

Trente ans d'évolution de la notion de qualité de la carcasse et de la viande de porc

G. MONIN (1), P. SELLIER (2), M. BONNEAU (3)

Institut National de la Recherche Agronomique

(1) Station de Recherches sur la Viande - 63122 Saint-Genès-Champagnelle

(2) Station de Génétique Quantitative et Appliquée - 78352 Jouy-en-Josas Cedex

(3) Station de Recherches Porcines - 35590 Saint-Gilles

Trente ans d'évolution de la notion de qualité de la carcasse et de la viande de porc

Cet article a pour objectif de décrire les principaux problèmes de qualité observés dans la filière de transformation et de distribution des viandes de porc. Il reflète le point de vue de chercheurs de l'INRA qui, s'étant préoccupé depuis longtemps de qualité des carcasses et des viandes de porc, font part de ce qu'ils ont perçu de changements intervenus, essaient d'en analyser les retentissements sur les pratiques de la filière, et tentent d'en déduire les évolutions prévisibles de la notion de qualité dans les prochaines années. Les différentes composantes de la qualité de la carcasse et de la viande et leur importance relative selon les époques sont passées en revue : composition de la carcasse, qualité microbienne, qualités technologiques des tissus maigres et gras, qualités de shopping et d'utilisation. Si le progrès réalisé en 30 ans a été régulier et finalement considérable en matière de composition corporelle, il apparaît modeste et plus fluctuant en matière de qualités des tissus (maigre et gras). La viande porcine souffre d'un certain déficit d'image, mais probablement moins que d'autres viandes ; elle a des atouts notables mais également des handicaps pour ce qui concerne les qualités d'utilisation. Pour prendre en compte la notion de "qualité globale", les auteurs suggèrent que le terme de "composition de la carcasse" soit substitué à celui de "qualité de la carcasse" dans son acception actuelle. La qualité de la carcasse engloberait alors la composition corporelle, la qualité microbienne et les qualités des tissus maigres et gras. Enfin ils s'interrogent sur l'intérêt d'une plus grande diversification des carcasses produites et commercialisées.

Thirty years of advancement in the notion of pig carcass and meat quality

This paper aims to describe the main quality problems observed in processing and distribution of pork. It reflects the point of view of INRA researchers who have been concerned since a long time with pig carcass and meat quality. They give their perception of the changes that occurred, analyse their consequences on the practices of the pig industry, and try to infer from them the foreseeable changes of the quality concept in the next years. The various components of carcass quality and meat quality, as well as their relative importance along the past years, are reviewed : carcass composition, microbial quality, technological qualities of lean and fat tissues, shopping, cooking and eating qualities. While the progress achieved since 30 years in carcass composition has been steady and finally considerable, it has been much less impressive and more fluctuating regarding quality of tissues. The image of pork is somewhat poor, but probably less than that of some other meats. It has noticeable assets but also handicaps regarding shopping, cooking and eating qualities. The authors suggest to replace the term "carcass quality", as used presently in France, by the term "carcass composition". Carcass quality should take a more global meaning including carcass composition, microbial quality and meat and fat quality. Finally, the authors speculate about the possible interest of a greater diversification of the marketed carcasses.

INTRODUCTION

Cet article a pour objectif de décrire l'évolution de la notion de qualité dans la filière de transformation et de distribution des viandes de porc. Il reflète le point de vue de chercheurs de l'INRA qui, s'étant préoccupé depuis bientôt 30 ans de qualité des carcasses et des viandes de porc, constituent en quelque sorte les "disques durs" de ce domaine de recherche dans l'Institut. Ils ne sont des spécialistes ni d'économie ni de sociologie, mais sont des techniciens qui ont exercé leur activité à différents niveaux de la filière (amélioration génétique, élevage et transformation de la viande). Ils font part de ce qu'ils ont perçu, depuis ces postes d'observation, des changements intervenus dans ce secteur, essaient d'en analyser les retentissements sur les pratiques de la filière porcine, et d'en déduire les évolutions prévisibles de la notion de qualité dans les prochaines années.

Sans aucun doute, **la notion de qualité des produits alimentaires et particulièrement des viandes** a considérablement évolué au cours de l'Histoire, au moins dans le monde européen. Jusqu'à une période récente, la valeur nutritionnelle de la viande était indiscutée. De plus, on lui reconnaissait des qualités gustatives qui en faisaient un aliment recherché. La littérature témoigne de cette place de choix depuis l'Antiquité (1). Au Moyen-Age, les tables des riches se faisaient remarquer avant tout par l'abondance des viandes et des poissons. Certes, la consommation des viandes n'allait pas sans quelques inconvénients : la transmission de parasites n'était pas rare. C'était un moindre mal, que l'on prévenait par une cuisson soignée et traitait par des purges. Par contre, on craignait peu les intoxications, car très tôt après l'abattage, en l'absence de moyens de conservation, la viande était consommée ou salée. Ce **statut privilégié de la viande** s'est peu à peu dégradé, surtout depuis quelques décennies où son intérêt nutritionnel a été remis en cause, et où la méfiance s'est installée envers un produit soupçonné de véhiculer des substances néfastes, qu'elles soient d'origine naturelle (acides gras saturés, cholestérol) ou apportées par les pratiques d'élevage (hormones de synthèse, antibiotiques, métaux lourds, voire prions).

Jusque dans les années 1930, le porc a été utilisé par l'homme autant et sinon plus pour fournir du lard que pour fournir de la viande, et on a exploité surtout son aptitude à s'engraisser précocement. L'objectif de l'élevage du porc a radicalement changé par la suite : en matière de **qualité du produit**, une exigence forte, qui ne s'est pas démentie jusqu'à présent et a été encouragée par la mise en place, dès les années 1950-1960, de grilles de classement commercial et de systèmes de paiement "à la qualité", a été la recherche de carcasses présentant une **proportion croissante de tissus maigres**, au détriment des tissus gras et notamment du dépôt sous-cutané de gras dorsal. Parallèlement à la complexification des circuits de commercialisation et à la diversification

des modes de consommation, de **nouvelles exigences de qualité** se sont progressivement fait jour, parmi lesquelles celles qui nous paraissent les plus importantes concernent :

- la qualité microbienne, exigence ancienne mais renouvelée constamment avec l'allongement du délai entre abattage et utilisation de la viande fraîche (consommation en l'état ou transformation) et le développement continu de nouveaux modes de distribution des produits frais ou transformés (tranché préemballé) ;
- la qualité technologique, avec l'industrialisation très forte de la transformation au cours des trois dernières décennies, conduisant logiquement à la recherche de la constance dans les rendements de fabrication et les caractéristiques des produits ;
- la qualité d'utilisation, c'est à dire rapidité et facilité de préparation, économisant le temps de la cuisinière tout en la gratifiant d'une légitime satisfaction ;
- enfin, tout récemment, pour une fraction modeste mais croissante de la population, la qualité "écologique", traduisant le souci du respect de l'environnement et du bien-être des animaux

Bien entendu, l'attention apportée à chacune de ces qualités varie selon l'acteur considéré : le salaisonnier sera attentif aux qualités microbiennes et technologiques, tandis que le consommateur s'attachera aux qualités sanitaire, d'utilisation, sensorielles et écologique. L'impact économique de ces exigences est difficile à mesurer. Cependant, chacun peut en observer des conséquences très importantes dans son champ d'activité : multiplication des cahiers des charges entre abatteurs et transformateurs (conduisant au tri des matières premières dès l'abattoir et, plus en amont, au choix des types génétiques), renforcement des normes régissant la chaîne du froid ; substitution de certaines types de viandes à d'autres, etc...

Dans cet article, nous insisterons sur les aspects de qualité qui sont sous le contrôle direct de l'éleveur, ou pour lesquels son apport est primordial. Mais nous essaierons néanmoins de balayer l'ensemble des problèmes de qualité des carcasses et des viandes, afin que le lecteur puisse replacer son activité dans ce cadre global.

1. COMPOSITION DE LA CARCASSE

La "qualité" du porc d'abattage a été longtemps synonyme de composition tissulaire de la carcasse (rapport muscle/gras). Une grande importance a toujours été accordée par la profession porcine au problème du classement commercial des carcasses et du choix des critères techniques fondant ce classement. C'est au milieu des années 1950 que remonte la première définition, encore subjective, d'une grille de cotation commerciale des carcasses de porc ("complet", "coupe", "gras"). Sa mise en œuvre sur le périmètre des Halles de Paris a ouvert l'ère de la "belle coupe" selon

(1) *Une fois les tables desservies au son de l'orchestre, on amena dans le triclinium trois cochons blancs ornés de muselières et de grelots, âgés l'un de deux ans, l'autre de trois et le troisième, déjà de six... "Lequel de ces porcs, nous dit-il, voulez-vous qu'on prépare tout de suite pour le dîner ?"*

l'expression utilisée par ZERT (1970). A partir des années 1960, sous l'impulsion de l'Institut Technique du Porc, un système de classement plus élaboré, connu sous le nom de "grille ITP" (avec les classes A1, A2, B, C, ... pour le porc charcutier), s'est progressivement mis en place à l'échelon national : il visait à rendre compte de l'aptitude à l'emploi des carcasses, et reposait sur la mesure de l'épaisseur de lard dorsal et une appréciation visuelle de la conformation des principaux morceaux (jambon, longe, poitrine). Il nous faudrait ici plusieurs pages pour retracer toute l'histoire de la classification commerciale des carcasses de porc, de la grille ITP établie en 1962 à l'actuel classement basé sur la "teneur en viande maigre" (TVM), instauré en juin 1997, en passant par les versions successives de la grille communautaire (classes E, I, II, III, IV puis EE, E, U, R, O, P et enfin estimation instrumentale du pourcentage de muscle). De nombreux écrits témoignent des discussions longues et difficiles qui ont entouré chaque changement de grille de classement et les efforts d'harmonisation entre les Etats membres de la Communauté Européenne : voir, par exemple, ZERT (1970), HAMELIN et DESMOULIN (1975), DESMOULIN (1978), DESMOULIN et al (1984), POMMERET et al (1984), GUÉBLEZ et al (1985), DAUMAS et DHORNE (1992, 1996), DAUMAS et al (1998). Dans ce domaine, le tournant majeur est intervenu en 1984-85, avec la publication des règlements CEE n° 3220/84 et n° 2967/85. Ils rendaient obligatoire, dans un délai de quelques années, l'emploi de méthodes uniquement objectives pour classer les carcasses de porc sur la base de leur teneur en muscle, estimée à partir de mesures automatisées d'épaisseurs de gras et de muscle et d'équations de prédiction qui ont évolué dans le temps (DAUMAS et DHORNE, 1996). L'utilisation des appareils à classer (principalement le FOM, le SPC et le CGM, dans l'ordre chronologique) s'est généralisée en France à partir de la fin des années 1980 pour un classement des carcasses se référant explicitement à leur taux de muscle puis, tout récemment, à leur teneur en viande maigre.

