GIRARD *et al.* en 1983. Parmi les 6 acides gras majeurs par leur concentration dans la bardière, seuls les acides stéarique et linoléique sont concernés par des différences de façon significative ($P < 0.05$), (tableau 7). Le premier de ces deux acides gras, comme déjà signalé, favorise, de par sa présence, la fermeté des tissus adipeux, tandis que le second présente l'effet inverse. Aucune relation n'a pu être mise en évidence entre les teneurs en acide stéarique d'une part, et en acide linoléique d'autre part, de la bardière. Par conséquent, la régulation métabolique constatée pour certaines espèces animales, selon laquelle l'acide linoléique exercerait une inhibition sur la réaction de transformation de l'acide stéarique en acide oléique, est en défaut chez le porc, en accord avec ENSER. L'examen de la figure 2, relative aux résultats de l'analyse enthalpique différentielle, indique une diminution très nette des quatre températures caractéristiques lors de la substitution de l'orge par le maïs dans l'alimentation, de l'ordre de 5 à 13 $^{\circ}\text{C}$.

La supplémentation du régime à base d'orge par de l'huile de coprah se traduit, au niveau de la bardière, par une augmentation du pourcentage d'acides gras saturés, de 47 à 56 %, aux dépens essentiellement des acides gras monoinsaturés, dont la teneur passe de 44 à 36 % environ. Les acides laurique C12:0, myristique C14:0, palmitique C16:0, palmitoléique C16:1 voient leurs teneurs augmentées presque toujours significativement ($P < 0.05$) par l'addition d'huile de coprah. L'effet inverse se manifeste sur tous les acides gras dont le nombre d'atomes de carbone est supérieur à 16, et plus particulièrement au niveau de l'acide oléique C18:1, dont la teneur diminue de 9 % environ. Une telle diminution de la teneur en acide oléique C18:1, consécutive à l'ingestion d'acides gras à chaîne moyenne, est en accord avec les travaux de DEMARNE *et al.* (1977).

FIGURE 1
RELATIONS ENTRE TENEURS EN ACIDES GRAS SATURÉS (a)
ET INSATURÉS (b), DANS L'ALIMENT ET DANS LA BARDIÈRE
(BUCHARLES *et al.*, 1987)

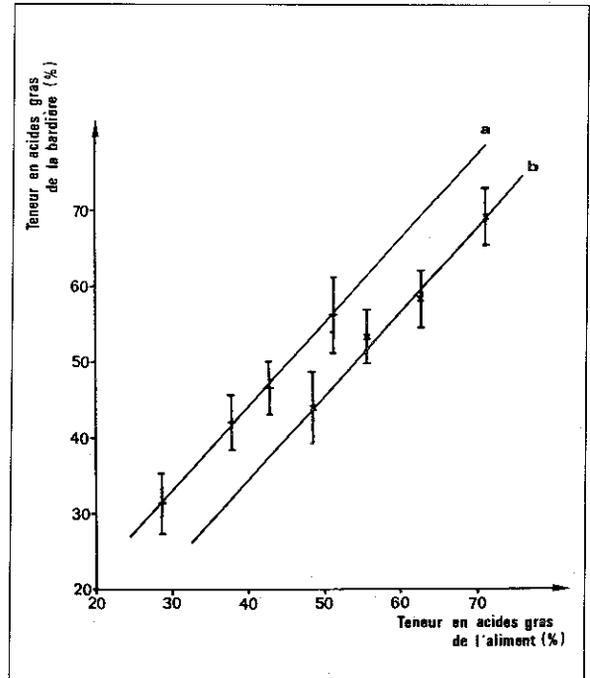
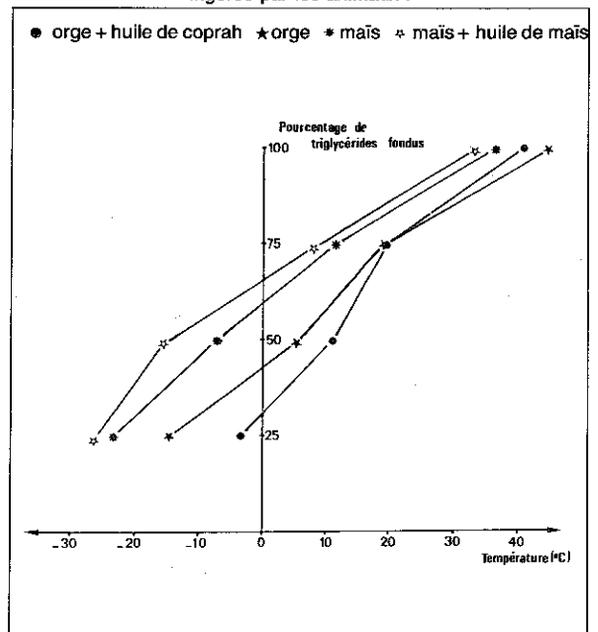


FIGURE 2
ÉVOLUTION, EN POURCENTAGE DE LA PROPORTION DE
TRIGLYCÉRIDES FONDUS, EN FONCTION DE LA
TEMPÉRATURE (BUCHARLES *et al.*, 1987)
Les résultats ont été obtenus par analyse enthalpique différentielle.
Les quatre courbes se distinguent par la nature des lipides
ingérés par les animaux :



T₂₅, T₅₀, T₇₅, T_c ou T₁₀₀: températures auxquelles 25, 50, 75 ou 100 % des triglycérides sont fondus.

La supplémentation du régime à base de maïs par de l'huile de maïs entraîne une augmentation très marquée, de 19 % environ, de la teneur en acides gras polyinsaturés de la bardière. Sur ce point, l'acide linoléique C18:2 est pratiquement le seul responsable. L'importance de l'augmentation de la teneur en acide linoléique s'explique par le fait que selon HENRY (1972), les acides gras insaturés d'origine alimentaire sont déposés préférentiellement dans la région sous-cutanée. A l'inverse, les teneurs en acides gras saturés et monoinsaturés de la bardière diminuent respectivement de 11 et 8 % environ. Les acides gras impliqués dans cette variation sont principalement les acides palmitique C16:0, stéarique C18:0 et oléique C18:1.

L'examen du tableau 7 nous révèle que lors, d'une part, de la substitution de l'orge par le maïs, puis, d'autre part, de l'addition d'huile de maïs, dans l'alimentation des porcs, les teneurs des 2 acides impliqués dans le déterminisme de la consistance du tissu adipeux évoluent en sens inverse, celle en C18:0 diminue d'un facteur, voisin de 2, tandis que celle en C18:2 augmente d'un facteur 4.

Les résultats de l'analyse enthalpique différentielle (figure 2) mettent en évidence deux effets antagonistes dus aux supplémentations de l'orge par de l'huile de coprah, et du maïs par de l'huile de maïs. Dans la première éventualité, les températures caractéristiques de fusion des lipides augmentent en général, l'effet est particulièrement marqué au niveau de la température pour laquelle 25 % des triglycérides sont fondus (T25). Dans la seconde éventualité, elles diminuent, et plus particulièrement, la température pour laquelle 50 % des triglycérides sont fondus (T50). C'est ainsi que les deux régimes supplémentés apparaissent extrêmes du point de vue de leurs températures de fusion.

4.2.3. Conclusion à l'étude de ce facteur

Les deux études réalisées ont porté sur un nombre d'animaux beaucoup plus important que celles généralement publiées.

Elles ont permis de confirmer que la composition des gras de dépôt reflétaient celle du régime, résultat bien connu, mais encore de montrer l'existence d'une réelle proportionnalité entre les teneurs en acides saturés et insaturés de l'alimentation et de la bardière. De ce fait, les profils de fusion obtenus par analyse enthalpique différentielle sont très dépendants de la nature du régime alimentaire. Il n'en demeure pas moins qu'aux températures d'utilisation du tissu adipeux dans sa transformation en produits carnés, une grande partie des lipides se trouve à l'état fondu, quelle que soit la nature du régime.

Hormis, son effet direct sur la composition en acides gras du tissu sous-cutané, l'alimentation peut jouer sur la quantité de cholestérol du tissu. C'est ainsi que SKELLEY *et al.* (1975) montrent que dans le cas d'une alimentation plus insaturée, la teneur en cholestérol de la bardière se trouve rehaussée. Aucune donnée, à notre connaissance, ne nous permet de conclure quant au déterminisme du facteur alimentaire sur la teneur en androsténone du tissu adipeux.

4.3. Influence du type sexuel

Afin d'éliminer les odeurs d'origine sexuelle, caractéristiques principalement de la viande ou des gras de porcs mâles entiers, il est d'usage en France de castrer, presque systématiquement (99 % de la population mâle), les jeunes mâles écartés de la reproduction.

L'influence du type sexuel a été prise en compte sur les animaux mis en expérimentation lors de l'étude des 2 facteurs précédemment décrits : les facteurs nutritionnel et anatomique. Dans le premier cas, les 3 types sexuels ont été comparés, dans le second, l'étude n'a porté seulement que sur des mâles castrés et femelles.

L'impact de ce facteur se traduit, par un état d'engraissement significativement plus faible, et une adiposité significativement plus élevée, au seuil de 5 %, des mâles castrés par rapport aux mâles entiers, quelle que soit la nature du régime (tableau 8), DESMOULIN *et al.*, 1983). L'effet de la castration des animaux sur les caractéristiques d'engraissement des carcasses, mentionné également par WOOD et ENSER, en 1982, s'explique vraisemblablement par une hypertrophie des cellules adipeuses (HENRY, 1977). Les femelles présentent des valeurs de l'état d'engraissement et de l'adiposité généralement intermédiaires à celles de ces deux types précédents d'animaux.

Parallèlement à l'augmentation du poids des dépôts gras (ALLEN, 1983) l'effet de la castration apparaît au niveau des teneurs en constituants essentiels (WOOD et ENSER, 1982 ; P. BARTON-GADE, 1985) quel que soit le tissu considéré (WOOD *et al.*, 1986). D'après nos résultats (tableau 8, cet effet ne se manifeste pas si on considère la teneur en lipides de la bardière.

Par contre, la teneur en eau et matières volatiles des bardières de mâles castrés comparativement à celles des mâles entiers diminue significativement dans la plupart des cas, au seuil de 5 %, de 2 à 4 % environ. Ce fait est la conséquence vraisemblablement d'un développement plus précoce des tissus adipeux chez les animaux mâles castrés que chez les animaux mâles entiers. Il a été observé également par WOOD et ENSER (1982). Si, selon ces auteurs, la castration augmente bien la teneur en lipides de la bardière, elle diminue corrélativement sa teneur en assise protéique. D'après nos résultats, la teneur en protéines de soutien est soit augmentée significativement ($P < 0,05$) soit non modifiée.

