

Cv 83 01

INFLUENCE DES CONDITIONS DE PRODUCTION ET D'ABATTAGE SUR LES QUALITÉS TECHNOLOGIQUES ET ORGANOLEPTIQUES DES VIANDES DE PORC

G. MONIN

Station de Recherches sur la Viande - I.N.R.A. - THEIX - 63110 BEAUMONT

Dans un récent article de synthèse consacré à la qualité de la viande de porc destinée à la consommation à l'état frais, JUL et ZEUTHEN (1981) énoncent que la qualité d'un produit se mesure au degré de satisfaction ressenti par les consommateurs de ce produit. On peut élargir cette définition en l'étendant à l'ensemble des utilisateurs de la viande, ce qui inclut, outre les consommateurs, les transformateurs utilisant la viande comme matière première de produits plus élaborés. Les deux catégories d'utilisateurs recherchent des caractéristiques *a priori* différentes : propriétés nutritionnelles, hygiéniques et organoleptiques pour les premiers, aptitudes technologiques pour les seconds. On ne peut toutefois dissocier aisément ces caractéristiques : ainsi par exemple l'emploi d'additifs pour modifier ou améliorer les aptitudes technologiques est généralement ressenti par le consommateur comme ayant des conséquences néfastes sur les qualités diététiques du produit, donc comme un facteur d'altération de la qualité.

Dans cet article, nous traiterons seulement des qualités technologiques et organoleptiques du tissu maigre. Il existe dans notre pays une très grande diversité des modes de transformation et de consommation de la viande de porc. 30 % de celle-ci (essentiellement les longes) sont consommés sous forme fraîche, 70 % donnent naissance à une gamme de produits extrêmement variés, depuis des produits de consommation de masse (certains jambons cuits ou pâtés en boîte par exemple) jusqu'à des fabrications jouissant d'une image de marque de haute qualité (jambons secs, saucissons secs, coppa...). Les technologies mises en œuvre sont bien sûr très diverses, et à chacune correspondent des aptitudes spécifiques de la matière première. On peut distinguer des produits cuits et des produits crus, des produits fabriqués à partir de pièces entières ou de fractions de pièces (jambons, poitrines,...) et des produits à base de viande hâchée et malaxée (saucissons, pâtes fines) : les caractéristiques considérées comme optimales et exigées de la matière première varieront en conséquence.

Dans certains cas, les procédés de fabrication gomment dans une grande mesure les variations dans les qualités de la matière première, dans d'autres cas, ces qualités conserveront une influence primordiale sur les caractères du produit proposé au consommateur. Cela peut dépendre du type de produit fabriqué : par exemple on retrouvera au niveau des jambons cuits une partie des variations de qualité technologique observées entre les carcasses de porcs, alors que ce ne sera pas le cas pour des saucissons où les viandes des différentes carcasses sont mélangées ; mais cela peut dépendre aussi, pour un type de produit donné, de la technologie mise en œuvre. Ainsi, l'industrie du jambon cuit connaît, semble-t-il, des problèmes de plus en plus aigus pour assurer son approvisionnement en matière première de qualité convenable. On peut se demander si cela est dû principalement, comme on l'entend souvent dire, à une dégradation des qualités de la viande fournie par les éleveurs, ou si les insuffisances déjà existantes n'ont pas simplement été révélées par des modifications de la technologie de transformation : en effet, la demande des consommateurs s'est déplacée ces dernières années vers des jambons de qualité supérieure, pour la fabrication desquels l'usage des additifs destinés à corriger les déficiences de la matière première est réduit au minimum ou même supprimé, rendant nécessaire l'emploi de viandes à bonnes

aptitudes technologiques. La difficulté de se procurer régulièrement et en quantité suffisante des viandes de haute qualité technologique, ou même plus simplement de qualité homogène, est alors apparue de façon criante.

Nous allons d'abord définir succinctement les principales qualités technologiques et organoleptiques de la viande fraîche, leur déterminisme, et leur influence sur les caractéristiques des produits transformés. Puis nous décrivons les répercussions sur ces caractéristiques des conditions de production de la carcasse (élevage et abattage).