L'existence même de grilles de classement des carcasses et de paiement différencié en fonction du classement a été un élément déterminant pour inciter les éleveurs de porcs à produire des animaux de plus en plus maigres. La relation favorable existant entre taux de muscle et efficacité alimentaire du porc en croissance était également un argument en faveur de cette orientation de la production. L'ensemble des acteurs de l'amont de la filière porcine ont œuvré dans ce sens par le biais de la sélection des races pures, du recours à de nouveaux types génétiques, de la composition de l'aliment, de la pratique du rationnement, etc... La génétique a joué un rôle majeur dans ce domaine : l'objectif central des programmes d'amélioration génétique, relativement facile à atteindre puisque le caractère concerné est fortement héréditaire, a été en effet depuis une trentaine d'années la réduction de l'adiposité des carcasses. Le travail des sélectionneurs de porcs a d'ailleurs été grandement facilité par la mise au point, dès les années 1955-60 (cf. la publication "pionnière" de DUMONT, 1957), de méthodes non-invasives (ultra-sons) permettant de mesurer avec précision l'épaisseur de lard dorsal sur l'animal vivant et donc de prédire la teneur en gras de la carcasse. Il vaut d'être noté ici que l'étroitesse de la liaison génétique entre l'épaisseur de

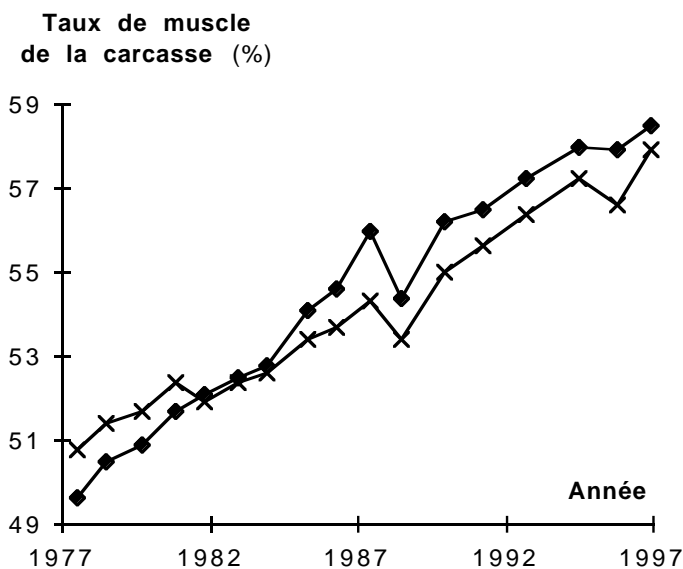
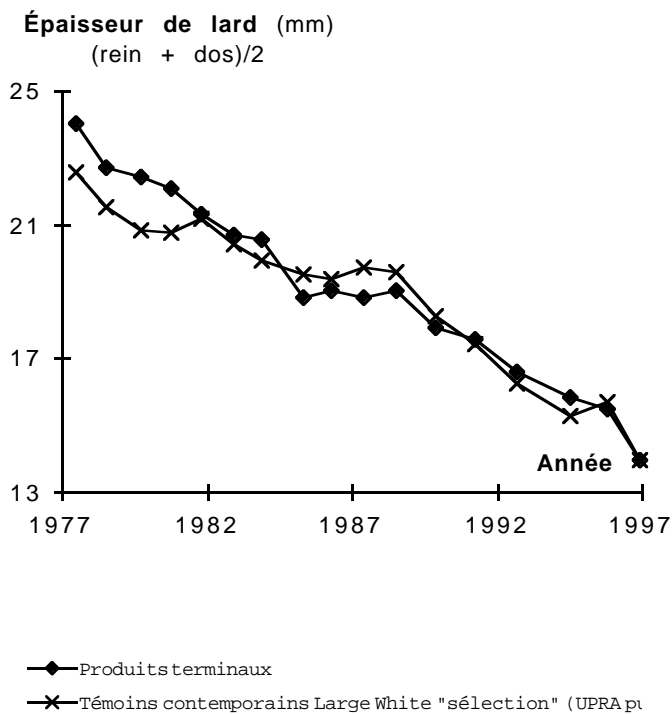
lard dorsal mesurée aux ultra-sons et la teneur en muscle de la carcasse (telle que prédite par les résultats d'une découpe normalisée) ne s'est pas affaiblie au fil du temps, comme on aurait pu le penser, alors que les populations porcines devenaient de plus en plus maigres.

Afin de situer l'ampleur des changements intervenus en 20 ans en matière de composition corporelle, la figure 1 (p 16) résume les évolutions des performances moyennes enregistrées dans le programme national de contrôle des produits terminaux, réalisé sous l'égide du Ministère de l'Agriculture, pour deux caractères : l'épaisseur de lard dorsal et le taux de muscle de la carcasse. Les évolutions observées chez les produits terminaux parlent d'elles-mêmes avec, en 20 ans, une réduction de 10 mm de l'épaisseur de lard dorsal (soit -40%) et une augmentation de 9-10 points du taux de muscle (soit + 20%). Le protocole des tests de produits terminaux étant resté pratiquement inchangé pendant cette période (RUNAVOT et SELLIER, 1984 ; RUNAVOT et al, 1994), on peut considérer que ces évolutions substantielles sont pour la plus grande part d'origine génétique. La comparaison des courbes d'évolution relatives aux produits terminaux et aux porcs témoins de race Large White indique que les progrès enregistrés pour le taux de muscle proviennent à la fois des gains génétiques réalisés au sein des populations en sélection (ici le Large White) et de l'utilisation croissante, à partir des années 1980-85, de verrats terminaux spécialisés à faible adiposité et à fort développement musculaire (à base de Piétrain et de lignées mâles composites).

La "course au taux de muscle", pour reprendre une expression souvent employée, aura donc été l'une des grandes caractéristiques des deux dernières décennies en matière d'orientation de la production porcine en France. Mais il est important de noter qu'une inflexion sensible a été opérée ces dernières années : elle est notamment illustrée par l'évolution de la grille de paiement au taux de muscle (grille Uniporc Ouest par exemple) et l'abaissement progressif du plafond au-dessus duquel l'augmentation du taux de muscle n'est plus rémunérée (ce plafond est passé de 60 à 58 % en quelques années). Dans ce nouveau contexte, compte tenu du niveau moyen de taux de muscle atteint aujourd'hui par les porcs produits en France, le rendement de carcasse explique, à poids vif d'abattage égal, une part accrue des variations du prix de vente du porc perçu par le producteur : cf. les résultats du dernier test de contrôle des produits terminaux (ANONYME, 1997), dans lequel la valeur commerciale de plus de 40 % des porcs (taux de muscle "CGM" égal ou supérieur à 58 %) ne varie qu'en fonction de leur poids de carcasse.

Il semble ainsi que l'on soit globalement arrivé à un optimum raisonnable en matière de teneur en muscle des carcasses de porc. Cela signifie-t-il pour autant que tout a été dit en matière de composition des carcasses et qu'il n'y a plus lieu de conduire des recherches dans ce domaine ? Notre sentiment est qu'il reste des marges de progrès importantes à réaliser. Dans le domaine de la méthodologie de classement, il semble vraisemblable que les méthodes actuelles basées sur l'introduction physique d'une sonde dans l'épaisseur de la carcasse devront, pour des raisons sanitaires, être rempla-

Figure 1 - Évolution sur 20 ans des valeurs moyennes de deux caractères de composition corporelle dans le programme national de contrôle des produits terminaux (tests n^{os} 5 à 21)



Valeurs concernant des femelles nourries à volonté et abattues au poids vif de 100 kg dans les stations publiques de contrôle de performances.

Épaisseur de lard dorsal : mesurée sur la fente de la carcasse.

Taux de muscle : estimé à partir des résultats d'une découpe normalisée de la demi-carcasse (N.B. : le décrochement d'environ 1,3 point observé en 1988-89 dans les courbes d'évolution du taux de muscle est lié à un changement de l'équation de prédiction de ce taux de muscle).

cées à terme par des méthodes non invasives. Les stratégies d'amélioration génétique devront s'adapter à la nouvelle situation. Le concept, qui a prévalu au cours des dix dernières années dans les races collectives (Large White, Landrace Français et Piétrain), d'une amélioration du taux de muscle à qualité de viande constant, devrait logiquement évoluer vers celui d'une amélioration de la qualité des viandes à taux de muscle constant. Un premier pas a d'ailleurs été fait très récemment dans ce sens, avec le doublement de la pondération de la qualité de la viande (IQV) dans l'objectif de sélection global de la population Large White "mâle" (TRIBOUT et al, 1998). La même remarque s'applique pour les autres voies d'amélioration (en particulier par le biais de l'alimentation) de l'efficacité de la production porcine.

Il faudra sans doute accorder de l'importance à un point qui a été jusqu'à présent fort négligé : le développement du gras intermusculaire. Les mesures actuelles de composition de la carcasse (TVM) visent à estimer globalement gras de couverture et gras intermusculaire, alors même que ces deux composants de la carcasse n'ont pas le même impact technico-économique. La quantité de gras de couverture et de panne relève essentiellement du coût de production, car le développement excessif de ces dépôts adipeux grève le coût alimentaire, mais ils sont faciles à parer lorsque cela est nécessaire. Le développement des tissus gras intermusculaires affecte également le coût de production, mais il constitue surtout un problème de qualité de la viande, en particulier à cause de son impact sur l'aspect de la viande fraîche et des produits fabriqués. De ce point de vue, il apparaît primordial d'établir avec précision le degré de liaison entre les quantités des deux types de tissus adipeux. Le rapport quantitatif entre les deux types de dépôts adipeux varie fortement entre races, avec une importance relative plus grande du gras intermusculaire chez le Large White et le Duroc que chez le Landrace (CAMERON, 1990 ; CAMERON et CURRAN, 1995 ; NOBLET et BONNEAU, 1997, non publié), ce qui indique un certain degré d'indépendance entre races du gras sous-cutané et du gras intermusculaire. Intra-race, la corrélation (phénotypique comme génétique) entre ces deux types de dépôts adipeux est voisine de 0,50 selon CAMERON (1990). Sous réserve de confirmation de ces résultats, il pourrait être alors souhaitable de réfléchir à la restriction des mesures de "composition de la carcasse" à la seule estimation des gras sous-cutanés et de la panne. L'estimation du gras intermusculaire, considéré comme un critère de "qualité des viandes" parmi d'autres, ferait alors l'objet d'une estimation séparée, avec une méthodologie qui reste à mettre au point.

2. QUALITÉS DE LA VIANDE

2.1. Qualité microbienne

Nous n'insisterons pas spécifiquement sur la qualité microbienne, qui intervient de façon diffuse en tous les points de la filière porcine. Des pathogènes pour l'homme, comme certaines entérobactéries, les Salmonelles, les Listeria, sont parfois présents dès l'élevage. Les contaminations entre élevages

sont possibles par les transferts d'animaux (porcelets, reproducteurs), les animaux sauvages (oiseaux, rongeurs) mais surtout par l'homme. Les animaux issus d'élevages indemnes peuvent être contaminés pendant le transport ou l'attente à l'abattoir. Mais, si la contamination initiale des carcasses est généralement plus forte chez le porc que dans d'autres espèces (à l'exception des volailles), on le doit surtout à la méthode de préparation des carcasses, qui conserve la peau après l'abattage (LABADIE, communication personnelle). D'une part, le matériel d'épilage (échaudoir, épileuses, brosses) est très souillé par les déjections présentes sur l'animal avant l'abattage ou émises pendant celui-ci. D'autre part, la peau elle-même retient un grand nombre de microorganismes, macroscopiquement au niveau des parties mal nettoyées (tête, pieds) et, microscopiquement, dans ses pores. La carcasse véhicule donc une charge microbienne importante, qui est largement disséminée lors de la découpe. Par la suite, le contrôle des proliférations microbiennes dépend avant tout du respect de la chaîne de froid. On observe toutefois des adaptations de certains microorganismes au froid qui le rendent moins efficace (nous y reviendrons).