Les bardières d'animaux femelles sont généralement plus riches en lipides que celles des deux autres types d'animaux, les différences s'établissent entre 4 et 8 % environ. Ce résultat n'a pas été constaté lors de l'étude du facteur localisation anatomique où chaque couche de la bardière a été prise en compte. De même, il n'existe pas de différence de composition si on compare la panne de mâles castrés et de femelles. Seule la teneur en eau de la mouille est légèrement plus élevée chez ce premier type d'animaux. A côté de ces différences au niveau de la bardière considérée dans son intégralité, l'étude du facteur localisation anatomique a montré qu'il ne s'établit pas de différence dans la composition entre les deux couches de la bardière et de la panne d'animaux mâles castrés et femelles (tableau 2). Seule la teneur en eau de la mouille est légèrement plus élevée chez les animaux mâles castrés que chez les animaux femelles, 14 % environ contre 12 %.

L'effet du type sexuel sur la composition en acides gras de la bardière est illustré tableau 9. Il se traduit essentiellement par des teneurs en acides gras saturés plus élevées et de ce fait en acides gras insaturés totaux plus faibles chez les mâles castrés que chez les deux autres types d'animaux. Les différences observées ne sont pas toujours significatives ($P < 0,05$) si on compare mâles castrés et mâles entiers. Cependant l'effet est marqué entre mâles castrés et femelles (GIRARD *et al.*, 1983).

Les différences observées entre mâles castrés et mâles

TABLEAU 8
INFLUENCES DU TYPE SEXUEL DES ANIMAUX ET DE LA NATURE DES LIPIDES INGÉRÉS,
SUR LES VALEURS DES PARAMÈTRES CARACTÉRISTIQUES DE L'ENGRASSEMENT DES CARCASSES,
ET SUR LES PROPORTIONS DES CONSTITUANTS ESSENTIELS DE LA BARDIÈRE
 (BUCHARLES *et al.*, 1987)

Nature de la fraction lipidique du régime		Orge + huile de coprah	Orge	Maïs	Maïs + huile de maïs
Etat d'engraissement	M+MC+F	2.55a ± 0.43	2.80b ± 0.44	2.78b ± 0.27	2.72 ± 0.44
	M	2.70f ± 0.45	2.94i ± 0.40	2.92k ± 0.46	2.79n ± 0.39
	MC	2.25e ± 0.29	2.64h ± 0.45	2.46j ± 0.30	2.42n ± 0.40
	F	2.60f ± 0.38	2.73hi ± 0.44	2.86k ± 0.45	2.91n ± 0.43
Adiposité	M+MC+F	0.29b ± 0.04	0.27a ± 0.03	0.27a ± 0.04	0.27a ± 0.03
	M	0.27e ± 0.03	0.25h ± 0.02	0.26j ± 0.04	0.26m ± 0.02
	MC	0.31f ± 0.03	0.28i ± 0.04	0.29k ± 0.02	0.30n ± 0.03
	F	0.29f ± 0.04	0.28i ± 0.03	0.27jk ± 0.03	0.27m ± 0.03
Teneur en lipides (%)	M+MC+F	84.01a ± 5.52	84.49b ± 4.88	82.95ab ± 5.82	83.47a ± 4.82
	M	83.36e ± 4.03	81.34h ± 5.16	82.04j ± 4.36	81.27m ± 4.02
	MC	80.17e ± 5.44	83.14h ± 2.99	81.17j ± 5.72	82.89m ± 5.18
	F	88.63f ± 4.56	80.07h ± 5.70	86.24k ± 7.00	87.72n ± 2.58
Teneur en eau et matières volatiles (%)	M+MC+F	8.92a ± 2.52	9.92b ± 2.44	8.38a ± 3.07	8.75a ± 2.28
	M	10.55g ± 2.21	11.10 ± 2.40i	10.39k ± 2.54	9.73n ± 2.09
	MC	6.80e ± 2.03	9.65hl ± 2.57	5.43j ± 2.14	7.47m ± 1.88
	F	8.30f ± 1.53	8.32h ± 1.12	7.98k ± 2.02	8.40mn ± 2.33
Teneur en protéines conjonctives (%)	M+MC+F	7.16a ± 5.77	8.61a ± 5.03	8.72a ± 6.18	7.78a ± 4.18
	M	6.09g ± 3.50	7.61h ± 5.46	7.68j ± 4.62	9.00n ± 3.66
	MC	13.03f ± 6.64	7.21h ± 1.89	13.39k ± 5.72	9.64n ± 4.26
	F	3.41e ± 3.34	11.61i ± 5.47	5.78j ± 6.60	3.88m ± 1.91

Les valeurs des paramètres caractéristiques de l'adiposité des carcasses ont été calculées suivant les indications fournies au tableau 5. Les moyennes ont été calculées à partir des résultats obtenus sur 53 à 55 échantillons M + MC + F (mâles + mâles castrés + femelles) ou 14 à 24 échantillons M, MC, F. Elles ont été comparées 2 à 2, d'une part sur une même ligne, tous types sexuels confondus (M + MC + F) et d'autre part sur une même colonne avec type sexuel (M, MC, F).

Les valeurs comparées, affectées d'une lettre identique, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

entiers sont dues essentiellement à l'acide linoléique C18:2, dont la teneur est significativement plus faible ($P < 0,05$) chez la première catégorie d'animaux que dans la seconde, de 1,5 à 4 % environ, et ceci quelle que soit la nature du régime. Ce résultat est confirmé dans les deux expérimentations portant sur le facteur nutritionnel. Cependant dans la première expérimentation, les différences sont moins marquées (GIRARD *et al.*, 1983) du fait que dans l'étude du facteur sexuel nous n'avons pas dissocié les divers régimes alimentaires. Il est en accord également avec ceux obtenus par KOCH *et al.* (1968), MALMFORS *et al.* (1978a), SMITHARD *et al.* (1980), WOOD et ENSER (1982). L'acide linoléique contribue également à la différence observée entre mâles castrés et femelles, sa teneur est plus importante chez ces dernières. La teneur en acide linoléique, plus faible chez les mâles castrés que chez les autres animaux, dépend de l'adiposité des carcasses, ainsi que l'ont montré DESMOULIN *et al.* (1982) dans la première expérimentation. Suivant ces auteurs, une corrélation négative s'établit, en effet, entre ce paramètre et la teneur en acide linoléique de la bardière ($r = -0,77$). Par ailleurs, nous avons pu constater dans toutes ces expérimentations que la proportion d'acides gras insaturés est plus élevée chez les animaux femelles que chez les mâles castrés et ceci quel que soit le type de tissu concerné, première ou deuxième couche de la bardière, panne ou mouille (tableau 3).

L'étude du comportement à la fusion des lipides n'a porté que sur des animaux de sexe mâle entier et mâle castré. Il apparaît figure 3 que l'influence de la substitution de l'orge par du maïs est plus marquée dans la première catégorie d'animaux que dans la seconde. Il en va de même pour l'addition d'huile de maïs au régime à base de maïs. Par contre, chez

les animaux mâles castrés, seule l'addition d'huile de coprah à l'orge entraîne une augmentation importante des températures caractéristiques de la fusion des triglycérides T25 et T50 en particulier.

Relativement à l'insaponifiable, il convient de rappeler que les graisses de mâles entiers peuvent contenir des quantités de composés stéroïdes (de l'ordre de 6-7 $\mu\text{g/g}$ de lipides) (BONNEAU et DESMOULIN, 1982) susceptibles de conférer une odeur désagréable aux tissus.

4.4. Influence de l'âge et du poids

Comme pour tous les animaux, l'augmentation du poids chez le porc implique des changements quant à la répartition des différents tissus (os, muscle, gras). Les tissus adipeux, à la naissance, ne représentent chez le porc qu'une proportion très faible du poids de la carcasse, 3 % environ. Ils se développent ensuite de façon à atteindre une proportion importante de la masse corporelle.

Leur développement se fait selon deux modes : l'hyperplasie et l'hypertrophie, qui correspondent respectivement à une augmentation du nombre et du volume des adipocytes. Il semblerait que jusqu'à 2,5-3 mois, la croissance du tissu adipeux soit uniquement de type hyperplasique. Au-delà, et jusqu'à 4,5-5 mois, les deux modes se manifestent conjointement, tandis qu'après 5 mois l'hypertrophie seule entre en jeu (HENRY, 1977). Toutefois cette évolution du tissu adipeux varie selon le dépôt considéré. Ainsi, à une augmentation du pourcentage de gras sous-cutané, s'oppose une diminution de celui du gras intermusculaire (WALSTRA *et al.*, 1983). Si la part de graisse dans la carcasse d'un porc de 100 kg et son évolution au cours des quinze dernières années sont bien

TABLEAU 9

INFLUENCE DU TYPE SEXUEL DES ANIMAUX SUR LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS, EN POURCENTAGE, DE LA BARDIÈRE
Seules ont été rapportées les teneurs des six acides gras dominant quantitativement dans ce tissu
(BUCHARLES *et al.*, 1987)

Nature de la fraction lipidique du régime		Orge + huile de coprah	Orge	Mais	Mais + huile de maïs
Paramètres considérés					
C14:0	M	10.01b ± 3.66	1.74d ± 0.93	1.60f ± 0.80	1.26h ± 0.68
	MC	11.08b ± 4.30	2.53d ± 1.35	2.32f ± 1.18	1.81h ± 0.93
	F	6.96a ± 0.81	1.22c ± 0.07	1.18e ± 0.10	0.90g ± 0.10
C16:0	M	29.10b ± 1.25	28.19d ± 4.92	25.83ef ± 4.25	20.19g ± 3.89
	MC	31.23c ± 2.36	31.42d ± 6.09	30.03f ± 5.99	24.21h ± 5.42
	F	28.27a ± 0.65	25.68c ± 0.79	23.90e ± 1.13	18.62g ± 0.89
C16:1	M	4.56b ± 1.99	2.91d ± 1.69	3.01f ± 2.00	2.21h ± 1.52
	MC	5.76b ± 2.46	4.28d ± 2.55	3.63f ± 1.82	2.62h ± 1.32
	F	3.37a ± 0.36	1.91c ± 0.19	1.91e ± 0.21	1.31g ± 0.25
C18:0	M	12.47a ± 3.48	15.96cd ± 2.88	13.19ef ± 2.61	8.60g ± 1.75
	MC	11.08a ± 3.74	14.00c ± 3.44	12.29e ± 3.13	8.56g ± 2.05
	F	14.84b ± 1.07	17.40d ± 1.15	14.46f ± 1.18	9.54g ± 0.76
C18:1	M	29.99a ± 4.44	39.37c ± 3.04	38.75e ± 2.33	31.77g ± 2.02
	MC	28.18a ± 5.95	38.35c ± 4.70	37.47e ± 2.88	31.36g ± 2.78
	F	34.55b ± 1.78	42.26d ± 1.57	41.11f ± 1.15	33.73h ± 1.14
C18:2	M	7.46b ± 1.28	9.09d ± 0.89	14.84f ± 1.94	33.33h ± 3.16
	MC	5.95a ± 1.77	7.53c ± 1.45	12.20e ± 2.14	29.45g ± 2.87
	F	7.50b ± 0.71	8.11c ± 0.49	14.15f ± 1.96	32.30h ± 1.73
Σ saturés	M	56.65b ± 4.48	46.68cd ± 3.31	41.34e ± 3.13	30.51g ± 3.50
	MC	59.57b ± 6.42	48.77d ± 4.74	45.37f ± 4.41	35.10h ± 4.70
	F	52.84a ± 1.75	45.01c ± 1.62	40.21e ± 2.20	29.50g ± 1.25
Σ monoinsaturés	M	35.29a ± 3.16	43.37c ± 2.30	42.73e ± 1.39	34.54g ± 1.72
	MC	34.39a ± 4.18	43.18c ± 3.07	41.76e ± 1.98	34.41gh ± 2.10
	F	38.88b ± 1.82	45.74d ± 1.69	44.27f ± 1.19	35.82h ± 1.18
Σ polyinsaturés	M	8.36ac ± 1.23	10.03d ± 1.38	15.97f ± 2.44	35.07h ± 3.83
	MC	7.43a ± 1.14	8.09c ± 2.02	12.90e ± 2.85	30.65g ± 3.63
	F	8.33bc ± 0.75	9.29c ± 0.61	15.56f ± 2.06	34.59h ± 1.79
Σ insaturés totaux	M	43.65a ± 4.10	53.40cd ± 3.23	58.70f ± 3.10	69.61h ± 3.40
	MC	41.82a ± 5.16	51.26c ± 4.74	54.66 ± 4.42	65.06g ± 4.60
	F	47.21b ± 1.74	55.03d ± 1.62	59.83f ± 2.19	70.41h ± 1.48
Coefficient d'insaturation	M	1.21b ± 0.01	1.20d ± 0.02	1.29f ± 0.02	1.52h ± 0.02
	MC	1.19a ± 0.02	1.19d ± 0.01	1.27e ± 0.02	1.49g ± 0.03
	F	1.19a ± 0.02	1.18c ± 0.01	1.26e ± 0.03	1.50g ± 0.02
Coefficient de longueur de chaîne	M	16.67a ± 0.07	17.40c ± 0.04	17.44f ± 0.03	17.57h ± 0.02
	MC	16.99b ± 0.05	17.39c ± 0.03	17.42e ± 0.02	17.54g ± 0.02
	F	16.96b ± 0.08	17.40c ± 0.03	17.43ef ± 0.03	17.53gh ± 0.13