I – LES QUALITÉS TECHNOLOGIQUES DU TISSU MAIGRE ET LEUR DÉTERMINISME

1. Définition des qualités technologiques

On désigne sous le terme de qualités technologiques les caractéristiques qui conditionnent l'aptitude de la viande à subir la conservation ou la transformation, c'est-à-dire à fournir, dans les conditions définies par l'industriel, des produits consommables de la qualité la plus satisfaisante possible avec le rendement le meilleur possible. Bien entendu, les qualités technologiques recherchées varient avec le type de produit considéré. Ce sont essentiellement :

- La couleur, qui doit satisfaire à des critères de teinte, d'intensité (ni trop pâle, ni trop foncée) et d'homogénéité. Pour nombre de produits transformés sans division préalable, tel le jambon cuit, la couleur du produit final dépend directement de celle de la matière première. La couleur est un des caractères immédiatement perceptibles au moment de l'achat par le consommateur : à ce titre, elle influence directement la décision de ce dernier.
- Le pouvoir de rétention d'eau, qui conditionne la présentation de la viande fraîche (les viandes exsudatives donnent rapidement, sous forme pré-emballée, un produit peu appétissant) mais surtout le rendement de fabrication des produits cuits, en déterminant dans une large mesure les pertes à la cuisson.
- Le pouvoir émulsifiant, dont dépend la stabilité des émulsions à base de gras et de viande (pâtes fines telles que saucisses de Strasbourg, pâtés en boîte,...).
- La conservabilité, lors de conservation par réfrigération ou dessiccation. Certaines viandes connaissent des proliférations microbiennes anormalement rapides, aboutissant à des putréfactions précoces.

2. Une cause importante de variation des qualités technologiques : l'évolution post mortem du pH musculaire

Chez l'animal vivant, le pH musculaire est voisin de la neutralité ou légèrement supérieur. La mort provoque l'arrêt de la circulation sanguine, c'est-à-dire de l'apport d'oxygène et de nutriments par le sang ; en quelques minutes, le muscle se trouve en état d'anoxie et doit utiliser ses réserves énergétiques pour permettre la poursuite des mécanismes qui assurent l'intégrité des structures et du fonctionnement cellulaire, en particulier la synthèse d'adénosine triphosphate (ATP). Le glycogène dégradé par voie anaérobie se substitue au glucose et aux acides gras libres du sang comme principale source énergétique.

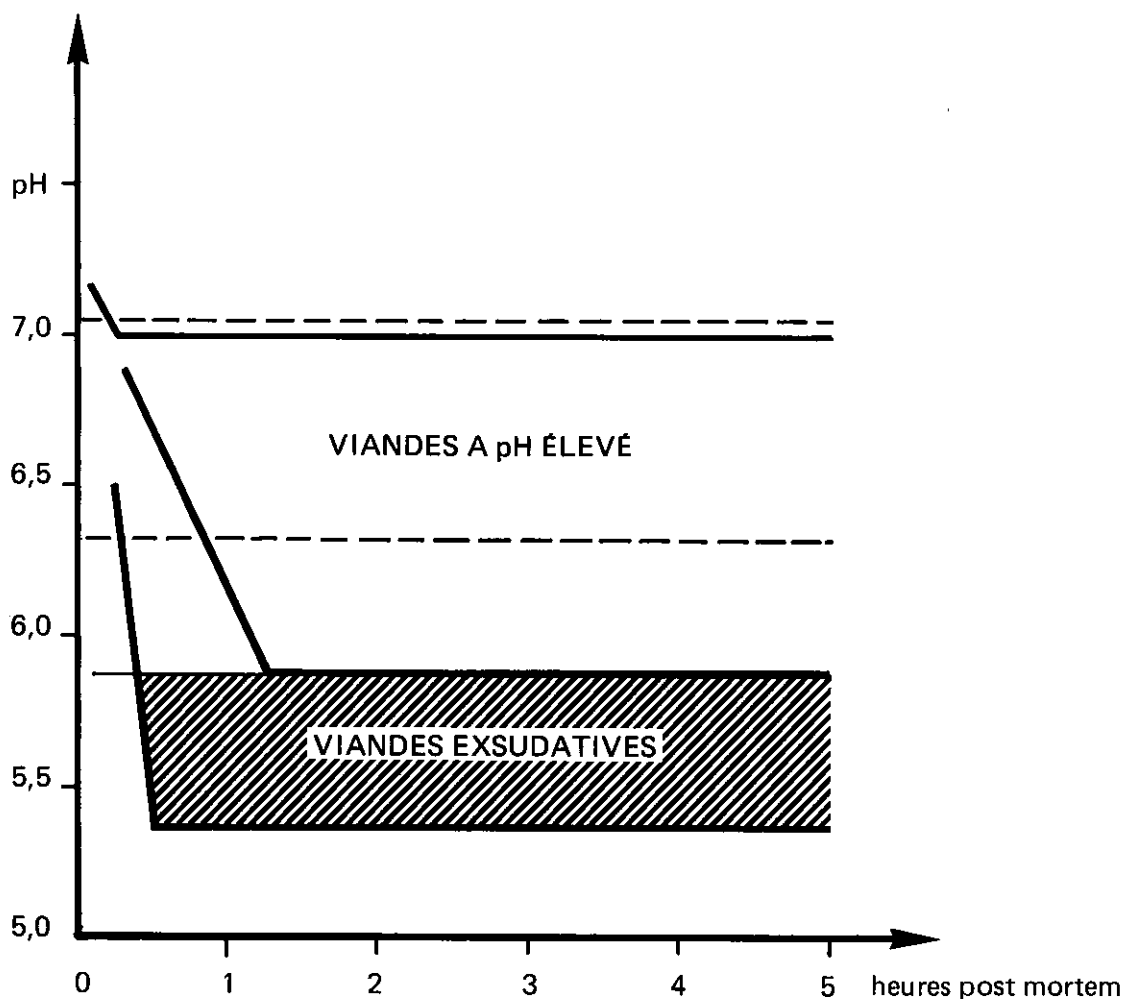
Le phénomène biochimique le plus important, du point de vue de la transformation du muscle en viande, est la dégradation de l'ATP en adénosine diphosphate et en phosphate inorganique sous l'action des diverses enzymes douées d'activité ATPasique que le tissu musculaire contient. Cette hydrolyse de l'ATP libère des protons qui acidifient le muscle, et provoque ainsi une diminution du pH musculaire ; elle aboutit finalement, lorsque le taux d'ATP approche de zéro, à l'installation de la rigidité cadavérique. Évolution du pH et raidissement progressif de la musculature sont ainsi étroitement liés (BENDALL, 1973). Cependant, l'épuisement de l'ATP est retardé par des réactions de resynthèse, dont les deux principales consistent dans l'hydrolyse de la phosphocréatine et du glycogène par voie anaérobie.