2.2. Qualité technologique

2.2.1. Qualités du maigre

La qualité technologique mesure l'aptitude de la viande à subir des transformations. Elle ne peut s'apprécier que relativement au produit fabriqué : en effet, les caractéristiques recherchées dans la matière première diffèrent selon le type de fabrication (GOUTEFONGEA et al, 1978 ; SELLIER et MONIN, 1993). En France, les premières interrogations sur les qualités technologiques des viandes de porc dont on trouve trace dans la littérature remontent à la fin du 19^e siècle. BOURRIER (1897, cité par GOUTEFONGEA, 1963) décrivait déjà des porcs à "chairs flasques, pâles, décolorées". Dès les années 1930, CALLOW (1936) s'intéressait en Grande-Bretagne aux problèmes posés par les viandes à pH ultime élevé pour la fabrication du bacon et cherchait les moyens d'y remédier. Mais c'est surtout à partir des années 1950 que l'on signala une proportion préoccupante de viandes exsudatives, ce qui allait impulser des recherches au Danemark (LUDVIGSEN, 1954 ; WISMER-PEDERSEN, 1957) et en France (HENRY et al, 1955 ; COSSARD, 1957). Le nombre d'équipes travaillant sur ce problème s'accrut rapidement, avec en particulier CHARPENTIER, GOUTEFONGEA, OLLIVIER, MESLE et JACQUET en France, les équipes de BRISKEY à Madison et TOPEL à Ames (USA) et celle de LISTER à Langford (Angleterre). Il est intéressant de noter que ce sont particulièrement les industriels salant des viandes en pièces (bacon au Danemark et en Grande-Bretagne ; jambon cuit au Danemark, en France et aux USA) qui ont soulevé le problème. Ces industriels étaient attentifs à leurs rendements de fabrication et ont rapidement mesuré les

pertes qu'ils encouraient avec les viandes de mauvaise qualité technologique. En France particulièrement, la notion de qualité technologique a été pratiquement identifiée à l'aptitude à la fabrication de jambon cuit, au cours des 30 dernières années. Ceci s'est traduit par la prééminence pérenne du bien connu Indice de Qualité de la Viande (IQV), estimateur du rendement technologique de la fabrication du jambon cuit, sur tout autre critère de qualité, tant au niveau de la recherche que des pratiques de sélection porcine. Nous voyons deux raisons à cette situation :

- 1) l'exigence de qualité des fabricants de jambon cuit, devenue de plus en plus forte et clairement exprimée avec leur spécialisation et l'augmentation constante de la demande de jambon supérieur dans notre pays.
- 2) le fait que ce critère de qualité est assez facile à exprimer en termes économiques (OLLIVIER et POTIER, 1975) et, par suite, à introduire dans un indice de sélection à plusieurs caractères.

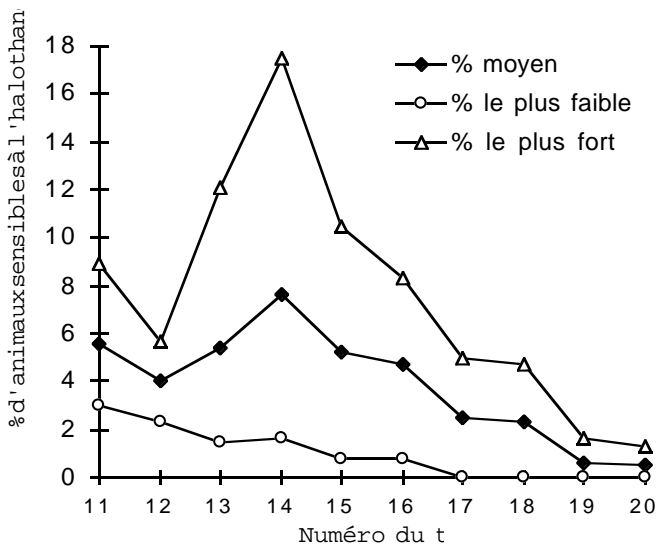
• Viandes PSE

Pendant toute la période 1950-1980, le grand problème de qualité technologique des viandes de porc a été celui des viandes exsudatives, maintenant communément dénommées PSE ("pale, soft, exudative"). Ce sigle a été introduit par BRISKEY en 1959, mais notons que BOURRIER, il y a cent ans, utilisait déjà les mêmes mots. La recherche s'est d'abord dirigée vers l'étude de mécanismes physiologiques, nutritionnels, etc... en faisant largement appel à la comparaison de races "non-sensibles au stress" (Large White en Europe, Chester White et Hampshire aux USA) et "sensibles au stress" (2) (essentiellement Piétrain en Europe et Poland China aux USA). Cette démarche a certes apporté beaucoup de connaissances nouvelles sur les mécanismes physiologiques et biochimiques produisant les viandes PSE, mais sans résultats tangibles relativement à la solution du problème posé. Il fallut attendre l'observation d'une transmission héréditaire récessive de la sensibilité au syndrome de stress par CHRISTIAN (1972) et la mise au point d'un test de détection (test à l'halothane) par EIKELENBOOM et MINKE-MA (1974) pour entrevoir le bout du tunnel. Les choses ont alors évolué très vite, au moins sur le plan de la recherche. Le déterminisme monogénique récessif (gène HAL) était confirmé dès 1975 (OLLIVIER et al, 1975). Il fut ensuite rapidement acquis que le test à l'halothane constituait un moyen efficace pour réduire la fréquence des viandes exsudatives, et que l'utilisation complémentaire de marqueurs sanguins génétiquement liés à HAL (Phi, Pgd) permettrait d'abaisser considérablement la fréquence de l'allèle n défavorable du gène HAL, à défaut de l'éradiquer complètement (COURREAU et al, 1985 ; SELLIER, 1985). Dès 1976-1977, les chercheurs étaient en mesure de proposer des solutions, qui furent mises en oeuvre avec succès, notamment chez le Landrace français (SAUGÈRE et al, 1989 ; AMIGUES et al, 1994). La mise au point en 1991 d'un test moléculaire permettant d'identifier avec certitude la présence de l'allèle n

(2) Cette terminologie est tout à fait insatisfaisante d'un point de vue scientifique, car elle réduit le concept de sensibilité au stress à un défaut génétique qui rend les animaux susceptibles de développer une crise aiguë d'hyperthermie maligne en cas de stress. Mais nous l'employons tout de même car elle est acceptée par la grande majorité des chercheurs.

(FUJII et al, 1991) chez les animaux hétérozygotes apporta un appui décisif à son éradication. En pratique, la retombée la plus manifeste de cette action génétique, illustrée par la figure 2, a été la baisse régulière chez les porcs charcutiers produits en France, à partir des années 1987-1988, de la fréquence de sujets sensibles à l'halothane (génotype nn), connus pour être particulièrement prédisposés au syndrome PSE.

Figure 2 - Évolution du pourcentage de sujets sensibles à l'halothane entre le test no. 11 (1983-84) et le test no. 20 (1995-96) du programme national de contrôle des produits terminaux.



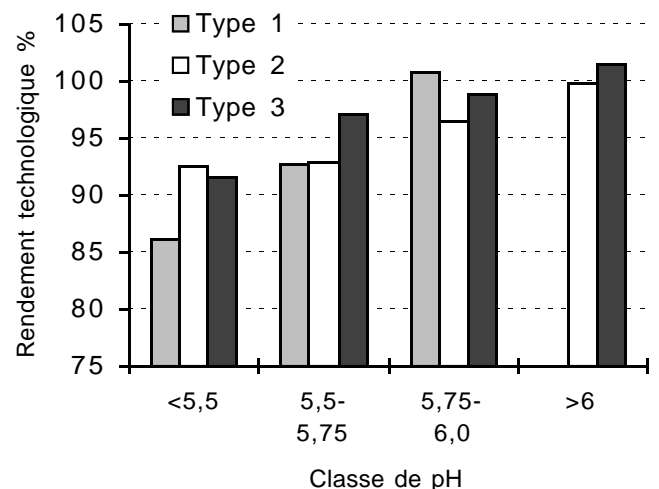
% moyen : ensemble des produits terminaux (720 à 1170 porcs par test)
 % le plus fort : schéma avec le plus fort pourcentage d'animaux sensibles
 % le plus faible : schéma(s) avec le plus faible pourcentage d'animaux sensibles.

Pour autant, les viandes PSE ou à tendance PSE n'ont pas complètement disparu. D'abord, environ 50 % des porcs charcutiers issus des verrats terminaux demi-Piértrain sont hétérozygotes (Nn) pour le gène HAL. Ils présentent de ce fait une chute de pH musculaire post mortem plus rapide (pH1 inférieur de 0,2 unité) que celle des homozygotes normaux (NN), et donc une propension plus marquée à donner des viandes ayant un pouvoir de rétention d'eau abaissé et une perte d'exsudat augmentée (GUÉBLEZ et al, 1995 ; LARZUL et al, 1997). Mais il est vraisemblable que l'origine principale du défaut PSE caractérisé se situe de nos jours dans de mauvaises conditions d'abattage, particulièrement dans les derniers instants de la vie de l'animal : conduite au poste d'abattage et mise en oeuvre de l'anesthésie et de la saignée. Cette phase cruciale de l'abattage a fait l'objet d'un assez grand nombre de travaux dans les années 1970, mais son importance a été occultée ensuite par l'intérêt porté aux facteurs génétiques. Depuis ce temps, les conditions d'abattage ont considérablement évolué dans la plupart des abattoirs : augmentation des cadences, anesthésie automatique, saignée horizontale. C'est donc à bon escient que l'ITP et l'INRA reprennent aujourd'hui l'étude de l'abattage avec des moyens d'investigation renouvelés (mesures physiologiques par télémétrie).