Les valeurs des coefficients d'insaturation et de longueur de chaîne ont été calculées suivant les formules précises tableau 3. Les moyennes ont été effectuées à partir des résultats obtenus sur 9 à 20 échantillons. Les valeurs correspondant aux différents types sexuels, mâles (M), mâles castrés (MC) et femelles (F) ont été comparées entre elles pour chaque alimentation. Lorsqu'une lettre identique leur est attribuée, elles ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

connues, comme précisé dans l'introduction, peu de données permettent, à notre connaissance, d'évaluer son importance dans une carcasse dont le poids excède 120 kg.

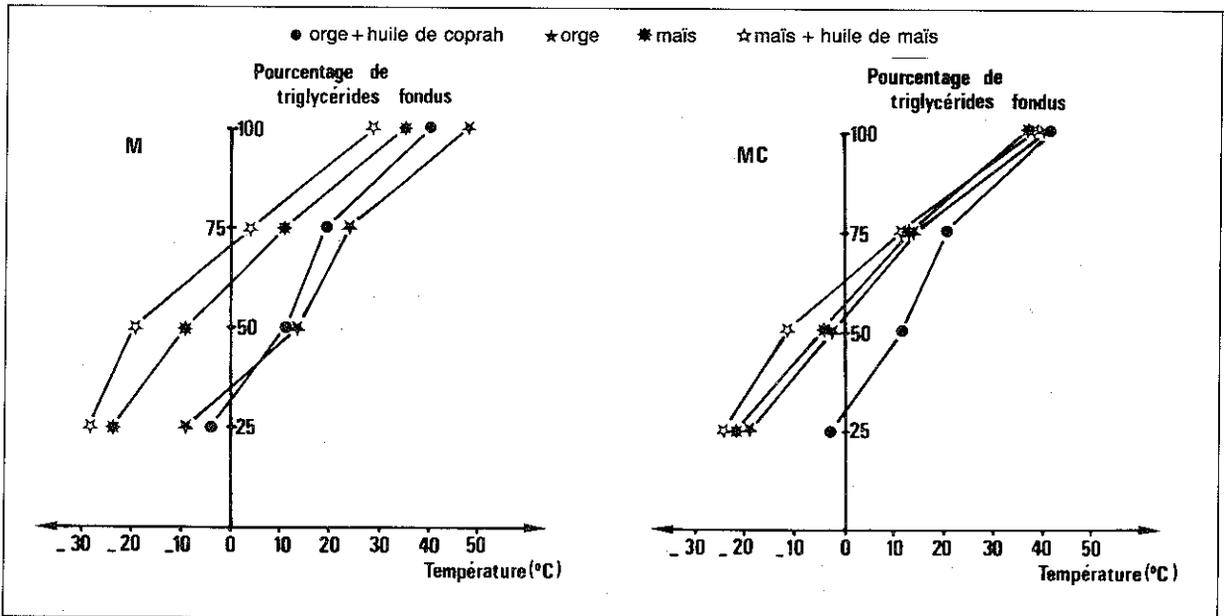
La composition du tissu adipeux en ces trois éléments essentiels, eau, lipides, armature protéique, évolue en fonction du poids. Les résultats de BUCHARLES (à publier) tendent à montrer que la bardière de porc de 120 kg est plus riche en lipides et moins riche en eau que celle d'un porc de 100 kg. Peu de travaux publiés nous indiquent si ce phénomène s'accroît au-delà de 120 kg et notamment chez des cochons de 200 kg.

La composition en acides gras des triglycérides des dépôts adipeux varie en fonction de l'âge des animaux, mais des résultats différents peuvent être observés suivant les conditions dans lesquelles ces animaux sont élevés et suivant leur race (PASCAL *et al.*, 1975).

En règle générale, chez le porc, animal monogastrique, le taux d'insaturation des graisses a tendance à décroître avec l'augmentation d'adiposité et donc avec l'âge (SINK *et al.*, 1964). Ces résultats sont confirmés par SCOTT *et al.* (1981), ainsi que par SELLIER (1983) qui note que l'indice d'iode de la graisse tend à diminuer avec ces deux facteurs. D'après les résultats de la première expérimentation sur le facteur nutritionnel, cet effet est faible ou nul dans le domaine de poids 100-120 kg (GIRARD *et al.*, 1983).

Par ailleurs, au niveau des lipides insaponifiables, l'évolution de l'âge et l'acquisition de la maturité sexuelle s'accompagnent, chez des animaux âgés de 6 à 7 mois, d'un fort accroissement de la teneur en androsténone, pour atteindre, dans certains cas, des valeurs voisines de 6 à 7 µg/g de lipides d'après BONNEAU et DESMOULIN (1982).

FIGURE 3
ÉVOLUTION, EN POURCENTAGE, DE LA PROPORTION DE TRIGLYCÉRIDES FONDUS EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE, CHEZ DES ANIMAUX MÂLES ENTIERS (M) ET MÂLES CASTRÉS (MC)
Les résultats ont été obtenus par analyse enthalpique différentielle (BUCHARLES *et al.*, 1987)



4.5. Influence de la race

Il convient de constater tout d'abord que l'étude du déterminisme de la race sur la qualité du tissu adipeux n'a été que très peu abordée jusqu'alors. De ce fait, nous avons entrepris, en collaboration avec l'I.T.P. et la Station de Génétique Quantitative et Appliquée de l'I.N.R.A., une étude comparative des caractéristiques physico-chimiques des tissus des quatre principales races porcines élevées en France. L'effectif animal mis en expérimentation s'est chiffré à 205, avec seulement des animaux femelles, et s'est réparti comme suit : 80 Large White, population témoin, 39 Landrace Français, 41 Piétrain et 45 Landrace Belge.

Au niveau des carcasses, les races à développement musculaire normal, c'est-à-dire, Large White et Landrace Français, se distinguent, des races "culardées" ou hypermusclées, Piétrain et Landrace Belge, par un pourcentage significativement plus élevé de gras total estimé, de l'ordre de 24 % pour les deux premières contre 16,7 % pour la race Piétrain, et 20,4 % pour les Landrace Belge (Tableau 10) ; ces données sont sensiblement plus faibles que celles, publiées par SELLIER en 1983 ; ce fait s'explique par la réduction substantielle de lipides des carcasses, ce gain génétique est d'environ 0,5 point par an. L'ordre de classement des races reste bien entendu le même.

Au niveau des tissus adipeux, l'étude a porté sur la bardière et la panne. Il ressort, de l'examen du Tableau 10, où sont rassemblées les valeurs de composition en constituants essentiels, que les bardières provenant de Landrace Français sont légèrement plus riches en lipides que celles provenant d'animaux des 3 autres races. Le fait saillant qui résulte de l'examen de ce tableau est que les animaux Piétrain se distinguent des autres par une bardière, pauvre en lipides (75 %), riche en eau (16 %), et en protéines (9,5 %). La teneur en eau de ce tissu peut atteindre 29 % dans les cas extrêmes. Le pourcentage d'eau de la panne des Piétrains se démarquent également de celui relatif au trois autres races, par contre sa teneur en lipides est sensiblement identique

quelle que soit la race, tandis que sa teneur en protéines est, à l'inverse de la bardière, plus faible pour les animaux Piétrain. Les différences entre panne et bardière sont bien celles rapportées, lors de l'étude du facteur localisation anatomique.

Les acides gras constitutifs des tissus adipeux des animaux à développement normal sont plus saturés que ceux des animaux "culards" (Tableau 11) en accord avec SCOTT *et al.* (1981). Ce résultat va de paire avec les valeurs plus élevées du pourcentage de gras estimé des carcasses de cette première catégorie d'animaux, conformément aux constatations énoncées au cours du paragraphe précédent (4.4.). Cette différence entre race au niveau des teneurs en acides gras saturés est imputable à l'acide stéarique C18:0. Par ailleurs, les Piétrains se distinguent des animaux des trois autres races par des tissus adipeux plus riches en polyinsaturés et, principalement, en C18:2 (Tableau 11), responsable à côté de l'acide stéarique de la consistance des tissus.

Les principales corrélations, qui s'établissent entre ces différents paramètres, rapportées et explicitées dans la communication de J. BOUT *et al.* (1988), à ces mêmes Journées de la Recherche Porcine, sont les suivantes : le pourcentage de gras estimé de la carcasse est corrélé positivement avec celui des lipides et négativement avec celui d'eau des tissus adipeux, +0,49 et -0,63 dans le cas de la bardière, +0,27 et -0,39 dans le cas de la panne ($P < 0,01$). Il est par ailleurs corrélé positivement avec le pourcentage d'acides gras saturés (+0,43) et négativement (-0,52), avec celui d'acides gras polyinsaturés de la bardière ($P < 0,01$). Ces corrélations confirment la plupart des résultats rapportés tout au long de cette étude.

L'étude des propriétés fonctionnelles des tissus adipeux provenant de ces différentes races est en cours.

Il convient de souligner en conclusion à l'étude de ce facteur que les effets de la race se traduisent principalement sur la composition en éléments essentiels du tissu adipeux, et à moindre titre sur celle en acides gras de la fraction lipidique, en accord partiellement, sur ce point avec PASCAL *et al.* (1975).