La rigidité cadavérique complète s'installe et la chute du pH cesse, en même temps que le taux d'ATP s'annule. Ceci peut résulter de plusieurs causes :

- Soit l'arrêt des réactions hydrolytiques vers un pH variant de 5,5 à 6,2 selon les muscles ; la cause exacte de cet arrêt est mal connue, il est probable que l'inactivation des enzymes par le pH acide joue un rôle.
- Soit l'arrêt de la resynthèse d'ATP par carence en phosphocréatine et surtout en glycogène (cas des animaux fatigués avant l'abattage) : dans ce cas, le pH se stabilise à une valeur supérieure à celles indiquées précédemment, il peut même rester proche de la neutralité dans certains cas.

FIGURE 1

RELATIONS ENTRE LA CINÉTIQUE D'ÉVOLUTION DU pH APRÈS LA MORT ET LES CARACTÉRISTIQUES DE QUALITÉ TECHNOLOGIQUE DES VIANDES PORCINES



Quelle que soit la valeur finale atteinte (pH ultime), la cinétique d'évolution du pH peut présenter de larges variations (Figure 1) sous l'influence de l'activité ATPasique globale du muscle. Toute cause entraînant une augmentation anormale de l'activité ATPasique accélère d'autant la vitesse de chute du pH. En pratique, une telle perturbation peut résulter soit des contractions musculaires contemporaines de la mort de l'animal (MAC LONGHLIN, 1964), soit d'une anomalie métabolique d'origine génétique, que l'on désigne par le terme de « sensibilité à l'halothane » : ces aspects seront développés dans les chapitres V et VI.

Dans des cas extrêmes, une chute de pH de grande amplitude (pH 5,5) peut être achevée en quelques minutes : dès la sortie de l'échaudoir, la carcasse présente une rigidité intense. On obtient alors des viandes pâles et exsudatives, comme nous le décrirons ultérieurement.

Le pH ultime varie largement d'un muscle à l'autre, en relation avec les caractéristiques métaboliques : GOUTEFONGEA et CHARPENTIER (1966) rapportent des valeurs moyennes de 5,4 pour le *Longissimus dorsi* à 6,15 pour le *Rectus femoris* (portion foncée) dans des carcasses normales de porcs Large White.