• Viandes acides

Avant même que l'on commence à résoudre le problème des viandes PSE se manifestait celui des viandes acides, mis en évidence notamment dans les tests de contrôle des produits terminaux réalisés sous l'égide du Ministère de l'Agriculture. Ces viandes se caractérisent par un pH ultime très bas et un rendement de cuisson très diminué lors de la fabrication du jambon cuit (figure 3), surtout avant la généralisation de la cuisson sous vide. Rapidement, le défaut était attribué à la présence de la race Hampshire dans certains croisements, au point que certains abattoirs se mirent à refuser les animaux issus de ces croisements. Une expérimentation consacrée par l'INRA à ce problème en 1983-84 montra chez les porcs Hampshire un taux de glycogène musculaire très élevé (MONIN et SELLIER, 1985), ce qui fournissait une explication à la faiblesse des valeurs de pH ultime observées dans cette race et les croisements qui en étaient issus. En fait, cet "effet Hampshire" (MONIN et al, 1984) avait été décrit vingt ans plus tôt par des chercheurs américains (SAYRE et al, 1963), mais ceux-ci ne l'avaient pas relié à un problème défini de qualité de la viande. On peut aussi rappeler qu'un abaissement très significatif du pH de la viande avait été rapporté dès les années 1970 chez des porcs issus de pères Hampshire ou demi-Hampshire (SELLIER et JACQUET, 1973 ; SELLIER, 1975, 1981). En 1986, NAVEAU ouvrait la porte à une solution du problème en indiquant que le déterminisme héréditaire du défaut était probablement monogénique (gène RN) et que l'allèle défavorable RN⁻ était dominant. Parallèlement à la démonstration de cette hypothèse (LE ROY et al, 1990), la mise au point d'une technique de biopsie efficace pour la mesure d'un indicateur du taux de

Figure 3 - Relation entre le pH ultime mesuré dans le muscle Demi-membraneux et le rendement technologique de fabrication du jambon cuit supérieur (d'après CHEVILLON et al, 1994).

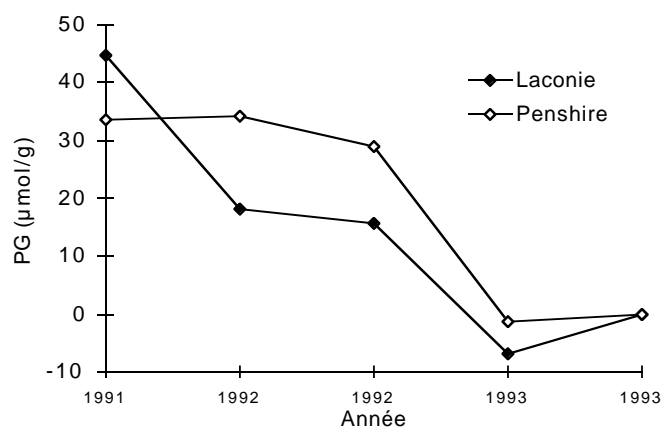


Les porcs étaient issus de mères Large White x Landrace et de pères respectivement de type génétique :

- 1 : verat croisé issu de lignées synthétiques contenant le gène RN-
- 2 : verat Piértrain
- 3 : verat Piértrain x Large White

glycogène musculaire (potentiel glycolytique) chez l'animal vivant (TALMANT et al, 1989) permettait de commencer l'éradication de l'allèle RN⁻ dans les lignées mâles de la firme Pen Ar Lan, puis dans l'une des lignées mâles de la firme France-Hybrides. L'efficacité de la méthode a été mise à l'épreuve et démontrée (LE ROY et al, 1994) (figure 4). Les résultats observés pour le pH ultime et l'IQV lors des deux derniers tests de contrôle des produits terminaux (ANONYME, 1996, 1997) montrent clairement que l'éradication de l'allèle RN⁻ est en bonne voie dans les lignées mâles qui en étaient antérieurement porteuses à une fréquence élevée. D'ores et déjà, on peut affirmer que le délai requis pour l'éradication complète du gène RN⁻ ne dépendra que de l'intensité de la sélection consentie par les utilisateurs de la technique. L'identification du gène RN, qui fait l'objet de recherches intensives à l'INRA depuis qu'il a été localisé sur le chromosome 15 (MILAN et al 1995), devrait déboucher sur la mise au point d'un test moléculaire encore plus sûr et bénéfique au bien-être des animaux.

Figure 4 - Évolution des performances moyennes en potentiel glycolytique au cours du temps dans les lignées Laconie



• Viandes "pommade"

Le défaut de qualité de la viande qui semble actuellement poser le plus de problèmes aux industries de salaison du jambon est dénommé "pommade" par les professionnels. Il s'agit apparemment d'une dégénérescence musculaire affectant le *Semimembranosus* et d'autres muscles profonds du jambon. A l'examen macroscopique, la partie dégénérée est décolorée. La texture est molle et les faisceaux de fibres se détachent facilement. A l'examen microscopique, la striation transversale des fibres musculaires est atténuée, voire disparue, mais l'analyse biochimique des protéines n'a pas révélé de différence avec la partie normale du muscle (KOPP, 1987). Ce défaut affecte les qualités des produits transformés. Dans les jambons cuits, il augmente considérablement les pertes au tranchage, car la partie dégénérée s'effrite, laissant place à des trous préjudiciables à la présentation de la tranche. Dans les jambons secs, la partie dégénérée a une texture pâteuse et, là encore, se laisse difficilement trancher. À notre connaissance, la fréquence de ce défaut n'a pas été établie, mais elle serait très élevée, selon la rumeur. Les causes d'apparition ne sont pas connues. De sources diverses, elles auraient une composante génétique, mais

aucune étude systématique ne semble encore avoir été réalisée pour analyser les causes du défaut "pommade" et ouvrir des pistes pour la recherche des mécanismes responsables et de solutions du problème.

2.2.2. Qualités des gras

Les aspects essentiels de la qualité technologique des gras concernent :

- leur fermeté, qui conditionne la tenue des tissus adipeux au cours des processus de fabrication et leur aspect dans les produits finis,
- leur résistance à l'oxydation, particulièrement importante pour les produits crus qui subissent une longue maturation,
- leur degré de cohésion avec le muscle sous-jacent (gras sous-cutané) ou environnant (gras intermusculaire), qui représente l'une des composantes de l'aspect des viandes.

De nombreux travaux ont établi l'influence primordiale de la composition en constituants essentiels (eau, protéines, lipides) des tissus adipeux et du degré d'insaturation des acides gras sur les caractéristiques qualitatives des gras (GIRARD et al, 1988). Les teneurs en eau élevées, caractéristiques des animaux jeunes et/ou maigres, sont associées à des teneurs en lipides faibles, et se traduisent par un manque de fermeté et un faible degré de cohésion des tissus adipeux avec le muscle. Un degré d'insaturation élevé des acides gras entraîne également un manque de fermeté et une forte sensibilité à l'oxydation (rancissement). Tout facteur de variation conduisant à diminuer le degré d'adiposité des animaux (faible poids d'abattage, type génétique, restriction énergétique, administration de pST, etc...) se traduit par un accroissement de la teneur en eau et du degré d'insaturation, et donc par une diminution de fermeté et une moindre résistance à l'oxydation (LEBRET et al, 1996 ; Maignel et al, 1998). Par ailleurs, pour un degré d'adiposité donné, la composition en acides gras des lipides corporels reflète celle des lipides alimentaires (Mourot et al, 1991 ; Courboulay et Mourot, 1995).

Il est à l'heure actuelle techniquement facile, en adaptant les apports alimentaires d'acides gras à la composition corporelle prévisible des animaux, d'éviter les problèmes majeurs de fermeté et d'oxydabilité des tissus gras. La recherche des coûts alimentaires les plus bas amène cependant souvent à inclure des proportions importantes de graisses végétales dans les rations, ce qui n'est pas toujours compatible avec l'obtention de gras d'une bonne qualité technologique (RAMPON et al, 1994). La mise au point de mesures "on-line" de la qualité des gras, assortie d'un paiement à la qualité, permettrait sans doute de résoudre la majeure partie des problèmes.

2.3. Qualités de consommation

Nous regroupons sous ce vocable les qualités qui rendent un produit attractif pour le consommateur. Ce sont bien sûr les **qualités sensorielles** perçues lors de la dégustation (odeur, texture, jutosité, goût), qui donnent envie de renouveler l'achat du produit, mais aussi **l'image**, incluant **la valeur santé** attribuée par le consommateur, **l'aspect**, déterminant pour la décision d'achat, **la facilité d'emploi**, qu'il s'agisse

de conserver le produit au foyer, de le cuisiner ou de le présenter à table.

2.3.1. Image

• Valeur santé

Selon PORIN (1997), la préoccupation de santé des consommateurs a deux composantes : l'exigence d'innocuité et la recherche d'un meilleur équilibre alimentaire.

Pour cet auteur, l'**exigence d'innocuité** est "l'exigence [...] de ne pas voir sa santé, voire sa vie, mise en danger par l'ingestion d'un aliment. L'expression de cette attente [...] peut se définir comme :

- le produit sans polluants, résidus chimiques de toute nature (pesticides, antibiotiques ou oestrogènes (3)...)
- le produit sans contaminant, agents pathogènes (salmonelles, listeria et maintenant prions)

L'exigence peut aller plus loin et conduire au rejet de tous les additifs - dont certains sont pourtant jugés indispensables dans certaines fabrications (on se souvient de la polémique autour de l'emploi du sel nitrité en salaison)" (PORIN, 1997).

Cette exigence n'a sans doute pas évolué conceptuellement depuis que l'homme mange de la viande : les gens n'ont jamais accepté d'être empoisonnés. Elle a de tout temps justifié une réglementation, dont l'importance et la complexité suivent naturellement l'accélération du progrès technique. Mais, dans un monde par ailleurs de plus en plus sûr, cette exigence est devenue plus forte. Pour le public, qui s'entend journellement répéter que les moyens de contrôle sont quasi-infaillibles quand ils sont mis en oeuvre, la norme doit être le risque zéro. La filière porc a d'ailleurs profité récemment de cette exigence, par le report d'une part de la consommation de viande de boeuf sur la viande de porc depuis la crise de la BSE. La réglementation ne prétend pas assurer le risque zéro, dont on sait bien qu'il est impossible à atteindre, mais vise à réduire le risque au minimum compte tenu du niveau des connaissances théoriques, des progrès techniques et des contraintes économiques. Elle a été considérablement renforcée au cours des dernières décennies. On peut rappeler rapidement quelques points pour lesquels les contraintes réglementaires ont amené des évolutions considérables de l'organisation de certaines activités, voire de la filière depuis 30 ans : suppression des tueries particulières dans les années 1960, interdiction du travail au sol, interdiction du transport de viandes insuffisamment réfrigérées, réglementation de l'utilisation des additifs, renforcement du code des usages en charcuterie...

Une difficulté majeure, que certains spécialistes redoutent à court ou moyen terme pour la qualité sanitaire des produits du porc, réside dans l'émergence de résistances aux conditions aversives chez des microorganismes présents au long de la filière porc. Au niveau de l'élevage, des résistances à certains antibiotiques alimentaires se développent dans la flore des animaux et pourraient théoriquement être transférées à des microorganismes portés par l'homme ; en outre, l'utilisa-

tion des additifs pourrait augmenter le portage par les animaux de bactéries entéropathogènes (*Salmonella*, *Listeria*, *Campylobacter*) (CORPET, 1996). Des cas ont été publiés, mais la démonstration directe n'a pas été faite. D'autre part, on observe, chez les microorganismes présents dans les milieux industriels (découpe, transformation, distribution), une augmentation par sélection naturelle de la résistance aux stress environnementaux (froid, chaleur, désinfectants) (LABADIE, communication personnelle).