TABLEAU 10
COMPARAISONS DE CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DES CARCASSES ET DES COMPOSITIONS DES TISSUS ADIPEUX
(PANNE ET BARDIÈRE) PROVENANT D'ANIMAUX DE RACES DIFFÉRENTES (BOUT *et al.*, 1988)

Caractéristiques et composition	Race			
	Large White	Landrace Français	Piétrain	Landrace Belge
Critères de composition corporelle				
Poids d'abattage	100.1	99.5	99.8	100.2
% gras total (estimé)	23.6 ± 0.4c	24.3 ± 0.6c	16.7 ± 0.7a	20.4 ± 0.7b
Épaisseur de lard dorsal (mm)	16.7 ± 0.4b	16.7 ± 0.6b	13.2 ± 0.7a	16.4 ± 0.7b
Bardière (204 animaux)				
Teneur en lipides (%)	80.0 ± 0.8b	82.9 ± 1.1c	75.0 ± 1.2a	80.3 ± 1.2bc
Teneur en eau (%)	12.5 ± 0.4a	11.5 ± 0.6a	15.6 ± 0.7b	12.1 ± 0.6a
Teneur en assise protéique (%)	7.5 ± 0.6a	5.6 ± 0.8a	9.5 ± 1.0b	7.5 ± 0.9a
Panne (198 animaux)				
Teneur en lipides (%)	86.7 ± 0.7a	87.3 ± 1.0a	87.0 ± 1.2a	88.3 ± 1.1a
Teneur en eau (%)	8.3 ± 0.4a	8.3 ± 0.6ab	9.8 ± 0.6b	8.2 ± 0.6a
Teneur en assise protéique (%)	5.1 ± 0.6b	4.6 ± 0.8ab	2.8 ± 0.9a	3.5 ± 0.9ab

Sur une même ligne, les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %. Épaisseur de bardière établie à partir de la moyenne entre l'épaisseur au niveau du dos (dernière côte) et l'épaisseur au niveau du rein (au-dessus du muscle fasciae moyen). % de gras estimé (Hamelin, 1975 ; communication personnelle).

TABLEAU 11
COMPARAISON DE CERTAINES CARACTÉRISTIQUES RELATIVES À LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DE LA PANNE ET DE LA BARDIÈRE PROVENANT D'ANIMAUX DE 4 RACES DIFFÉRENTES

Composition en acides gras	Race			
	Large White	Landrace Français	Piétrain	Landrace Belge
Bardière (199 animaux)				
C18:0	15.22 ± 0.21b	15.81 ± 0.28b	13.87 ± 0.33a	14.40 ± 0.32a
C18:2	9.00 ± 0.16a	9.43 ± 0.22abc	10.14 ± 0.26c	9.62 ± 0.25b
Σ saturés	40.7 ± 0.3b	40.7 ± 0.4b	39.0 ± 0.5a	38.8 ± 0.5a
Σ monoinsaturés	49.0 ± 0.3a	48.5 ± 0.4a	49.1 ± 0.5ab	49.9 ± 0.4b
Σ polyinsaturés	10.3 ± 0.2a	10.8 ± 0.3ab	11.9 ± 0.3c	11.3 ± 0.3b
Coefficient d'insaturation	1.189 ± 0.004a	1.199 ± 0.005ab	1.214 ± 0.006b	1.206 ± 0.006b
Panne (199 animaux)				
C18:0	22.47 ± 0.24c	22.85 ± 0.34c	20.17 ± 0.39a	21.23 ± 0.38b
C18:2	7.93 ± 0.22a	7.97 ± 0.31a	10.32 ± 0.36b	8.36 ± 0.35a
Σ saturés	50.9 ± 0.3b	50.2 ± 0.4b	48.1 ± 0.5a	48.3 ± 0.5a
Σ monoinsaturés	40.1 ± 0.4a	40.8 ± 0.5a	40.4 ± 0.6a	42.3 ± 0.5b
Σ polyinsaturés	8.9 ± 0.3a	9.0 ± 0.4a	11.5 ± 0.4b	9.4 ± 0.4a
Coefficient d'insaturation	1.196 ± 0.005a	1.196 ± 0.007a	1.237 ± 0.009b	1.194 ± 0.009a

La valeur du coefficient d'insaturation a été calculée selon la formule précisée tableau 3. Sur une même ligne, les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

Parmi les tissus adipeux particulièrement concernés par la transformation en produits carnés, les bardières provenant de Piétrain sont les moins aptes en raison d'une part de leur teneur élevée en eau et d'autre part de leurs teneurs en acides saturés et polyinsaturés respectivement faible et élevée.

Relativement à l'effet de la race sur la teneur en androsténone, deux types de résultat se dégagent, la teneur plus élevée de ce composé, d'une part dans les graisses dorsales de Piétrain comparativement à celle de Landrace Belge selon BONNEAU *et al.*, 1979, et d'autre part, dans les tissus adipeux de Landrace comparés à ceux de Large White (MALMFORS *et al.*, 1978b). En ce qui concerne le cholestérol aucune donnée n'a été publiée à notre connaissance.

4.6. Autres facteurs

Certains facteurs environnementaux sont susceptibles de modifier la composition des tissus adipeux.

C'est ainsi que des animaux élevés à une température infé-

rieure à 15°C présentent une adiposité plus importante comparativement à celle d'animaux élevés à des températures comprises entre 16 et 21°C. Les conséquences sur la qualité du tissu adipeux sont celles signalées dans le paragraphe 1 et 4.4. Le fait que les porcs se trouvent placés à l'obscurité ou à la lumière ne se répercute pas sur la composition des tissus adipeux. Des études sur l'influence du type de logement : bâtiments semi-plein air et bâtiments fermés, sur celle du type de sols, il ressort, que ces facteurs n'ont aucun impact sur la composition des graisses. Par contre, selon BONNEAU et DESMOULIN (1982), la teneur en androsténone des graisses tend à être plus importante chez des animaux, élevés en groupe ou en présence de femelles, que chez des verrats, élevés en loge individuelle ou en l'absence de femelle, car une excitation d'origine sexuelle, ou autre, provoque une élévation de la teneur en androsténone des graisses. Enfin, nous n'avons pas constaté, parallèlement aux conséquences connues sur la viande, des effets du stress, de corrélation entre caractères PSE de la viande et sur la composition en constituants essentiels, et en eau en particulier, de chacune des 2 couches de la bardière.

DEUXIÈME PARTIE

LIPIDES ET QUALITÉS DU TISSU MUSCULAIRE, FACTEURS DE VARIATION

Josiane BOUT (1), J.P. GIRARD (2)

(1) Institut Technique du Porc, B.P. 3, 35650 LE RHEU

(2) Institut National de la Recherche Agronomique, Station de Recherches sur la Viande, Theix, 63122 CEYRAT

Au niveau des muscles il est d'usage de distinguer le gras intermusculaire ou marbré, déposé entre les muscles, du gras intramusculaire ou persillé qui résulte de l'infiltration du gras dans le muscle. Les lipides de réserve se rencontrent dans des cellules adipeuses différenciées, localisées pour le premier type de gras à la périphérie du muscle et pour le deuxième entre les fibres musculaires. Aux lipides de réserve s'opposent les lipides de structure, constituants de la membrane cellulaire. Ce sont, essentiellement des phosphoglycérides, du cholestérol et ses esters, et des sphingolipides, en petites quantités. Les proportions de ces lipides par rapport aux lipides totaux déposés dans le tissu musculaire du porc charcutier sont élevées, de l'ordre de 20 à 50 %, et de ce fait n'ont aucune commune mesure avec celles dans le tissu adipeux, où elles sont faibles. Il convient de constater qu'il existe peu d'études relatives au déterminisme des lipides sur la qualité des viandes de porc, comparativement à celles très nombreuses sur les conséquences de la quantité et de la nature des lipides déposés dans la carcasse et au niveau du tissu adipeux. Ceci tient vraisemblablement au fait que les lipides intramusculaires ne représentent que 1 à 2 % des lipides présents dans la carcasse et qu'ainsi leur rôle a longtemps été tenu pour négligeable. A l'heure actuelle leur importance est manifeste dans le déterminisme de l'ensemble des qualités organoleptiques, de l'aptitude à la transformation et des qualités nutritionnelles de la viande. Cependant, leur rôle est plus difficile à cerner au niveau de ce type de tissu, comparativement au tissu adipeux, en raison de sa complexité même, du nombre de métabolites présents et de leurs nombreuses possibilités d'interaction lors de l'application d'un processus.

1. LIPIDES ET QUALITÉS ORGANOLEPTIQUES DE LA VIANDE

1.1. Lipides et aspect général de la viande

Parmi les composantes de l'aspect de la viande on distingue couramment la couleur, le persillé, le marbré et le grain de la viande.

La couleur de la viande est liée principalement :

- à la quantité de pigment (myoglobine)
- à l'état chimique du pigment (forme oxydée, réduite, oxygénée)
- à l'état physique des autres composants de la viande.

En ce qui concerne le premier point, l'espèce, la race, le sexe, l'âge, l'exercice, etc., jouent un rôle déterminant.

L'état de fraîcheur de la coupe, la nature de l'atmosphère, la température d'entreposage, les interactions avec les composés lipidiques, etc. sont les éléments qui conditionnent l'état chimique du pigment. Enfin, le pH est à relier au troisième point, ce qui explique les anomalies de couleur des viandes exsudatives (PSE) ou à coupe sombre (DFD).

En dehors des interactions avec la myoglobine, dans lesquelles les lipides sont parties prenantes, ces composés, par leur concentration élevée, peuvent entraîner un éclaircissement de la couleur de la viande (DOWEIRCIAL *et al.*, 1978, GIRARD *et al.*, 1984).

C'est donc à plusieurs titres que les lipides sont impliqués dans l'aspect général de la viande.

1.2. Lipides et tendreté de la viande

Le collagène, constituant essentiel du tissu conjonctif, et la structure myofibrillaire, sont deux éléments particulièrement déterminants de cette qualité. Schématiquement on peut considérer que dans la viande crue maturée, le collagène est l'agent principalement responsable de la dureté tandis que, dans la viande cuite, sous l'action de la chaleur, d'une part, ce constituant est progressivement solubilisé et d'autre part la résistance des myofibrilles augmente rapidement. Par suite, selon les conditions de chauffage, le manque de tendreté résulte soit du collagène insolubilisé, soit de la résistance des myofibrilles, soit de la conjonction de ces deux effets.

En réalité la tendreté de la viande de porc ne constitue pas un problème, tous les muscles peuvent être consommés en

rôtis ou grillades. Nous mentionnerons cependant que les lipides peuvent jouer un rôle dans le déterminisme de cette qualité à deux titres soit par leurs quantités, soit par la nature des composants mis en jeu. C'est ainsi que HENNING *et al.* (1973), DAVIS *et al.* (1975), CROMWELL *et al.* (1978), ont constaté qu'une augmentation de la teneur en gras intramusculaire du Long dorsal de porc s'accompagnait d'une augmentation corrélative de la tendreté de la viande. C'est ainsi également, selon GROSSO (1986) que lors de la comparaison Large White/Duroc, les rôtis provenant de ces derniers se sont révélés plus tendres. Cette constatation est à associer aux différences de teneurs en lipides de ces rôtis (1,81 % pour les Duroc contre 1,11 % pour les Large White). Relativement à la nature des lipides présents, la tendreté de la viande pourrait résulter en partie de l'action des acides gras libres. Cet aspect a été détaillé par GIRARD et BUCHARLES (1985).