3. Couleur et pouvoir de rétention d'eau

Ces qualités sont définies, et leur déterminisme décrit en détail, dans l'article présenté aux Journées de la Recherche Porcine en France (1978) par GOUTEFONGEA, GIRARD et JACQUET. Rappelons simplement : que l'intensité de la couleur et le pouvoir de rétention d'eau augmentent avec le pH de la viande ; qu'une chute rapide du pH détériore ces deux qualités. Il en résulte que les viandes à pH élevé ont une couleur foncée et un bon pouvoir de rétention d'eau (viandes DFD, Dark Firm Dry des anglo-saxons), et que les viandes connaissant *post mortem* une chute rapide du pH sont pâles, exsudatives et flasques (syndrome de myopathie exsudative et dépigmentaire, viandes PSE (Pale Soft Exudative). Rappelons aussi qu'un autre facteur important de variation de la couleur est la teneur en pigment, qui varie avec l'âge, la race, les conditions d'élevage et aussi le muscle considéré. Il est fréquent de rencontrer des carcasses « bicolorées » : la coupe du jambon présente des muscles périphériques très pâles et des muscles internes très rouges ; cette différence provient des différences à la fois dans le type métabolique et le pH, les muscles profonds étant plus riches en pigment et possédant un pH plus élevé, deux facteurs augmentant l'intensité de la couleur.

4. La conservabilité

Elle dépend de la résistance de la viande à la pénétration et à la prolifération des micro-organismes, sources d'altération.

L'abaissement du pH après la mort aurait un pouvoir bactériostatique, et lorsque le pH se stabilise à une valeur élevée, les proliférations microbiennes seraient favorisées (HEDRICK *et al.*, 1964 ; REY *et al.*, 1976 ; LABADIE, communication personnelle). Cependant, selon HERMANSEN (1980), le pH a peu d'influence sur les croissances microbiennes observées sur du porc frais emballé sous vide ou conservé en conditions aérobies. GILL et NEWTON (1978) expliquent le développement précoce de mauvaises odeurs lors de la conservation de viandes à pH élevé par la très faible teneur en sucres de ces viandes : les micro-organismes prolifèrent alors aux dépens des substances protidiques (observations faites sur viandes de bœuf).

II – LES QUALITÉS ORGANOLEPTIQUES DU TISSU MAIGRE : DÉFINITION ET DÉTERMINISME

Ce sont les qualités sensorielles, perçues par le consommateur lors de l'achat, de la cuisson et de la consommation de la viande : aspect, texture, flaveur.

L'aspect est perçu grâce au sens de la vision. Il a une importance commerciale considérable, car c'est souvent le seul critère dont le consommateur dispose pour motiver sa décision d'achat. Le consommateur serait particulièrement sensible au rapport maigre/gras, mais aussi à la couleur, souvent considérée comme critère de fraîcheur (ZUIDAM *et al.*, 1971). Nous avons précédemment évoqué les facteurs de variation de la couleur, quant au rapport maigre/gras, il est très lié à l'adiposité de la carcasse dont provient le morceau de viande.

La flaveur est perçue grâce à l'olfaction (odeur) et à la gustation (goût) ; c'est une sensation complexe dont le déterminisme est très mal connu. Elle augmente avec le taux de lipides intramusculaires (TUREK *et al.*, 1966 ; BUCHTER et VESTERGAARD, cités par JUL et ZEUTHEN, 1980) mais dépend probablement aussi de la composition et du degré de lipolyse de ces lipides (THEUNISSEN *et al.*, 1979). Elle est liée également à d'autres caractéristiques de

composition, telles que la teneur en protéines et la composition en acides aminés libres (USBORNE, 1980). Il n'est pas rare de rencontrer, dans la viande de porc, des saveurs anormales, résultant d'erreurs d'alimentation (mauvaises farines de poissons, résidus industriels, etc...) mais aussi de la non-castration des mâles. Nous n'insisterons pas sur le problème de l'odeur de verrat observée chez les mâles entiers, qui a fait l'objet d'une synthèse très complète par BONNEAU et DESMOULIN (1982).