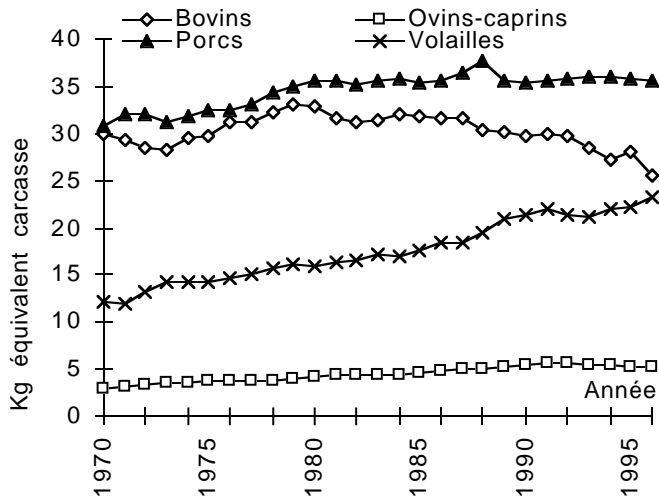
Le porc n'a encore jamais fait l'objet de boycott, orchestré comme pour le veau ou spontané comme pour le boeuf à la suite de l'affaire de la BSE. Au passage, notons que le premier ne s'est jamais vraiment remis de la baisse de consommation correspondante, et que vraisemblablement le second ne s'en remettra pas. Cependant, on doit constater que l'attention du public s'est jusqu'à présent focalisée sur les anabolisants et en particulier les hormones, qui sont interdites en production porcine. Les préoccupations relatives aux additifs alimentaires que l'on voit se dessiner dans le public (en Suède, l'apport alimentaire d'antibiotiques a été interdit dès 1986) pourraient avoir des conséquences que nul ne peut prévoir aujourd'hui.

La recherche d'un **meilleur équilibre alimentaire** est une préoccupation plus récente, mais sans doute appelée à se renforcer, et grosse de conséquences pour la répartition des parts de marché entre les différentes viandes. Dans ce débat, le porc est en première ligne, compte tenu de son image de viande grasse. PORIN (1997) rapporte les propos suivants de FISCHLER (1989): "on a vu se succéder, dans les prescriptions et les recommandations médicales : une ère néopaléolithique où régnait le steak-salade et où les féculents étaient voués aux gémonies ; une ère néo-néolithique où on a réhabilité les féculents (sucres lents contre sucres rapides) et découvert les fibres indigestibles ; une ère frugalo-japonisante (nous y sommes) où ce sont les graisses qui sont devenues l'ennemi et où le poisson et la frugalité progressent puissamment", et il ajoute : "C'était il y a près de 10 ans... Aujourd'hui l'auteur parlerait sans doute de l'ère pastorale crétoise". Il y a constamment eu peu de place pour la charcuterie dans ces diverses "époques", ce qui probablement contribue à expliquer la stagnation de la consommation de porc dans notre pays depuis la fin des années 1980, tandis que celle de volaille continue d'augmenter (figure 5). Cependant, des voix s'élèvent aujourd'hui dans le milieu médical pour dire que le "nutritionnellement correct" n'existe pas, et que la diversification de l'alimentation reste la meilleure manière connue de ne pas faire courir de risque à sa santé. Par exemple, on s'aperçoit maintenant que les acides gras monoinsaturés (dont les charcuteries sont largement pourvues) sont finalement plus bénéfiques que les polyinsaturés qui sont en concentrations élevées chez le poulet, le poisson et dans les huiles végétales : ils font baisser sélectivement le "mauvais" cholestérol associé aux LDL (HAYES et KHOSLA, 1992; HEGSTED et al, 1993).

Dans un contexte de concurrence entre les viandes des diverses espèces, où il s'agit d'attirer et de retenir le consom-

(3) On pourrait substituer au mot "oestrogènes" celui de "facteurs de croissance", beaucoup moins restrictif.

Figure 5 - Évolution, depuis 1970, de la consommation par habitant des viandes de diverses espèces, en France, (source OFIVAL, 1997).



mateur pour préserver, ou mieux augmenter, sa part de marché, l'ensemble de la filière devrait s'investir vigoureusement dans une amélioration de sa communication vers les consommateurs, en appuyant sur l'intérêt de diversifier son régime alimentaire et sur la place que les produits du porc peuvent tenir dans une alimentation équilibrée. C'est d'ailleurs la stratégie développée par le Centre d'Information de la Charcuterie (GAZAN, 1997). Certes, la tâche n'est pas aisée, car, en moyenne, les produits issus du porc contiennent plus de lipides que ceux issus d'autres animaux : selon GAZAN (1997), la moitié des produits de charcuterie contiennent moins de 20 % de lipides... ce qui signifie, a contrario, que la moitié en contient plus (tableau 1). En fait,

Tableau 1 - Composition de quelques charcuteries (source : FAUCONNEAU, 1997)

Charcuteries	Protéines %	Lipides %	Lipides % extrait sec
Foie gras	10	44	75
Jambon supérieur	21	3	11
Bacon de filet	23	4,3	14
Jambon sec (Bayonne)	23	15	33
Jambon sec découenné	26,3	9,5	22
Lard maigre frais	18	23	50
Saucisson sec	26,3	34,7	52
Saucisson à l'ail	15	28	60
Saucisse de Francfort	11	28	64
Chipolata crue	13,5	31,7	68
Chair à saucisse crue	13	30	66
Pâté de campagne	14,3	29	60
Pâté de foie de porc	10	36	70

les produits du porc ont plusieurs atouts : le plus médiatique, sans doute, est qu'ils sont relativement pauvres en cholestérol (4) et plus riches que les autres produits carnés en acides gras monoinsaturés; ils sont fortement ancrés dans les traditions alimentaires de nos compatriotes ; enfin, ils sont très variés, ce qui les rend aptes à abonder divers segments de marché, y compris ceux en émergence, qui peuvent d'ailleurs concerner les mêmes consommateurs à des moments différents. On peut ainsi identifier un segment "festif" privilégiant l'aspect gastronomique, un segment "standard" très attentif au prix sans renoncer pour autant à la qualité, un segment "diététique" proscrivant les lipides, surtout s'ils sont riches en acides gras saturés, etc... Pour ce dernier segment, le produit à faible teneur en gras, reconnu et recommandé de longue date par les diététiciens, existe, et nous l'avons tous rencontré : c'est, bien sûr, le jambon cuit supérieur- mais il est bien seul. La filière porcine peut-elle en imaginer d'autres ?

• Autres composants de l'image

Les préoccupations relatives au bien-être des animaux et à l'impact de la production sur l'environnement ont apparemment encore assez peu d'importance dans notre pays relativement à d'autres. Ainsi la cruauté envers les animaux n'arrive qu'au troisième rang, loin derrière le souci de santé, parmi les raisons données pour ne pas manger de viande par des groupes de non-consommateurs ou faibles consommateurs de viande, alors qu'elle constitue une motivation primordiale en Angleterre et aux Etats-Unis (COMBRIS et GRIGNON, 1997). Nous reviendrons plus loin sur l'image "écologique" de certains porcs labels, qui visiblement ne suffit pas à convaincre une fraction notable des consommateurs.

2.3.2. Qualités de shopping

• Aspect et présentation

L'aspect est une qualité très importante en ce qu'elle entre pour une grande part dans la motivation de l'achat, quel que soit le type de produit (en excluant bien entendu les produits en boîte ou sous emballage opaque). Pour la viande fraîche (côtelettes), les facteurs primordiaux sont, a priori, la quantité de gras visible, la couleur, l'exsudation et la cohésion gras-maigre (absence de séparation entre le muscle et les tissus adipeux), tous caractères largement déterminés aux stades de la production et de l'abattage. A notre connaissance, il n'existe aucune étude publiée dans notre pays permettant de les hiérarchiser. Dans une étude où ils fournissaient à des familles de consommateurs des côtelettes de porcs Large White et Large White x Meishan, TOURAILE et al (1989) observaient que les seconds étaient moins appréciés par la personne chargée de la cuisson parce que possédant trop de gras visible, malgré une meilleure couleur et une moindre humidité de surface ; après consommation, les deux types génétiques de porcs recevaient la même note d'acceptabilité globale, malgré une supériorité des demi-Meishan en tendreté, jutosité et flaveur reconnue mais com-

(4) Selon FAUCONNEAU (1997) : pour 100 g, la viande de porc contient 55 à 80 mg de cholestérol, contre 40 à 75 pour le bœuf, 60 à 90 pour le mouton, 70 à 95 pour le veau et 70 à 90 pour la volaille.

pensée par un aspect trop gras. Plus récemment, FERNANDEZ et al (1996) ont montré, à l'aide d'un jury de consommateurs, que l'intention d'achat est négativement influencée par la quantité de gras intramusculaire visible (persillé), qu'il s'agisse de noix de côtelettes ou de jambon cuit. Pour les côtelettes, les consommateurs révisaient leur opinion après dégustation, privilégiant des pièces relativement riches en gras intramusculaire, mais, dans la pratique, ces bonnes résolutions ont-elles duré jusqu'au prochain achat ? Dans un contexte où la viande fraîche est majoritairement distribuée en libre service, le rôle de l'aspect dans la décision d'achat devrait faire l'objet d'études approfondies et répétées, tenant compte des particularités locales (région, ville/campagne). Le secteur de la production devrait s'investir fortement dans ces études, pour éclairer les décisions à prendre en matière d'amélioration génétique et/ou de systèmes d'élevage. Il existe actuellement une controverse, jusque (ou surtout ?) dans les milieux scientifiques, sur l'intérêt de relever le taux de gras intramusculaire, en particulier par la voie génétique. Compte tenu du délai et du coût de telles actions, nous pensons qu'à l'heure actuelle il serait très hasardeux de prendre une quelconque décision, vu l'insuffisance de nos connaissances sur les motivations des consommateurs. L'INRA poursuit des expérimentations dans ce domaine, et il serait éminemment souhaitable que ses travaux de laboratoire soient relayés par des études de terrain.

Les fabricants de jambon cuit connaissent bien l'importance de l'homogénéité de la couleur de la tranche, ce dont ils tiennent compte en allant jusqu'à exclure de la fabrication les parties les plus rouges des jambons. C'est la raison pour laquelle les jambons bicolores sont pénalisés par les fabricants.

- *Disponibilité*

L'aspiration au temps libre est devenue l'un des moteurs les plus puissants du choix des consommateurs entre les produits alimentaires qui leur sont offerts (PORIN, 1997). Elle joue un rôle important dans les substitutions entre viandes. Elle se traduit par le désir croissant de réduire non seulement le temps de préparation culinaire, mais aussi celui consacré à faire les courses par la diminution des fréquences d'achat et du temps passé dans les magasins. Sur ces différents points, les produits du porc sont parfois très bien placés, parfois mal. La diminution des fréquences d'achat suppose l'aptitude des produits à la conservation domestique. La qualité microbienne est donc primordiale, particulièrement pour la viande fraîche. La plupart des charcuteries ont des délais de conservation domestique très satisfaisants, mais, dans le cas des produits achetés à la coupe, l'hygiène de cette opération est un facteur très limitant. Pour limiter le temps passé dans le magasin, la disponibilité en libre-service de produits préemballés est déterminante. PORIN (1997) remarque que, de ce point de vue, les produits de charcuterie sont parmi les moins avancés, malgré une progression importante du préemballé depuis 5 ans. Dans les GMS, les ventes de charcuterie à la coupe restent les plus importantes en volume, alors que par exemple la quasi-totalité des produits de volailles sont écoulés en libre-service.