1.3. Lipides et jutosité de la viande

L'impression de jutosité ressentie au cours de la mastication résulte d'une part du suc libéré par la viande et d'autre part de la sécrétion de salive stimulée essentiellement par les gras. La jutosité ou succulence est donc liée à la quantité d'eau libre subsistante dans la viande, et à celle de gras présente après cuisson. Nous avons confirmé, sur des systèmes modèles constitués de viandes hachées à teneur croissante en gras de porc ou de bœuf, le bien-fondé de la deuxième partie de cette définition, relative au gras (GIRARD *et al.*, 1984). Pour des viandes de porc en l'état cette définition se trouve justi-

fiée. C'est ainsi que les viandes plus riches en gras provenant d'animaux Duroc sont jugées de jutosité supérieure aux viandes plus maigres de Large White (GROSSO, 1986).

1.4. Lipides et flaveur de la viande

La flaveur regroupe les perceptions olfactives et gustatives, c'est-à-dire le goût et l'odeur perçus au cours de la consommation. Dans un raccourci du langage courant cette qualité est assimilée au goût.

GIRARD et TOURAILLE (1985 a,b) ont recensé les différents facteurs tant *ante* que *post-mortem* déterminant sur la flaveur de différentes viandes. Dans tous les cas il s'avère que la teneur en lipides intramusculaires est primordiale quant à la flaveur du morceau, et qu'une valeur seuil de ce paramètre dans la composition de la viande est nécessaire pour que se développe la flaveur spécifique de l'espèce. Lorsque la teneur en gras intramusculaire augmente la viande présente une flaveur plus intense. C'est ainsi que dans la comparaison viandes de Duroc et de Large White mentionnée antérieurement, le jury de dégustation a attribué de meilleures notes de flaveur aux rôtis de Duroc dont la teneur en gras intramusculaire était plus élevée. Toutefois, au-delà d'une valeur, des teneurs élevées en gras sont préjudiciables à cette qualité.

2. LIPIDES ET APTITUDES A LA TRANSFORMATION DE LA VIANDE

Jusqu'ici nous avons examiné les critères de qualité de la

TABLEAU 12
TABLEAU SYNOPTIQUE D'UTILISATION POSSIBLE DE LA VIANDE EN FONCTION DE SON pH
DANS LES DIFFÉRENTES BRANCHES DE LA TRANSFORMATION
(GIRARD, 1976 et GIRARD *et al.*, 1986)

	Produit sec		Produit cuit	
	Saucisson sec	Jambon "sel sec"	Jambon de Paris	Pâtes fines
Viande à haut pH	Danger de développement rapide des bactéries			
	Utilisation avec des substances acidifiantes. Qualités du produit fini : médiocres.	Utilisation à proscrire mauvaise aptitude à la conservation (danger de putréfaction)		Rendement à la transformation excellent, inconvenient au niveau de la formation de bioxyde d'azote, compensé par l'utilisation d'acide ascorbique
Viande normale	D'une façon générale : les viandes à bas pH sont les plus appropriées (bonne pénétration de la saumure, conditions optima pour la formation de bioxyde d'azote et également pour la vitesse de séchage).		Dans cette catégorie les viandes à pH relativement élevé donnent les meilleurs rendements.	Utilisation de la viande en pré rigor ou dans la phase ultérieure à celle de la rigor.
	Viande maturée	Viande peu maturée		
Viande à chute rapide de pH et à pH ultime bas	Inconvenient d'utilisation : vitesse de séchage trop rapide.		Mauvais rendement	
	Produit fini de qualité médiocre. Un palliatif : présalage du maigre avant réalisation de la mûlée	Produit fini de qualité médiocre.	L'injection de saumure en pré rigor améliore le rendement	Utilisation à exclure
Viande congelée	Produit fini de qualité pouvant être médiocre (séchage le plus souvent trop rapide).	La pratique d'utilisation de ces viandes s'intensifie pour accélérer et favoriser la pénétration du sel. On peut émettre certains doutes sur la qualité du produit fini.		Rendement excellent pour : - viande congelée en pré rigor, - viande congelée et salée en pré rigor. Le maigre devra être travaillé sans décongélation préalable.

viande consommée directement en l'état. Si nous envisageons maintenant l'utilisation de la viande comme matière première de l'industrie de transformation, aux composantes subjectives, déjà énoncées, font place d'autres critères pratiques et plus objectifs, regroupés sous l'appellation générale d'aptitude à la transformation. A la base, les facteurs responsables de ces qualités et de cette aptitude sont souvent les mêmes.

La transformation concerne en France, environ 75 % de la consommation de viande de porc, comme nous l'avons signalé dans la partie introductive, la multiplicité des produits carnés exige des viandes présentant des aptitudes diverses. En effet, les buts visés dans les deux grands domaines de la transformation, le "sec" et le "cuit" sont opposés. Il s'agit dans le premier domaine, d'accélérer les transferts de matière en perdant l'humidité nuisible à la bonne conservation du produit carné ; dans le second domaine, le but visé, a contrario, est d'assurer le maximum de cohésion entre les différents constituants en limitant ces transferts. Relativement à ces aspects les critères essentiels à prendre en compte sont le pH et la rétention d'eau. La compilation des résultats de la littérature et le fruit de notre expérience nous ont permis d'édicter certaines règles simples regroupées tableau 12.

A côté du pH et du pouvoir de rétention d'eau, la quantité et la nature des acides gras intra- et intermusculaires peuvent agir également sur la cinétique de ces transferts, particulièrement dans le domaine du sec ; il convient cependant de noter que sur ce point ces composés jouent vraisemblablement un rôle secondaire ; par contre les modifications subies par les acides gras en cours de processus influencent en grande partie l'acceptabilité du produit carné. Plusieurs études de DESMOULIN *et al.* (1983a, 1983b, 1984a, 1984b) ont justifié le bien-fondé de cette affirmation. Ces auteurs ont appliqué différentes technologies de transformation à des viandes provenant de porcs dont les conditions de production ont permis de diversifier essentiellement les caractéristiques quantitatives et qualitatives des lipides des tissus musculaires et adipeux. Par ailleurs, les valeurs de pH et de rétention d'eau de ces viandes n'ont que très faiblement varié au cours de ces expérimentations. Les conclusions auxquelles ont conduit ces études sont résumées tableau 13.

TABLEAU 13
TABLEAU SYNOPTIQUE D'UTILISATION CONSEILLÉE
DE LA VIANDE DE PORC EN FONCTION DE LA QUANTITÉ
ET DE LA NATURE DES LIPIDES PRÉSENTS
(GIRARD *et al.*, 1986)

Produit sec Saucisson sec - Jambon sec	Produit cuit Jambon de Paris
L'utilisation des viandes mâles dans le domaine du sec, tend à limiter l'influence négative des composés sexuels présents dans ces viandes	
Les préférences gustatives vont aux produits transformés à partir de :	
Viandes riches en gras aux acides gras saturés et à longueur de chaîne moyenne	Viandes maigres aux acides gras longs et insaturés

2.1. Lipides et aptitude à la transformation en jambon cuit

Les préférences gustatives constatées dans les études de DESMOULIN *et al.* s'adressent aux jambons transformés à

partir de viandes maigres constituées, au niveau des lipides, d'acides gras insaturés à longue chaîne carbonée, c'est-à-dire, parmi les animaux de race Large White mis en expérimentation, aux femelles abattues au stade lourd (tableau 14). Ces conclusions corroborent un résultat antérieur de GUSTINEIC *et al.* (1976) et justifient le bien fondé des habitudes de la pratique qui consistent à éliminer le maximum de gras intermusculaire déposé entre les masses individualisées.

2.2. Lipides et aptitude à la transformation en produits secs

Une première constatation générale valable pour les 2 types de produits transformés, jambon sel sec et saucisson, qui ressort des études de DESMOULIN *et al.*, citées ci-dessus, est que l'emploi des viandes en charcuterie sèche tend à limiter l'influence négative des composés sexuels sur l'acceptabilité générale des produits.

La deuxième constatation relative à l'influence des quantités et de la nature des acides gras sur l'aptitude à la transformation des viandes en produits secs est également d'ordre général. L'utilisation de viandes de porc riches en gras et caractérisées par des acides gras saturés, débouche sur les produits les plus appréciés sur le plan de la saveur. Les préférences gustatives visent les viandes de porc mâle castré dans les résultats de DESMOULIN *et al.* (tableau 14). A l'opposé, les viandes maigres aux acides gras plus insaturés, notamment lors d'une alimentation à base de maïs (tableau 14) sont moins appréciées pour les emplois en charcuterie sèche, des difficultés de séchage déjà mentionnées et des difficultés de conservation seraient à l'origine des jugements défavorables des dégustateurs (FROUIN *et al.*, 1979).

3. LIPIDES ET APTITUDES A LA CONSERVATION DE LA VIANDE DE PORC

Les raisons invoquées dans la première partie, pour expliciter la faible conservabilité des tissus adipeux de porc, peuvent être transposées au niveau du tissu musculaire. Cette constatation explique que la viande de porc est moins conservable à l'état congelé que celles de ruminants (bœuf, mouton).

4. FACTEURS DE VARIATION DE LA QUANTITE ET DE LA NATURE DES LIPIDES DEPOSES

Imitant la démarche que nous avons adoptée au niveau du tissu adipeux nous allons passer en revue les facteurs susceptibles d'influer sur la nature et les quantités des lipides de la viande de porc. Cette revue sera établie à partir des résultats des études définies dans la partie introductive et des autres données de la littérature.

4.1. Effet de la localisation anatomique et du type de muscle

Les muscles d'une carcasse présentent des différences de teneur en gras importantes et liées à leur rôle physiologique. En règle générale, les muscles, à caractère rouge prononcé, sont plus riches en lipides. C'est ainsi qu'ALLEN *et al.* (1967b), ont remarqué que le Diaphragme (muscle de type rouge) était respectivement 2 et 3 fois plus gras que le Long dorsal et le *Psoas major*, qui sont tous deux des muscles de type blanc ou intermédiaire. De même, MALMFORS *et al.* (1978a et b) ont constaté que le *Quadriceps femoris* (muscle

rouge) contenait plus de lipides que le *Longissimus dorsi* (muscle blanc).