La notion de texture recouvre deux caractéristiques : tendreté et jutosité. La tendreté mesure la facilité avec laquelle la viande se laisse mastiquer. On prétend souvent qu'elle ne constitue pas un facteur limitant de l'acceptabilité des viandes de porc : les résultats de DUMONT (1974) montrent le contraire. Cet auteur observe qu'environ 20 % des côtelettes et 10 % des rôtis soumis à l'appréciation de familles de consommateurs, dans une expérience utilisant trois races françaises, sont jugés insatisfaisants du point de vue de la tendreté ; certains consommateurs trouvent même « la viande dure, au point, dans un cas, d'être déclarée immangeable » (DUMONT, 1974). La tendreté dépend de facteurs divers. Elle est liée négativement au taux et au degré de polymérisation du collagène (LAWRIE, 1966b ; KIRKEGAARD *et al.*, 1979) et augmente avec le taux de lipides intramusculaires (BUCHTER et ZEUTHEN, 1971 ; BUCHTER et VESTERGAARD, cités par JUL et ZEUTHEN, 1980 ; KIRKEGAARD *et al.*, 1979). L'effet de la maturation est controversé : il est très faible selon HARRISON *et al.* (1970), sensible selon BUCHTER et ZEUTHEN (1971). Ces derniers auteurs ont montré que l'intensité de la maturation est très amoindrie dans le cas des viandes exsudatives. La tendreté est également affectée par le degré de contraction des myofibrilles à l'issue de l'installation de la rigidité cadavérique (SINK *et al.*, 1965) : ceci expliquerait au moins en partie la dureté des viandes exsudatives. Enfin le pH ultime de la viande influence la tendreté : les viandes à pH élevé sont souvent décrites comme plus tendres que les viandes normales (HEDRICK *et al.*, 1964 ; LEWIS *et al.*, 1962 ; LEWIS *et al.*, 1969) bien que certains auteurs n'observent pas de différence significative entre les deux types de viande (TOPEL *et al.*, 1976). La jutosité dépend également du pH de la viande : LEWIS *et al.* (1962, 1969) rapportent une augmentation de la jutosité avec le pH, cependant pour TOPEL *et al.* (1976) les viandes normales sont plus juteuses que soit les viandes à pH élevé, soit les viandes exsudatives. Mais elle dépend surtout des pertes à la cuisson, elles mêmes liées au pouvoir de rétention d'eau, et de la teneur en gras intramusculaire (LAWRIE, 1966b).

III – INFLUENCE DES CARACTÉRISTIQUES DE LA MATIÈRE PREMIÈRE SUR LES PRODUITS TRANSFORMÉS

1. pH et pouvoir de rétention d'eau

Ces deux caractéristiques représentent des qualités technologiques très importantes, car elles conditionnent le rendement de nombreux types de transformations : salaisons cuites, pâtes fines, également dans une moindre mesure salaisons sèches. Les rendements de saumurage et de cuisson augmentent avec le pH : JACQUET et OLIVIER (1971) observent un coefficient de corrélation de + 0,7 entre le pH moyen pondéré du jambon cru et le rendement technologique de la fabrication du jambon de Paris ; GOUTEFONGEA *et al.* (1978) rapportent une liaison d'intensité tout à fait comparable entre rendement technologique et pouvoir de rétention d'eau déterminé sur la viande fraîche. Un pH élevé et un bon pouvoir de rétention d'eau favorisent également la stabilité des pâtes fines. GIRARD et DENOYER (1971) montrent que de ce point de vue la valeur optimale du pH dépend des caractéristiques du gras participant à la fabrication de la pâte.

A l'inverse, les viandes à pH élevé conviennent mal à la conservation de viandes crues par salaison : jambon sec, saucissons, bacon. D'une part le sel pénétrerait difficilement dans la viande à pH élevé, bien que ceci soit contesté par divers auteurs (voir à ce sujet la revue bibliographique de MORLEY, 1977) ; d'autre part le pH élevé favoriserait la prolifération microbienne (cf § 1.4). Pour POMA (1977) les jambons possédant un pH supérieur à 6,3 (mesuré dans le muscle *Semi membranous*) ne se prêtent pas à la salaison sèche. De même le bacon provenant de carcasses à haut pH se conserve mal (DEMSTER, 1974 ; TAYLOR *et al.*, 1976). Pour les saucissons secs,

le mélange avec des viandes à pH plus faible permet de résoudre le problème. En salaisons cuites, les croissances microbiennes sont stabilisées par la cuisson et l'emploi du nitrite de sodium, et des pH de l'ordre de 6,5 restent acceptables.

Les viandes exsudatives conviennent mal à la plupart des fabrications (MERKEL, 1971). Elles ont un mauvais rendement de transformation en salaisons cuites comme en salaisons sèches (HEDRICK et KAUFMANN, 1972 ; KEMP *et al.*, 1974 ; KAUFMANN *et al.*, 1978 ; TOWNSEND *et al.*, 1978). Les produits provenant de telles viandes ont généralement une texture plus dure et plus sèche, une saveur inférieure et sont réputés avoir un goût plus salé (POMA, 1977). Par contre, elles ne posent pas de problème particulier de conservation.