2.3.3. Qualité d'utilisation

Dans ce domaine, les produits de charcuterie porcine occupent une position très forte, car pour la plupart ils sont faciles à conserver à la maison, ne nécessitent pas ou peu de préparation, permettent la préparation facile de plats esthétiques et appétissants. Pourtant, cette position est maintenant attaquée par des concurrents redoutables (PORIN, 1997) :

- en charcuterie, l'utilisation de volaille se développe puissamment, quoique plus lentement que dans d'autres pays ;
- en plats cuisinés, la substitution des conserves appertisées par des produits sous-vide ou surgelés se fait au bénéfice de la volaille et du poisson.

À l'état frais, le porc est ni plus ni moins facile à utiliser que la plupart des viandes d'autres espèces. Sa conservation dans le réfrigérateur domestique est peut-être plus limitée que celle du boeuf ou du mouton, par suite des fortes charges microbiennes fréquemment rencontrées.

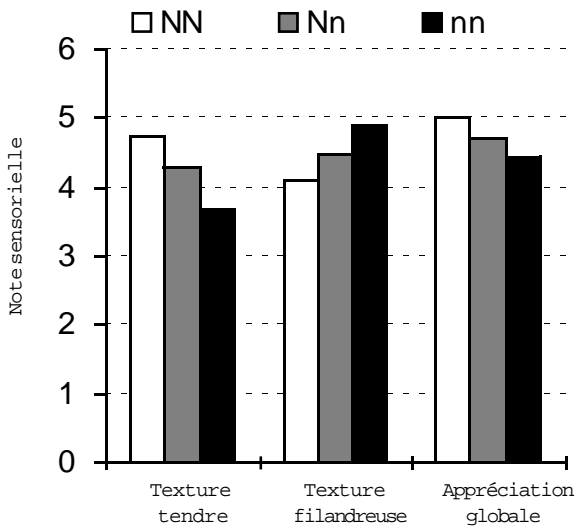
2.3.4. Qualités sensorielles

Bien que la qualité de la matière première ne soit généralement pas indifférente, les qualités sensorielles des produits transformés dépendent au premier chef de la technologie appliquée et du savoir-faire du fabricant. Il en va très différemment de la viande consommée à l'état frais, dont les qualités dépendent étroitement des conditions de production et d'abattage.

- *Tendreté*

On a longtemps considéré, au moins dans notre pays, que la viande de porc était tendre par nature. Dès 1974, DUMONT avait attiré l'attention sur la dureté de certaines viandes (provenant de porcs de race pure Piétrain et Landrace Belge) mais ce n'est que dans les années 1980 que l'on voit exprimer clairement des préoccupations à ce sujet en France. Il est vraisemblable que l'introduction massive de l'allèle n du gène HAL dans notre cheptel porcin, par le biais des verrats terminaux à base de Piétrain, a contribué à une augmentation objective de la dureté de la viande. Il est acquis en effet, par les expérimentations menées depuis une quinzaine d'années, que l'allèle n induit une viande plus dure et que les effets de cet allèle et de l'allèle normal N sont approximativement additifs (TOURAILLE et MONIN, 1982 ; GUÉBLEZ et al, 1996) (figure 6). Un autre facteur de durcissement de la viande a pu résider dans la diminution du taux de lipides intramusculaires qui a peu ou prou accompagné l'amaigrissement des carcasses. Il est difficile d'en apprécier la portée. Dans la littérature scientifique existante, la plupart des expérimentations ayant conclu à un fort effet de la teneur en lipides sur la texture de la viande ont fait appel à des comparaisons de types génétiques. Cette démarche expérimentale est justifiée par l'intérêt d'augmenter la variabilité des caractéristiques étudiées, mais porte le risque d'une confusion entre l'effet du taux de lipides et celui d'autres facteurs génétiques. Les corrélations entre taux de lipides intramusculaires et tendreté au sein d'un type génétique donné sont généralement faibles et fréquemment non significatives (tableau 2). Il en est de même pour les estimées de la corrélation génétique entre les deux caractères, dont la

Figure 6 - Influence du génotype "halothane" (HAL) sur la texture et l'acceptabilité de la viande de porc (d'après GUÉBLEZ et al, 1996).



valeur moyenne est de 0,15 selon une mise au point de SELIER (1998). Or les taux de lipides intramusculaires ne semblent pas avoir tellement diminué depuis la fin des années 1960, où les races modernes que nous connaissons étaient déjà en place : les taux rapportés à cette époque dans la littérature scientifique européenne tournaient autour de 2 % dans le muscle Long dorsal, ce qui n'est pas très supérieur à ceux trouvés aujourd'hui. À notre avis, il faudrait augmenter très significativement le taux de lipides intramusculaires (au-delà de 3 % ?) pour obtenir un effet notable sur la tendreté, avec le risque de rebuter les fabricants de jambons cuits et une fraction importante des consommateurs, du fait de l'excès de persillé. La solution pourrait résider dans le développement de types génétiques spécialisés pour la viande fraîche, en direction du segment de marché "gastronomique" évoqué plus haut, dans la mesure où cela apparaîtrait jouable pour les circuits de distribution. À cet égard, l'utilisation du gène majeur MI, récemment découvert dans la

Tableau 2 - Corrélations phénotypiques entre caractéristiques physicochimiques et texture du muscle Longissimus (LARZUL, 1997, non publié)

Variables (1,2)	pH ₁	pH _u	Collagène	Lipides
Texture compacte	-0,54**	-0,18	0,38**	-0,05
Dureté 1	-0,63**	-0,14	0,37**	-0,04
Dureté 2	-0,65**	-0,13	0,33**	-0,04
Texture fibreuse	-0,53**	-0,04	0,27*	0,05

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

(1) Collagène apprécié sur la viande crue par le taux d'hydroxyproline ; lipides : taux de lipides intramusculaires mesuré sur la viande crue selon Folch.

(2) Texture compacte : en début de mastication ; dureté 1 : dureté en début de mastication ; dureté 2 : dureté en cours de mastication ; texture fibreuse : en cours de mastication.

race Meishan par des chercheurs néerlandais et responsable d'une augmentation substantielle du taux de lipides intramusculaires (JANSS et al, 1997), serait d'un intérêt évident. L'INRA vient d'entreprendre un programme expérimental pour explorer son existence éventuelle dans la race Duroc.

Parallèlement à la perte objective supposée de tendreté de la viande de porc, on peut imaginer que s'est manifesté un effet subjectif du contraste avec la viande de volaille, plus tendre, et dont la consommation a plus que doublé en 30 ans.

• Odeur et goût

Il existe des variations sensibles dans l'intensité du goût de la viande de porc. Elles ont été attribuées surtout aux variations de teneur et de composition des lipides. Un facteur probablement majeur de variation du goût a été généralement négligé : il s'agit des teneurs en glucides résiduels et en acide lactique. Ces teneurs sont susceptibles de varier très fortement : une viande à pH 5,5 contient environ 1 % d'acide lactique, soit 4 % de sa matière sèche. Une viande à pH 6,2 n'en contient qu'environ la moitié. Certains composés dérivés des glucides résiduels produisent avec les acides aminés libres provenant des protéines musculaires des réactions de Maillard, sources de composés aromatiques. Il est vraisemblable que s'expliquent ainsi la relation négative entre intensité de la saveur et pH ultime (PURCHAS et al, 1990) et l'effet positif de l'allèle RN- sur l'intensité de la saveur de porc (LE ROY et al, 1996 ; LUNDSTRÖM et al, 1996), les pH bas étant associés à de fortes concentrations initiales de glucides, et donc à des teneurs résiduelles en glucides élevées. Enfin les mauvaises odeurs résultant des proliférations microbiennes en surface apparaissent beaucoup plus tôt dans les viandes à pH élevé. Tous les facteurs tant génétiques (gène RN) qu'environnementaux (stress, abattage) qui affectent le pH ultime de la viande sont donc susceptibles d'influencer goût et odeur.

Cependant les problèmes les plus importants sont liés à la présence éventuelle d'odeurs et de goûts désagréables, engendrés par des composés malodorants d'origines exogène ou endogène. Des apports alimentaires riches en acides gras polyinsaturés (poisson par exemple) peuvent conduire à des rancissements accélérés, générateurs de défauts importants de saveur. Un cas particulier important concerne les odeurs sexuelles des viandes de porcs mâles entiers, liées à la présence de composés malodorants d'origine endogène, l'androsténone et le scatol. En Europe, la production de porcs mâles entiers s'est développée à partir des années 1960 dans les Iles Britanniques, puis dans la péninsule Ibérique. Dans les autres pays, en particulier en France et en Allemagne, les porcs sont pour l'essentiel castrés dès le plus jeune âge, en dépit des nombreux inconvénients liés à cette pratique, car on ne veut pas risquer de dévaloriser l'image de qualité des viandes porcines. Au cours des 30 dernières années l'effort de recherche dans ce domaine a été constant en Europe, même si les moyens affectés ont été le plus souvent limités, depuis les publications pionnières des années 1960 (voir les références données par TEXIER et al., 1970) jusqu'aux derniers développements récemment exposés (BONNEAU et al., 1997). Des progrès importants ont été

réalisés, aussi bien dans la connaissance de l'importance relative des composés mis en cause (BONNEAU et al, 1998) que dans la maîtrise des teneurs en ces composés par voies génétique ou immunologique ou par contrôle du milieu d'élevage et de l'alimentation (BONNEAU, 1988). L'absence de méthode vraiment satisfaisante pour un contrôle des odeurs sexuelles sur la chaîne d'abattage constitue un facteur limitant essentiel et une voie de recherche en plein développement au plan mondial.

Les odeurs sexuelles des viandes de porc mâles entiers constituent un exemple intéressant de l'intérêt de situer les problèmes de qualité dans un contexte global, et de la nécessité de trouver le meilleur compromis entre les intérêts parfois divergents des différents acteurs de la filière porcine et les demandes éventuellement contradictoires du grand public. Ce dernier peut en effet privilégier soit les aspects organoleptiques (il faut alors castrer) ou les valeurs d'image (auquel cas il ne faut pas castrer). La résultante des avantages et des inconvénients liés à la production de porcs mâles entiers peut être favorable ou défavorable, en fonction des conditions socio-économiques du moment. In fine, il faudra choisir entre plusieurs alternatives dont chacune présente des aspects positifs et négatifs:

- un arrêt de la castration des porcs mâles devrait se traduire par une diminution du prix (diminution des coûts alimentaires, réduction de travail), contribuerait à une réduction des rejets polluants et serait beaucoup plus satisfaisante du point de vue de la protection de l'animal. Dans l'état actuel des choses, en l'absence d'action visant à limiter l'incidence des odeurs sexuelles, les risques de dégradation de la qualité organoleptique sont réels et risqueraient de détourner une partie des consommateurs de la viande de porc ;
- le statu quo (castration systématique des mâles) préserve la qualité organoleptique des produits mais n'est satisfaisant sur aucun des autres points considérés ci-dessus (prix, environnement, protection de l'animal) ;
- la mise en œuvre de techniques permettant d'élever des porcs mâles entiers en limitant l'incidence des odeurs sexuelles constitue probablement la seule solution envisageable à terme. À l'heure actuelle la seule solution techniquement viable est l'immunocastration. Cette technique pourrait devenir disponible commercialement dans un avenir proche, à un coût acceptable, mais sa mise sur le marché dépendra pour une grande part de la manière dont elle sera perçue par le grand public. Le caractère héritable des 2 composés malodorants mis en cause étant maintenant démontré, d'autres solutions basées sur la sélection peuvent être envisagées à plus long terme.