Dans une étude plus récente, GANDEMER *et al.* (1985), dans la comparaison de 3 muscles, *Longissimus dorsi*, *Transversus abdominis*, *Biceps femoris*, ne constatent pas de grosses différences entre les contenus en lipides totaux (et neutres), de ces 3 muscles, mais par contre considèrent que la teneur en lipides polaires est caractéristique du muscle étudié. Cette dernière est plus importante dans les muscles de type rouge généralement plus riches en mitochondries et donc en membranes cellulaires (ALLEN *et al.*, 1967b). Sur le plan qualitatif, toujours selon ces auteurs, la composition en acides gras des lipides polaires est constante ; celle en lipides neutres est influencée par le type de muscle considéré. Enfin, il convient de signaler qu'il existe une hétérogénéité dans la répartition des lipides au sein d'un même muscle. Ce phénomène est particulièrement sensible au niveau du Long dorsal de porc, le taux de lipides de ce muscle est significativement plus élevé au niveau de la 5^e vertèbre dorsale (2,75 %) qu'à celui de la 2^e vertèbre lombaire (2,1 %), la teneur en lipides neutres varierait donc avec le site considéré.

Selon MALMFORS *et al.* (1978a et b) la composition en acides gras est très dépendante du type de muscle. C'est ainsi qu'un muscle de type rouge (*Quadriceps femoris*) possède 6 à 7 % d'acides gras polyinsaturés de plus qu'un muscle de type blanc (*Longissimus dorsi*).

A côté de ces variations, il convient de signaler que le taux de cholestérol présent dans un muscle rouge est supérieur à celui d'un muscle blanc alors que ses esters sont en proportion constante quel que soit le muscle étudié (ALLEN *et al.*, 1967a).

4.2. Effet du facteur nutritionnel

L'étude relative à l'effet de l'alimentation sur la nature des lipides déposés dans le tissu musculaire a été menée conjointement à celle du tissu adipeux. Elle a porté sur 36 animaux Large White nourris avec deux régimes différents : l'un à base d'orge, l'autre à base de maïs. Les résultats de cette expérimentation (tableau 14) révèlent une différence significative au niveau de la teneur en gras intramusculaire du Long dorsal, suivant le régime auquel ces animaux ont été soumis. Dans le cas du régime à base d'orge la teneur en gras intramusculaire rapportée au muscle est de 1,76 % alors qu'elle atteint 2,08 % dans le cas d'une alimentation à base de maïs. Cette différence est imputable en grande partie à une variation quantitative des lipides neutres puisque dans ce muscle le pourcentage de lipides polaires est identique dans les deux régimes (0,41 %).

Si l'effet de l'alimentation est très marqué sur la composition en acides gras de la bardière, comme mentionné dans la première partie, cet effet est peu perceptible sur la nature des acides gras déposés dans le muscle. Deux différences significatives apparaissent cependant au niveau de l'acide palmitoléique C16:1, dans la fraction des lipides neutres, et de l'acide oléique C18:1, dans la fraction des lipides polaires (tableau 14). L'examen de ce tableau souligne plus de différences dans la composition en acides gras des lipides polaires que dans celle des lipides neutres.

Bien que peu de résultats n'étaient, à notre connaissance, cette hypothèse, il semblerait que les effets marqués de l'alimentation ne peuvent se traduire qu'à partir d'un seuil élevé de teneur en lipides du muscle.

Pour les utilisations en viande de boucherie, les qualités organoleptiques des viandes de porc dégustées sous forme rôtie ou grillée sont jugées équivalentes quel que soit le mode d'alimentation (maïs ou orge : DESMOULIN *et al.*, 1983a). De même SKELLEY *et al.*, 1975 n'ont pas remarqué de distinguo de flaveur entre muscles d'animaux nourris très différemment, quelle que soit leur orientation technologique.

Dans l'étude de SKELLEY *et al.* (1975), lorsque le régime est constitué uniquement d'orge donc très saturé, la teneur en cholestérol du *Longissimus dorsi* est rehaussée par rapport à un régime plus insaturé. Peu de données bibliographiques, à notre connaissance, nous permettent de conclure quant au déterminisme du facteur alimentaire sur les teneurs en androsténone du muscle.

En conclusion à l'étude de ce facteur, souvent considéré comme important sur la qualité de la viande, nous signalerons, que s'il joue un rôle primordial sur celle du tissu adipeux, les données relatives au tissu maigre d'un porc charcutier sont peu concluantes.

4.3. Influence du type sexuel

Cette étude, comme la précédente a porté sur 36 animaux Large White des trois types sexuels. Chez un porc de race Large White de 100 kg de poids vif, la teneur en gras intramusculaire du Long dorsal est plus élevée chez les mâles castrés (2,25 %), les femelles présentant une teneur plus faible (1,56 %) que les mâles entiers (2,03 %). Les différences entre femelles et mâles entiers sont plus prononcées que celles entre mâles et castrats. Ces résultats confirment ceux de MALMFORS et NILSON en 1978, sur des Landrace, et contredisent partiellement ceux de WOOD et ENSER en 1982 qui n'ont pas trouvé de différence entre les teneurs en gras du Long dorsal provenant de mâles entiers d'une part, et de mâles castrés d'autre part. Il est à noter que dans cette dernière étude les animaux mis en expérimentation étaient issus de croisement entre Large White et Camborough. Les relations qui s'établissent entre la précocité du développement tissulaire, et le sexe font l'objet de résultats contradictoires selon les auteurs, selon les caractéristiques génétiques des porcs étudiés.

Sur le plan qualitatif, les résultats présentés tableau 14 soulignent un effet marqué du type sexuel sur les acides gras du muscle. C'est ainsi que, les acides gras constitutifs des lipides neutres du Long dorsal sont globalement plus insaturés dans le cas des femelles comparées aux deux autres sexes. Les différences relatives à chaque acide gras et famille d'acides gras restent cependant faibles ; au niveau de la fraction polaire elles sont par contre fortes. L'insaturation des acides gras dans le cas des femelles et des mâles entiers dépasse largement celle des castrats. Nous confirmons les résultats de MALMFORS *et al.*, (1978a et b) relatifs aux concentrations plus élevées en acides linoléique C18:2 et arachidonique C20:4 chez les mâles comparativement aux castrats. Par contre relativement aux concentrations en ces deux acides les femelles se situent, suivant nos résultats, en tête du classement tandis que selon MALMFORS *et al.*, (1978a et b) elles se situent en deuxième position.

L'insaturation des graisses d'un animal est d'autant plus élevée que l'animal est maigre ; en effet dans ce cas, la part des lipides insaturés du régime prioritairement stockés dans les lipides corporels est augmentée par rapport à celle des graisses plus saturées synthétisées par l'animal (PASCAL et DESMOULIN, 1973). Cette règle est bien vérifiée lorsqu'on com-

pare les castrats aux deux autres groupes : femelles et mâles entiers relativement à l'insaturation globale des lipides neutres et des lipides polaires, au niveau également des teneurs en acide linoléique C18:2 et arachidonique C20:4, dans chacune de ces deux fractions. Elle est par contre en défaut lorsqu'on compare les femelles et les mâles entiers. Sur ce point, il faut remarquer que l'adiposité des porcs de ces deux sexes diffère peu, les femelles étant cependant légèrement plus grasses (tableau 14).

Les défauts d'odeur sexuelle très souvent attribués aux viandes mâles sont dus dans les viandes provenant de ces animaux à une concentration en androsténone supérieure à 0,5 µg/g.

4.4. Effet de l'âge et du poids d'abattage

Les animaux mis en expérimentation pour l'étude de l'influence du facteur nutritionnel ont été abattus à deux sta-

des différents : l'un dit léger 95-100 kg, l'autre dit lourd 115-120 kg. C'est sur ces deux types d'animaux que l'effet du poids d'abattage a été pris en compte. En accord avec les résultats de MALMFORS *et al.* 1978a et b, nous avons constaté une très légère variation de la teneur en gras intramusculaire du Long dorsal : 1,91 % pour le stade léger et 1,98 % pour le stade lourd, ce résultat n'étant pas significatif au seuil de 5 % (tableau 14). Les triglycérides sont responsables à part entière de cette différence tandis que les lipides polaires représentent une fraction à peu près constante. Il semblerait que cette tendance à l'augmentation du gras intramusculaire en fonction du poids se poursuive (LAWRIE *et al.*, 1963, ALLEN *et al.*, 1967a) jusqu'à 150 kg. Au delà, peu de publication ont trait à son évolution.

D'un point de vue qualitatif, l'augmentation du gras intramusculaire avec le poids s'accompagne d'une élévation de la teneur en acides gras saturés marquée pour la fraction lipides neutres (ALLEN *et al.*, 1967a), perceptible dès 55 kg de poids vif. Le degré d'insaturation de la fraction polaire ne varie

TABLEAU 14
EFFETS DU SEXE, DE L'ALIMENTATION, DU POIDS D'ABATTAGE SUR LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES LIPIDES
DU LONG DORSAL DE PORC DE RACE LARGE WHITE
(GIRARD *et al.*, 1983)

	Type sexuel			Alimentation		Poids d'abattage	
	Mâles entiers	Castrats	Femelles	Orge	Maïs	Stade léger	Stade lourd
Etat engraissement	2.44a	2.03b	2.31a	2.41a	2.15b	2.33a	2.14b
Adiposité	27.75	31.67	29.68	28.77	30.63	28.20	31.20
Nbre d'animaux	17	17	19	24	29	24	29
Teneur en lipides	2.03ab { 1.73±0.38	2.25a 2.02±0.40	1.56b 1.33±0.35	1.76b 1.58±0.42	2.08a 1.80±0.48	1.91b 1.56±0.44	1.98ab 1.81±0.49
Teneur en lipides polaires (g/100 g de viande)	0.40±0.07	0.41±0.06	0.43±0.08	0.40±0.07	0.43±0.08	0.42±0.08	0.41±0.07
Nbre animaux Lipides neutres	17	17	18	23	29	24	28
C14	2.25±0.67	1.95±0.39	2.17±0.42	2.08±0.41	2.16±0.59	2.12±0.50	2.13±0.54
C16	24.21a±0.68	24.01a±1.10	23.35b±0.88	23.82ab±0.84	23.87ab±1.06	23.89ab±1.12	23.77ab±0.83
C16 1 Δ	5.19c±1.25	6.01b±0.87	6.06a±0.71	6.48a±0.67	5.19c±0.89	5.61bc±1.09	5.89b±0.97
C18	12.19ab±1.38	11.92b±1.02	11.62b±1.12	11.71b±1.16	12.06ab±1.20	12.48a±1.18	11.41b±0.96
C18 1 Δ	49.74±1.89	50.18±1.52	49.86±2.16	49.80±2.09	50.02±1.67	49.93±1.53	50.43±1.97
C18 2 Δ	6.37a±1.39	5.84b±1.21	6.92a±1.55	6.03ab±1.45	6.67a±1.39	6.47a±1.09	
Degré d'insaturation de la fraction lipides neutres	67.67b	67.87b	69.76a	68.34b	68.55b	68.48b	68.96ab
Nbre animaux Lipides polaires	8	12	5	11	14	17	8
C14	0.65±0.3	traces	0.62±0.15	0.60±0.25	traces	0.78±0.38	traces
C16 R	traces	traces	traces	traces	traces	traces	traces
C16	23.88±2.23	26.13±3.61	25.74±0.39	23.73±1.86	26.61a±2.94	25.16b±2.49	25.75±3.58
C16 A Δ	3±0.4	traces	traces	3.50±0.38	traces	traces	traces
C18	8.69±1.16	9.73±1.76	7.34±0.69	7.97±1.01	9.62±1.81	8.41±1.23	9.93±2.11
C18 1 Δ	18.58±2.92	22.39±4.9	16.0±1.29	22.75±4.52	17.64±2.82	20.57±5.13	18.43±1.75
C18 2 Δ	34.49b±1.59	30.86c±5.29	37.40a±1.40	31.65bc±4.59	32.74b±8.98	32.44b±5.01	35.73b±1.59
C20	2.28±0.9	1.12±0.23	3.2±1.0	1.89±1.08		1.93±1.12	1.7±0.9
C18 3 Δ	0.68±0.12	traces	traces	0.63±0.17	traces	traces	traces
C20	0.90a±0.16	0.84b±0.31	0.90a±0.17	0.73c±0.25	0.89a±0.34	0.76±0.28	0.93±0.35
C20 4Δ	8.91b±1.04	6.09c±2.25	10.42a±1.37	7.13bc±2.09	8.43b±2.60	8.05b±2.63	7.44bc±2.06
Degré d'insaturation de la fraction lipides	128.24	108.47	132.48	119.96	116.84	117.67	119.65