3. PLAIDOYER POUR UN CONCEPT SYNTHÉTIQUE DE LA QUALITÉ DE LA CARCASSE

Il y a 30 ans, lorsque les professionnels parlaient de porcs ayant "une bonne qualité de viande", ils entendaient généralement par là un pourcentage de muscle élevé. Depuis, la distinction entre "qualité de la carcasse", c'est à dire composition de la carcasse, et "qualité de la viande" s'est impo-

sée (notons que "qualité de la viande" a souvent pris un sens très restrictif de "qualité technologique"). Cette terminologie a eu le grand mérite de sérier les problèmes de qualité dans la période écoulée, mais on peut s'interroger aujourd'hui sur l'intérêt de sa pérennisation. Dans la littérature scientifique américaine ou canadienne, et particulièrement dans le *Journal of Animal Science*, revue scientifique de zootechnie la plus lue au monde, le terme "carcass quality" englobe les qualités de la carcasse et de la viande. Ceci correspond beaucoup mieux à la notion très actuelle de qualité globale, qui conditionne la qualité d'un produit à la qualité de chacun de ses composants. Une carcasse de bonne qualité est ainsi une carcasse qui présente à la fois une composition tissulaire favorable (en fonction du poids d'abattage) et des tissus (gras et maigre) de bonne qualité microbiologique, technologique et organoleptique. En pratique, comme nous l'avons vu, ce concept est déjà traduit indirectement dans la grille de paiement des carcasses, plafonnée au taux de viande maigre à partir duquel on considère que le risque de dégradation de la qualité technologique de la viande compense le gain attaché à l'augmentation de la quantité de muscle. Nous suggérons donc que le terme de "composition de la carcasse" soit systématiquement substitué à celui de "qualité de la carcasse" dans son acception actuelle, ce dernier prenant le sens global explicité plus haut.

Théoriquement, pour que cette nouvelle terminologie prenne sa pleine signification pratique, il faudrait que les carcasses soient payées en fonction de la qualité de leur viande comme elles le sont en fonction de leur teneur en viande maigre. Certes, la qualité de la viande ne peut se définir que par rapport à son utilisation ultérieure, qui diffère évidemment selon les pièces. Mais, pour bien des utilisations, on peut trouver des combinaisons de critères momentanément acceptables: par exemple, une mesure de conductivité électrique une demi-heure après l'abattage pour détecter les carcasses PSE, puis une mesure de pH une douzaine d'heures plus tard pour apprécier le pH ultime. Les nouvelles technologies en cours de développement (spectrométrie infrarouge, résonance magnétique nucléaire, nez artificiel, spectrométrie de masse à introduction directe) permettent d'envisager à plus ou moins long terme la mise en œuvre à l'échelle industrielle d'autres mesures de qualité (par exemple, composition et fermeté des graisses, détection des odeurs sexuelles, quantité de gras intermusculaire, état de l'eau dans le muscle, résidus, contamination bactérienne). Outre le coût de ces mesures, le principal obstacle se situera au niveau du partage des responsabilités entre éleveur et abatteur dans la formation des qualités de la viande. L'éleveur est responsable des choix génétique et alimentaire, et dans une certaine mesure des conditions de chargement des animaux pour l'abattoir. Mais son travail, si bon soit-il, peut être partiellement remis en cause par de mauvaises conditions de transport et d'abattage. Une bonne gestion de la qualité dans la filière porcine voudrait que la sanction de la qualité des carcasses, au sens global défini plus haut, soit supportée conjointement par l'éleveur et l'abatteur. Mais ceci n'est envisageable qu'à condition de pouvoir mesurer, en conditions industrielles, les principaux critères de qualité des tissus. On pourrait alors répartir les responsabilités entre les critères dépendant essentiellement de l'éleveur (au travers de

la génétique, de l'alimentation et du mode d'élevage), ceux qui sont surtout entre les mains de l'abatteur (au travers des conditions d'abattage et de process des carcasses), et ceux qui sont à responsabilité mixte.

5. VERS UNE PLUS GRANDE DIVERSIFICATION DE LA QUALITÉ DES CARCASSES ?

La variété des utilisations de la viande de porc est un handicap à l'amélioration de la qualité des carcasses. Il est en effet difficile de définir un objectif unique ou un petit nombre d'objectifs d'amélioration vraiment adaptés à la fois à la production de jambon cuit, de produits secs, de viande fraîche, etc.... Ainsi, GUÉBLEZ et al (1996) ont montré que le porc hétérozygote (Nn) au locus HAL présente une supériorité sur l'homozygote NN pour la transformation, mais qu'il convient mal à la production de viande fraîche. D'un autre côté, la diversité d'emploi de la viande de porc est une chance pour la gestion de la variabilité de la matière première, inhérente à toute production animale parce que résultant de la variabilité biologique, mais à condition que l'on sache caractériser vite et bien chaque carcasse ou chaque pièce.

La question qui se pose alors est :

- faut-il se contenter de trier carcasses et/ou pièces dans une production standard, mais dont la qualité moyenne est orientée vers les besoins quantitativement les plus importants et les mieux exprimés (dans notre pays, le jambon cuit) ?
- ou faut-il diversifier les types de carcasses produites ?

Il est évident que, globalement, la première solution est plus facile à gérer. La seconde est vraisemblablement plus satisfaisante pour abonder un marché où règne la concurrence entre viandes, mais est-elle réalisable ? Les producteurs de porcs sous signe de qualité (label, certification de conformité, marque) pensent que oui. Leurs animaux se différencient par leurs conditions d'élevage et leur âge à l'abattage, des contraintes étant imposées pour la composition de la carcasse et la qualité de la viande. Mais cette différenciation est-elle suffisante ? On est obligé de constater la lenteur du développement des productions sous signe de qualité en France, qui ont pris après une dizaine d'années une part de marché de l'ordre de 1,5 %. Cette situation contraste singulièrement avec le succès rencontré par le label en volaille, pour qui la part de marché est de l'ordre de 25 %. On objectera que le poulet label a connu lui aussi un démarrage laborieux. Mais il a dû ouvrir une route difficile à une époque où la notion de signe de qualité était nouvelle. Le porc label s'est trouvé d'emblée dans une situation beaucoup plus confortable, où la majorité des consommateurs étaient déjà familiarisés avec les signes de qualité, convaincus que ceux-ci correspondent à une réalité, et prêts sans doute à l'expérience, pour une partie d'entre eux au moins. Pour nous, ces difficultés s'expliquent partiellement par l'insuffisance de la différenciation des porcs sous signe de qualité par rapport aux porcs "standard" du système de production dominant. Le poulet label est abattu deux fois plus âgé que son congénère standard, ce qui a obligé à utiliser des souches spéciales, à croissance lente. Le tout lui permet de présenter une fermeté de chair et une saveur nettement supé-

rieures, ce qui a été objectivement démontré. Naturellement, il joue en plus sur son image. Dans le cas du porc label, la génétique, premier facteur de qualité de la viande, n'est pas vraiment différente. L'âge à l'abattage n'est pas de beaucoup supérieur (ce qui vaut peut-être mieux, car de nombreuses études montrent que l'élévation de l'âge à l'abattage agit défavorablement sur la tendreté). La conséquence va de soi : les analyses sensorielles ne lui attribuent pas une qualité significativement différente. Il est vraisemblable que l'image du porc fermier, élevé en plein air, ne suffise pas à justifier aux yeux de la plupart des consommateurs une augmentation sensible du prix, en l'absence de qualités sensorielles objectivement meilleures.

6. CONCLUSION

Les exigences de qualité en matière de carcasses porcines ont beaucoup évolué depuis trois décennies, malgré quelques constantes comme l'exigence d'innocuité. Indubitablement la **composition des carcasses** s'est considérablement améliorée, grâce à l'amélioration génétique et aux progrès des méthodes d'élevage. Ce progrès a été permis par l'acquisition de connaissances nouvelles non seulement dans les laboratoires mais aussi sur le terrain, et grâce à leur diffusion par les structures de développement et par les revues professionnelles. En ce qui concerne les **qualités de la viande**, l'appréciation ne peut être que plus nuancée. Le progrès a été moins évident, d'abord parce que sa rémunération est restée floue ; ensuite parce que la notion de qualité de la viande est beaucoup plus complexe et diversifiée que celle de composition de la carcasse. Nous avons même assisté à des reculs momentanés, aussi bien pour la qualité du maigre avec les pollutions génétiques sérieuses apportées par les allèles HALn et RN-, que pour la qualité des gras en raison de la réduction de l'adiposité des carcasses et de l'introduction de matières grasses dans les régimes. Les problèmes liés aux gènes majeurs influençant la qualité du muscle sont maintenant sous contrôle, grâce aux méthodes de détection des allèles défavorables, dont les effets néfastes ont été évalués de façon exhaustive. L'ensemble des connaissances acquises a conduit à la décision d'éliminer l'allèle RN- dans les populations connues pour le posséder. Pour le gène HAL, certains considèrent que ses avantages à l'état hétérozygote (taux de muscle, rendement de carcasse) surpassent ses inconvénients (viandes à tendance PSE), d'autres sont de l'avis contraire. L'avenir nous dira sans doute qui a raison.

Il reste à avancer sur une question décisive : le développement d'une politique de qualité coordonnée sur l'ensemble de la filière, à l'image de ce qui existe depuis quelque temps déjà dans les filières avicoles. Dans ces filières, on voit se mettre en place des démarches associant tous les acteurs, de l'accouveur à l'abatteur-découpeur, voire le distributeur, par l'intermédiaire de Guides de bonnes pratiques, Contrats de progrès et autres Chartes de qualité. Ceci permet de garantir que les meilleures conditions de distribution du produit sont assurées, depuis une qualité sanitaire aussi élevée que possible jusqu'à une présentation optimale dans le rayon du magasin. De telles démarches se font jour dans la filière por-

cine, et sont appelées à se répandre. Leur plein succès passe par le développement des connaissances et par une adéquation renforcée entre les travaux de recherche et les besoins des utilisateurs de la recherche. Améliorer la communication

et établir une véritable coopération entre les laboratoires publics, les instituts et centres techniques et les acteurs de la filière devrait aider à atteindre cet objectif.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMIGUES Y., RUNAVOT J.P., SELIER P., 1994. *Techni-Porc* 17 (3), 23-28.
- ANONYME, 1996. *Techni Porc*, 19 (5), 15-31.
- ANONYME, 1997. *Techni Porc*, 20(5), 7-26.
- BONNEAU M., 1988. *Journées Rech. Porcine en France*, 20, 291-296.
- BONNEAU M., LUNDSTRÖM K., MALMFORS B. (éditeurs), 1997. Boar taint in entire male pigs. Proceedings of a meeting of the EAAP working group "Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs", Stockholm, 1-3 October. E.A.A.P. Publication N° 92, Wageningen Pers, Wageningen, Pays-Bas.
- BONNEAU M., SIRET F., CHEVILLON P., BÉAGUE M.P., VAUDELET J.C., 1998. *Journées Rech. Porcines en France*, 30, 61-66.
- BOURRIER T., 1897. In "Les Industries des Abattoirs", p. 255. Baillière, Paris.
- BRISKEY E.J., BRAY R.W., HOEKSTRA W.G., PHILLIPS P.H., GRUMMER R.H., 1959. *J. Anim. Sci.*, 18, 146-152.
- CALLOW E.H., 1936. *Ann. Rept. Food Invest. Bd London*, 48-51.
- CAMERON N.D., 1990. *Anim. Prod.*, 50, 141-153.
- CAMERON N.D., CURRAN M.K., 1995. *J. Anim. Sci.*, 61, 347-359.
- CHEVILLON P., BOULARD J., LE JOSSEC P., KÉRISIT R., SALAÜN Y., ALVISET G., VIDAL E., 1994. *Proceed. 40th ICoMST, The Hague*, paper S.IVB.02.
- CHRISTIAN L.L., 1972. *Proceed. Pork Quality Symp., Univ. Wisconsin*, 91-115.
- COMBRIS P., GRIGNON C., 1997. *Viandes et Produits Carnés, Numéro spécial Consommation*, 37-46.
- CORPET D.E., 1996. *Revue Méd. Vét.*, 147, 851-862.
- COSSARD J., 1957. *Thèse Doct. Vétérinaire*, Paris.
- COURBOULAY V., MOUROT J., 1995. 46ème réunion annuelle de la FEZ, Prague, 4-7 September 1995, pp. 301.
- COURREAU J.F., SELIER P., BOULARD J., BRETON T., GOULLIEUX P., GUÉRIN G., 1985. *Journées Rech. Porcine en France*, 17, 95-104.
- DAUMAS G., DHORNE T., 1992. *Journées Rech. Porcine en France*, 24, 47-54.
- DAUMAS G., DHORNE T., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 171-180.
- DAUMAS G., CAUSEUR D., DHORNE T., SCHOLLHAMMER E., 1998. *Journées Rech. Porcine en France*, 30, 1-6.
- DESMOULIN B., 1978. *Journées Rech. Porcine en France*, 10, 211-234.
- DESMOULIN B., ÉCOLAN P., PEINIAU P., MÉLANI C., 1984. *Journées Rech. Porcine en France*, 16, 37-48.
- DUMONT B.L., 1957. *EAAP Meeting on Pig Progeny Testing in Europe*, 8-13 July 1957, Copenhagen.
- DUMONT B.L., 1974. *Journées Rech. Porcine en France*, 6, 233-239.
- EIKELENBOOM G., MINKEMA D., 1974. *Tijdschr. Diergeneeskd.*, 99, 421-426.
- FAUCONNEAU G., 1997. *Viandes et Produits Carnés, Numéro spécial Consommation*, 79-85.
- FERNANDEZ X., MONIN G., MOUROT J., COUESPEL-LEBRET B., GILBERT S., SIRAMI J., MALTER D., 1996. *Journées Rech. Porcine France*, 28, 163-170.
- FISCHLER C., 1989. In "Actes du colloque Alimentation et Psychologie. ii. Modes et déterminisme. Ed G.Hérouard", 15-22.
- FUJII J., OTSU K., ZORZATO F., DELEON S., KHANNA V.K., WEILER J.E., OBRIEN P.J., MACLENNAN D.H., 1991. *Science*, 253, 448-451.
- GAZAN C., 1997. *Viandes et Produits Carnés, Numéro spécial Consommation*, 77-78.
- GIRARD J.P., BOUT J., SALORT D., 1988. *Journées Rech. Porcines en France*, 20, 250-278.
- GOUTEFONGEA R., 1963. *Ann. Zoot.*, 12, 297-337.
- GOUTEFONGEA R., GIRARD J. P., JACQUET B., 1978. *Journées Rech. Porcine en France*, 19, 225-248.
- GUÉBLEZ R., FLÉHO J.Y., BOULARD J., 1985. *Journées Rech. Porcine en France*, 17, 29-30.
- GUÉBLEZ R., PABOEUF F., SELIER P., BOUFFAUD M., BOULARD J., BRAULT D., LE TIRAN M.-H., PETIT G., 1995. *Journées Rech. Porcine en France*, 27, 155-164.
- GUÉBLEZ R., BOUYSSIÈRE M., SELIER P., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 45-52.
- HAMELIN M., DESMOULIN B., 1975. 26ème Réunion annuelle de la FEZ, 23-27 juin 1975, Varsovie.
- HAYES K.C., KHOSLA P., 1992. *FASEB*, 6, 2600-2607.
- HEGSTED D.M., AUSMAN L.M., JOHNSON J.A., DALLAL G.E., 1993. *Am. J. Clin. Nutr.*, 57, 875-883.
- HENRY M., BILLON J., HAOUZA G., 1955. *Rev. Path. Gén. Comp.*, 669, 857-865.
- JANSS L.L.G., VAN ARENDONK J.A.M., BRASCAMP E.W., 1997. *Genetics*, 145, 395-408.
- KOPP, J. 1987. Caractérisation du jambon de type "pommade". *Compte rendu de recherche, INRA-CTSCCV*, 5 p.
- LABADIE J., 1997. *Communication personnelle*.
- LARZUL C., 1997. *Résultats non publiés*.
- LARZUL C., LE ROY P., GUÉBLEZ R., TALMANT A., GOGUE J., SELIER P., MONIN G., 1997. *J. Anim. Breed. Genet.*, 114, 309-320.
- LEBRET B., LEFAUCHEUR L., MOUROT J., BONNEAU M., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 144-156.
- LE ROY P., NAVEAU J., ELSÉN J.M., SELIER P., 1990. *Gen. Res., Camb.*, 55, 33-40.
- LE ROY P., PRZYBYLSKI W., BURLOT T., BAZIN C., LAGANT H., MONIN G., 1994. *Journées Rech. Porcine en France*, 26, 311-314.
- LE ROY P., JUIN H., CARITEZ J.C., BILLON Y., LAGANT H., ELSÉN J.M., SELIER P., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 53-56.
- LUDVIGSEN J., 1954. 272 Beretning fra Forsøgslaboratoriet, Copenhagen.
- LUNDSTRÖM K., ANDERSSON A., HANSSON I., 1996. *Meat Sci.*, 42, 145-153.
- MAIGNEL L., GUÉBLEZ R., BARDINAL M., GARREAU H., BIDANEL J.P., SELIER P., 1998. *Journées Rech. Porcine en France*, 30, 73-80.
- MILAN D., LEROY P., WOLOSZYN N., CARITEZ J. C., ELSÉN J. M., SELIER P., GELLIN, J., 1995. *Genetics Selection Evolution*, 27, 195-199.
- MONIN G., GRUAND J., LABORDE D., SELIER P., 1984. *Journées Rech. Porcine en France*, 16, 59-64.
- MONIN G., SELIER P., 1985. *Meat Sci.*, 13, 49-63.
- MONIN G., 1997. *J. Anim. Breed. Genet.*, 114, 309-320.

- MOUROT J., CHAUVEL J., LE DENMAT M., MOUNIER A., 1991. Journées Rech. Porcine en France, 23, 357-364.
- NAVEAU J. 1986. Journées Rech. Porcine en France, 18, 265-276.
- NOBLET J., BONNEAU M., 1997. Résultats non publiés.
- OFIVAL, 1997. In "Le marché des produits carnés et avicoles - Monde, Union Européenne, France - 1996", Annexes, tableau 3.
- OLLIVIER L., POTTIER D., 1975. Journées Rech. Porcine en France, 7, 293-302.
- OLLIVIER L., SELLIER P., MONIN G., 1975. Ann. Génét. Sél. Anim., 7 2, 159-166
- PETRONE, 1er s. ap. J.C. In "Le Satiricon", Les Belles Lettres éd., Paris, p. 67.
- POMMERET P., ZERT P., NAVEAU J., MÉLANI C., 1984. Journées Rech. Porcine en France, 16, 27-36.
- PORIN F., 1997. Viandes et Produits Carnés, Numéro spécial Consommation, 25-28.
- PURCHAS R.W., SMITH W.C., PEARSON, G., 1990. NZ J. Agric. Res., 33, 97-104.
- RAMPON V., GANDEMER G., LE JOSSEC P., BOULARD J., 1994. Journées Rech. Porcine en France, 26, 157-162.
- RUNAVOT J.P., SELLIER P., 1984. Journées Rech. Porcine en France, 16, 425-438.
- RUNAVOT J.P., BOULARD J., GUÉBLEZ R., LEGAULT C., OLLIVIER L., SELLIER P., 1994. Techni-Porc, 17(6), 17-27.
- SAUGÈRE D., RUNAVOT J.P., SELLIER P., 1989. Journées Rech. Porcine en France, 21, 335-344.
- SAYRE R.N., BRISKEY E.J., HOEKSTRA W.G., 1963. J. Anim. Sci., 22, 1012-1020.
- SELLIER P., 1975. Journées Rech. Porcine en France, 7, 253-258.
- SELLIER P., 1981. Journées Rech. Porcine en France, 13, 299-306.
- SELLIER P., 1985. 36ème Réunion annuelle FEZ, Thessaloniki, G4.10.
- SELLIER P., 1998. In : The Genetics of the Pig (Eds ROTHSCHILD M.F. and RUVINSKY A.) pp 463-510, CAB International, Oxon, UK.
- SELLIER P., JACQUET B., 1973. Journées Rech. Porcine en France, 5, 173-180.
- SELLIER P., MONIN G. 1993. Journées Rech. Porcine en France, 25, 37-42.
- TALMANT A., FERNANDEZ X., SELLIER P., MONIN G., 1989. 35th ICoMST, Copenhague, 3, 1129-1132.
- TEXIER C., DESMOULIN B., DUMONT B.L., 1970. Journées Rech. Porcine en France, 2, 209-216.
- TOURAILLE C., MONIN G., LEGAULT C., 1989. Meat Science, 25, 177-186.
- TOURAILLE C., MONIN G., 1982. Journées Rech. Porcine en France, 14, 33-36.
- TRIBOUT T., BIDANEL J.P., GARREAU H., FLÉHO J.Y., GUÉBLEZ R., LE TIRAN M.H., LIGONESCHE B., LORENT P., DUCOS A., 1998. Journées Rech. Porcine en France, 30, 95-100.
- WISMER-PEDERSEN J., 1957. 3rd Meet. Meat Res. Inst., Roskilde.
- ZERT P., 1970. Le porc d'abattage : appréciation, classement. Institut Technique du Porc (série V-1970), Paris.