Sur une même ligne, les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %. Les valeurs des paramètres caractéristiques de l'adiposité des carcasses ont été calculées suivant les indications fournies tableau 5. Degré d'insaturation = Σ % acides gras insaturés × nbre doubles liaisons de l'acide considéré. Les teneurs en lipides ont été mesurées suivant deux méthodes différentes.

pas en fonction de l'âge. L'augmentation de la teneur en acide oléique C18:1 et la diminution de celle en acide linoléique C18:2, de la fraction lipide neutre, rapportées par MALMFORS *et al.* (1978a et b) et relatives à des porcs de race Landrace abattus à des poids de 70 à 110 kg se dessinent à peine Tableau 14. Il convient de constater, dans de nombreuses publications, que l'effet d'autres facteurs, sexe, nature du muscle, alimentation, ne permet pas toujours de discerner, de façon concluante, celui propre au poids d'abattage.

Comme pour les dépôts adipeux sous-cutanés ou internes, l'acquisition de la maturité sexuelle avec l'âge se traduit par une augmentation en androsténone du tissu musculaire des mâles. Bien que les quantités en gras intramusculaire augmentent avec l'âge ou le poids, les quantités de cholestérol ne varient pas, le développement des cellules adipeuses, au-delà d'un certain stade, se fait par hypertrophie et donc ne correspond pas à une augmentation de composants membranaires.

4.5 Influence de la race

Les conditions expérimentales retenues pour l'étude de ce facteur sont celles rapportées, lors de l'étude de son influence sur la qualité du tissu adipeux.

Le fait saillant qui ressort de la comparaison interraciale est que le Long dorsal de Piétrain est significativement plus riche en lipides que celui des 3 autres races (Tableau 15). Selon la valeur de ce critère, le muscle de Landrace Belge se range en deuxième position, mais ne se distingue pas de façon significative de celui des races plus grasses. Cette distinction qui s'opère ainsi, entre les muscles d'animaux de races "culardes", ou maigres, et ceux d'animaux à développement normal, va dans le sens de celle faite par FABBRI *et al.*, 1971, LINGERKEN *et al.*, 1983, cités par SCHWÖRER *et al.*, 1987, SCHMITTEN *et al.*, 1984, cités par SCHWÖRER *et al.*, 1987, mais à l'encontre des résultats rapportés par UNSHELM *et al.*, 1972, LABER 1986, cités par SCHWÖRER *et al.*, 1987 et des idées communément admises et répandues. La faible teneur en eau des muscles d'animaux Piétrain, et à moindre titre de Landrace Belge, fait par contre unanimité (tableau 15), (MONIN *et al.*, 1986...).

La composition en acides gras des lipides du muscle Long dorsal est rapportée de façon globale pour chaque famille d'acides gras tableau 15, sans dissociation au niveau de chaque fraction neutre ou polaire, et sans spécification pour chaque acide gras. La prise en compte du coefficient d'insaturation ne traduit pas de différences notoires interraciales, avec cependant un pourcentage d'acides gras saturés plus faible chez les animaux "culards".

TABLEAU 15
COMPARAISONS DE CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DU LONG DORSAL PROVENANT DE 4 RACES DIFFÉRENTES
(BOUT *et al.*, 1988)

Paramètre considéré	Race	Large White	Landrace Français	Piétrain	Landrace Belge
% lipides		1.24 ± 0.07a	1.19 ± 0.10a	1.67 ± 0.11b	1.35 ± 0.11a
% eau		74.6 ± 0.2c	74.6 ± 0.2bc	73.7 ± 0.3a	74.1 ± 0.3ab
phospholipides en mg/g de viande		309 ± 125a	320 ± 130a	387 ± 137a	362 ± 158a
% saturés		39.8 ± 0.5b	39.4 ± 0.7ab	37.6 ± 0.8a	37.5 ± 0.8a
% monoinsaturés		49.0 ± 0.6a	48.4 ± 0.7a	52.4 ± 0.9b	50.6 ± 0.9a
% polyinsaturés		11.2 ± 0.7a	12.1 ± 0.9a	10.1 ± 1.01a	11.9 ± 1.0a
Coefficient d'insaturation		1.259 ± 0.017a	1.268 ± 0.022a	1.221 ± 0.026a	1.264 ± 0.025a

Les moyennes affectées de la même lettre sur une même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

La valeur du coefficient d'insaturation a été calculée suivant la formule précisée tableau 3.

Ces résultats ont été obtenus à partir de 197 animaux, exception faite du poids de phospholipides rapporté au poids du muscle, calculé sur 17 animaux de chaque race.

Dans le cadre de quatre études (TOURAILLE *et al.*, 1982, 1983, 1984 ; GROSSO, 1986) axées sur les qualités organoleptiques des viandes provenant de ces quatre différentes races, et de 2 races, Duroc et croisée Piétrain x Chinois et connues pour leur teneur élevée en gras intramusculaire, aucune ou peu de différences sont apparues entre les races françaises, par contre les races Piétrain x Chinois, comme le Duroc, s'en distinguent de façon importante. Les viandes provenant de ces deux dernières races sont plus prisées. Un travail est en cours à l'heure actuelle pour préciser, dans un éventail de teneur en gras intramusculaire, large et compris entre 1 et 4 % environ, la teneur optimum de la viande de porc consommée à l'état frais. Cette expérimentation fait intervenir en plus d'animaux des 4 races élevées en France, des animaux Duroc femelles et mâles castrés.

Le fait que la fréquence de désagréments lors de la dégustation concerne généralement plus les animaux mâles de race

Piétrain que Landrace Belge laisse à penser que les teneurs en androsténone sont supérieures chez cette première race. Enfin comme signalé, lors de l'étude du facteur précédent, des teneurs élevées en gras intramusculaire ne vont pas forcément de paire avec celles en cholestérol.

5. LIPIDES ET QUALITÉS NUTRITIONNELLES DE LA VIANDE DE PORC ET DES PRODUITS CARNES (GIRARD J.P. et RAMIHONE M., 1987)

Non seulement les lipides participent de façon essentielle au déterminisme des qualités organoleptiques et à celui de l'aptitude à la transformation des tissus adipeux et musculaires, mais ces composés de par leur état physique, leur quantité, leur nature, jouent un rôle biochimique important, leur relation avec la santé des consommateurs commence à être établie.

Leur état physique et leur nature sont deux éléments à prendre en compte dans le mécanisme de leur absorption. Relativement au premier point, il convient de signaler que les lipides de la viande et des produits carnés peuvent se présenter sous différentes formes. Ceux des viandes en l'état, et des produits à intégrité anatomique maintenue, proviennent des adipocytes et des membranes cellulaires. Ceux des produits carnés divisés se différencient par la taille des agglomérats, et des particules qu'ils constituent. Ces agglomérats peuvent varier entre un et plusieurs centimètres (saucisson, pâté), et les particules peuvent atteindre des dimensions comprises entre plusieurs dizaines de microns et un micron (pâtes fines). Les lipides peuvent également se retrouver sous différentes formes chimiques, acides gras libres en particulier, c'est le cas des produits fermentés de type saucisson, où les acides gras libres représentent 5 à 10 % des acides gras présents, soit 2 à 4 % du poids du saucisson. Un état de division poussé, comme un état d'hydrolyse important, facilite l'absorption de ces composés, de ce fait, ils peuvent être considérés, ainsi, comme partiellement pré-digérés dans les pâtes fines et le saucisson sec.

Relativement à l'apport de lipides, il convient de faire mention de l'ostracisme de la part de nombreux professionnels de la santé, qui s'attache à la viande en général, et à la viande de porc en particulier. Comme illustré tout au cours de l'exposé de cette deuxième partie, il ressort que la viande de porc est une viande maigre. L'apport de lipides par 100 g de viande crue, parée de son gras visible, n'exède pas dans la plupart des cas 1,5 à 2,0 g de lipides, soit le cinquième de la ration journalière préconisée dans la plupart des régimes, ou encore la même quantité de lipides que celle apportée par 100 g de lait demi-écrémé, ce qui devrait constituer les informations à faire passer auprès des média et des consommateurs.

L'apport de lipides par les produits à intégrité anatomique est supérieure mais reste cependant faible, 3-4 % dans le cas du jambon cuit, 5-6 % dans le cas du jambon sec en raison des pertes par déshydratation. Il convient de constater de façon paradoxale que l'ostracisme qui s'attache à la viande de porc, ne concerne pas le jambon de Paris dont il provient.

L'apport de lipides par les produits carnés divisés se situe à 30 % environ dans la charcuterie traditionnelle, pour atteindre 50 % pour certaines spécialités, type rillettes.

Outre la quantité de lipides, l'influence de la nature des acides gras ingérés est considérée comme pratiquement démontrée dans le déterminisme de l'athérosclérose. D'une façon générale, les acides gras peuvent être classés en fonction de leurs effets en 2, voire 3 catégories, acides gras saturés, acides gras insaturés, différenciés en mono- et poly-insaturés, leurs fonctions sont opposées, certains de ces acides sont bénéfiques, d'autres constituent des facteurs déclenchants et aggravants de l'athérosclérose. De ce fait une répartition équilibrée est conseillée dans l'alimentation, entre graisses saturées, mono- et poly-insaturées, suivant respectivement les ordres de grandeur, 7-10 %, 10 %, 7-10 %, des calories totales. Pour traduire ces effets, il est courant d'utiliser le rapport P/S entre le pourcentage d'acides gras polyinsaturés, sur celui d'acides gras saturés, ce rapport devant être proche de l'unité. La valeur du rapport P/S de la viande de porc, voisine de 0,2-0,3, la situe, sous cet aspect de la qualité, après les viandes de poulet, mais bien avant les viandes de ruminant (bovin, ovin).

L'apport de cholestérol exogène est considéré également, mais à un degré moindre, comme partie prenante dans le

déterminisme de l'athérosclérose. Il s'établit environ à 50 mg par 100 g de viande de porc, valeur comparable à celle des viandes de poulet et inférieure à celle des viandes de ruminant. L'apport de ce composé par les produits carnés divisés peut être calculé en tenant compte de cette valeur, de celle relative aux tissus adipeux qui s'élève à 350 - 500 mg/100 g de tissus, (SKELLEY *et al.*, 1975), et enfin des parts prises par chacun de ces tissus dans les différents produits.

REMERCIEMENTS

Outre les signataires de cet article, ont participé à l'obtention des résultats des quatre principales études rapportées dans cet article de synthèse :

M. BONNEAU - Madeleine BONNET - Christine BUCCHARLES C. DENOYER - B. DESMOULIN - P. ECOLAN - A. FROUIN - J.M. GROSSO - J. KOPP - J.P. RUNAVOT - P. SELLIER - C.W. YUAN

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN P., BRAY R.W., CASSENS R.G., 1967a J. Food Sci., **32**, 26-29
- ALLEN P., CASSENS R.G., BRAY R.W., 1967b J. Anim. Sci., **32**, 20-25
- ALLEN P., 1983. In : Fat quality in lean pigs. A Workshop in the CEC programme, Brüssels (Belgium), 145-160
- ANDERSON B., KAUFFMAN R.G., KASTENSCHMIDT L.L., 1972 J. Lip. Res. **13** (5), 593-599
- BARTON-GADE P.A., 1985 36th Annual Meeting of European Association for Animal Production : Kallithéa, Halkidiki, Greece, september 30
- BONNEAU M., DESMOULIN B., 1975 Journées Rech. Porcine en France, **7**, 215-224
- BONNEAU M., DESMOULIN B., 1982 Journées Rech. Porcine en France, **14**, 11-32
- BONNEAU M., DESMOULIN B., DUMONT B.L., 1979 Ann. Zoot. **28** (1) 53-72
- BOUT J., GIRARD J.P., SELLIER P., RUNAVOT J.P., 1988 Journées Rech. Porcine en France, 20
- BUCCHARLES C., GIRARD J.P., DESMOULIN B., YUAN C.W., BONNET M., 1987 Revue Française des Corps Gras, **34** (10)
- BUCCHARLES C., GIRARD J.P., 1987 I.A.A., **6**, 523-527
- CASTAING J., FEKETE J., GROSJEAN F., LEUILLET M., 1982 Journées Rech. Porcine en France, **14**, 209-222
- CROMWELL G., HAYS V., TRUJILLO-FIGUEROA V., KEMP J., 1978 J. Anim. Sci. **47** (2) 505-513
- DAVIS G., SMITH G., CARPENTER Z., CROSS H., 1975 J. Anim. Sci., **41** (5), 1305-1313
- DEMARNE Y., PERAZA CASTRO C., HENRY Y., FLANZY J., 1977 Ann. Biol. anim. Bioch. **17** (5B), 875-886
- DENOYER C., 1978 Doctorat d'Université obtenu le 18 mars 1978, Université Clermont II.
- DESMOULIN B., DONNART J., BONNEAU M., 1982 28th European Meeting of Meat Research Workers, Madrid, 467-470
- DESMOULIN B., GIRARD J.P., BONNEAU M., FROUIN A., 1983a Journées Rech. Porcine en France, **15**, 177-192
- DESMOULIN B., GIRARD J.P., BONNEAU M., FROUIN A., 1983b Viandes et Produits Carnés, n° spécial 93
- DESMOULIN B., GIRARD J.P., FROUIN A., 1984a Sciences des Aliments **4** (3), 197-205
- DESMOULIN B., GIRARD J.P., FROUIN A., 1984b 30th European Meeting of Meat Research Workers, Bristol, 190-191
- DESMOULIN B., GRANDSART P., TASSENCOURT L., 1976 Journées Rech. Porcine en France, **8**, 89-98
- DOWEIRCIAL R., GACH L., PISULA A., 1978 Die Nahrung, **22** (1), 35-40
- DUMONT B.L., DESMOULIN B., 1972 Journées Rech. Porcine en France, **4**, 231-236
- ELLIS N.R., ISBELL H.S., cité par ENSER M., 1983. In : Fat quality in lean pigs. Workshop in the CEC programme, held in Brüssels, 15-26

- ENSER M., 1983. *In* : Fat quality in lean pigs. Workshop in the CEC programme, held in Brüssels, 53-57
- FAVREAU G., MELAN A., SOLIGNAT G., 1981 Viandes et Produits Carnés, **2** (8), 23-27
- FLANZY J., RERAT A., FRANCOIS C., 1965 Ann. Biol. Bioch. Biophys. **5** (2), 237-247
- FABBRI R., MANFREDINI M., SEMPRINI R., 1971 Commission de Production Porcine, Réunion FEZ, Versailles, 17-24 juillet
- FROUIN A., DURAND G., BIDARD J.P., PASCAL G., 1979 Ann. Nutrition et de l'Alimentation, **33**, 28-29
- GANDEMER G., SHARMA N., VIAU M., 1985 Journées Rech. Porcine en France, **17**, 55-62
- GARCIA P.T., 1979 La Industria carnica latino americana **6** (26), 26-41
- GIRARD J.P., 1976 Journées Commission Porcine : qualités des viandes de porc, 8 avril, Jouy en Josas, série V, édité par l'ITP, 57-81
- GIRARD J.P., BUCHARLES C., 1985, I.A.A. **102** (6), 581-591
- GIRARD J.P., BUCHARLES C., GERARDOT L., DENOYER C., 1985a Les Lipides Animaux Vol. 1, 112p. - série synthèses bibliographiques CDIUPA, n° 38
- GIRARD J.P., DANTCHEV S., CALDERON F., 1985b Fleischwirtschaft, **65** (7), 811-814
- GIRARD J.P., DENOYER C., DESMOULIN B., GANDEMER G., 1983 Revue Française des Corps Gras, **30** (2), 73-79
- GIRARD J.P., RANDRIAMANARIVO M., DENOYER C., 1986 Les Lipides Animaux, Vol. II, 172p. Série synthèses bibliographiques, CDIUPA, n° 39
- GIRARD J.P., RAMIHONE M., 1987 Revue Française des Corps Gras, **34** (7/8) 327-332
- GIRARD J.P., SALE P., SIMATOS D., 1981 Sciences des Aliments, **1** (3), 329-350
- GIRARD J.P., TOURAILLE C., 1985a Filière Viande **8** (78), 25-29
- GIRARD J.P., TOURAILLE C., 1985b Filière Viande **8** (79), 27-30
- GIRARD J.P., TOURAILLE C., VANNIER M., BAYLE M.C., DENOYER C., 1984 Filière Viande **7** (70), 47-50
- GROSSO J.M., 1986 Mémoire de fin d'études. 44 p.
- GUSTINEIC V., KRAMER A., PRABUCKI A., 1976, Die Fleischwirtschaft **56** (8), 1151-1152
- HENNING W., MOODY W., KEMP J., 1973 J. Anim. Sci., **36** (6), 1063-1068
- HENRY Y., 1972 Revue Française des Corps Gras, **19** (6), 367-376
- HENRY Y., 1977 Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. **17** (5B), 923-952
- HOUBEN J.H., KROL B., 1983. *In* : Fat quality in lean pigs. Workshop in the CEC programme, held in Brüssels, 15-26
- KOCK D.E., PARR A.F., MERKEL R.A., 1968 J. Food Sci., **33**, 176-180
- KÜHNE D., 1983. *In* : Fat quality in lean pigs. Workshop in the CEC programme, held in Brüssels, 34-36
- LAWRIE R.A., POMEROY R.W., CUTHBERTSON A., 1963 J. Agric. Sci., **60**, 195-209
- MALMFORS B., LUNDSTRÖM K., HANSSON I., 1978a Swedish J., agric. Res., **8**, 25-38
- MALMFORS B., LUNDSTRÖM K., HANSSON I., 1978b Swedish J., agric. Res., **8**, 161-169
- MALMFORS B., NILSSON R., 1978 Swedish J. agric. Res., **8**, 209-217
- MONIN G., TALMANT A., LABORDE D., ZABARI M., 1986. Meat Sciences, **16**, 161-169
- PALLU R., 1971 La Charcuterie en France, tome I, R. Pallu, Paris
- PASCAL G., DESMOULIN B., 1973. XIX^e Réunion des Chercheurs en Viande, Paris
- PASCAL G., MACAIRE J.P., DESMOULIN B., BONNEAU M., 1975 Journées Rech. Porcine en France, **7**, 203-214
- PRABUCKI A.L., 1978 cité par HOUBEN et KROL B., 1983. *In* : Fat quality in lean pigs. Workshop in the CEC programme, held in Brüssels, 15-26
- PRABUCKI A.L., SCHWÖRER D., BLUM J.K., 1985 Proceedings in the 31th European Meeting of Meat Research Workers, Albena (Bulgarie)
- SCHEPER J., 1982 Die Fleischwirtschaft, **62**, 1062-1070
- SCHÖN I., 1978 Fleischwirtschaft, **58** (8) 1313-1319
- SCHWÖRER D., 1986 Der Kleinviehzüchter, **34**, 205-252
- SCHWÖRER D., MOREL P., REBSAMEN A., 1986 Der Tierzüchter, **39**, 392-394
- SCOTT R.A., CORNELIUS S.G., MERSMANN H.J., 1981 J. Anim. Sci. **53** (4), 977-981
- SELLIER P., 1983 Revue Française des Corps Gras, **30** (3), 103-111
- SINK J.D., WATKINS J.L., ZIEGLER J.H., MILLER R.C., 1964 J. Anim. Sci. **23**, 121-125
- SKELLEY G.C., BORGMAN R.F., HANDLIN D.L., ACTON J.C., Mc CONNELL J.C., WARDLAW F.B., EVANS E.J., 1975 J. Anim. Sci. **41** (5), 1298-1304
- SMITHARD R.R., SMITH W.C., ELLIS M., 1980 Anim. Prod. **31**, 217-219
- TOURAILLE C., MONIN G., BAYLE M.C., DAUZAT R., GARDETTE J.F., VERNIN P., 1984 Journées Rech. Porcine en France, **16**, 75-80
- TOURAILLE C., MONIN G., BAYLE M.C., VERNIN P., 1982 Journées Rech. Porcine en France, **14**, 33-36
- TOURAILLE C., MONIN G., LEGAULT C., 1983 Journées Rech. Porcine en France, **15**, 215-218
- WALSTRA P., BERGSTRÖM P.L., MATEMAN G., 1983. *In* : Fat quality in lean pigs. Workshop in the CEC programme, held in Brüssels
- WOOD J.D., 1973 Anim. Prod. **17**, 281-285
- WOOD J.D., 1983. *In* : Fat quality in lean pigs. Workshop in the CEC programme, held in Brüssels, 145-160
- WOOD J.D., BUXTON P.J., WHITTINGTON F.M., ENSER M., 1986 Livestock Production Science **15** (1), 73-82
- WOOD J.D., ENSER M., 1982 Anim. Prod. **35**, 65-74