2. La couleur

Elle joue un rôle important pour l'acceptabilité de la plupart des produits. L'intensité de la couleur du produit fini dépend souvent de celle de la matière première. Toutefois, on recherche généralement plutôt une couleur homogène qu'une couleur intense : ainsi les viandes bicolores sont peu appréciées des fabricants de jambon cuit, car le contraste entre les masses musculaires de couleur différente subsiste dans le produit transformé. Selon LOZONCZY (1969), les jambons pâles présentent la plus grande homogénéité de couleur. Pour la fabrication des saucissons secs, la couleur foncée constitue une des raisons, parmi d'autres, de la préférence accordée aux viandes de porcs âgés (cochettes et cochons).

3. La composition

Deux constituants de la viande influencent notablement les qualités des produits finis : le tissu conjonctif et le gras intramusculaire, dont les variations en fonction de divers facteurs zootechniques (âge, race) peuvent être importantes. Le collagène des aponévroses enveloppant les muscles est responsable de la tenue de tranche dans le jambon cuit, et les déficiences fréquemment observées au niveau de cette caractéristique pourraient parfois être attribuées aux propriétés du collagène d'animaux abattus de plus en plus jeunes (GOUTEFONGEA *et al.*, 1978). En outre il est vraisemblable que l'importance, la structure et la répartition de la trame conjonctive dans le tissu musculaire influencent la texture des produits fabriqués, comme l'ont fait remarquer SCHMITT et DUMONT (1970). Le gras intramusculaire contribue à la sensation de moelleux et à l'aspect de la tranche, tant dans les produits cuits que dans les produits secs (GOUTEFONGEA *et al.*, 1978). Il peut être aussi, au même titre que le gras périphérique, un vecteur d'odeurs et de goûts désagréables.

IV – INFLUENCE DES CONDITIONS D'ÉLEVAGE ET DU SEXE SUR LES QUALITÉS DES VIANDES PORCINES

Les conditions de production de la viande, depuis la sélection des animaux jusqu'aux stades ultimes de l'abattage, ont des répercussions sur la qualité finale du produit et ses aptitudes à la transformation.

1. Influence de l'alimentation pendant l'engraissement

L'alimentation des animaux est souvent incriminée comme facteur important de qualité des viandes. En fait, si elle joue un rôle certain en ce qui concerne le tissu adipeux, les données relatives au tissu maigre sont assez peu concluantes. La diversité des modes d'alimentation étudiés, les possibles interactions entre mode d'alimentation, sexe, type génétique, âge à l'abattage font que les résultats obtenus sont difficiles à généraliser.

COSSARD (1957) attribuait l'apparition des viandes exsudatives à l'utilisation des sérums de laiterie dans l'alimentation des porcs. Depuis cette date, l'influence de la nature de la ration a donné lieu à un certain nombre d'études : comparaison de diverses céréales, tourteaux, sources

protéiques, etc... La plupart des auteurs n'observent aucune différence ou des différences minimales entre les divers aliments distribués (BARBER *et al.*, 1977 ; BRAUDE et RHODES, 1969 ; DOROZEWSKA et DOROZEWSKI, 1970 ; EVANS *et al.*, 1978 ; GILKA *et al.*, 1981 ; HOMB et MATRE, 1972 ; KORTZ et TABISZEWSKI, 1970 ; OLSON *et al.*, 1973 ; SRECKOVIC *et al.*, 1977 ; WAHLSTROM *et al.*, 1971). Notons toutefois l'intéressante observation réalisée en France par PEREZ *et al.*, (1981), selon qui l'introduction de manioc au taux de 30 % dans la ration, en substitution au maïs, peut abaisser notablement le pH et corrélativement le pouvoir de rétention d'eau de la viande ; ces auteurs ne trouvent cependant pas de conséquence de ces modifications sur le rendement de fabrication de jambon sec. Il semble également acquis que les rations riches en glucides facilement assimilables (saccharose par exemple) favorisent la production de viandes exsudatives, ou du moins à bas pH, en élevant le taux de glycogène musculaire (LUDVIGSEN, 1954 ; HENRY *et al.*, 1958 ; SAYRE *et al.*, 1963).

Dans une étude très complète terminée récemment, DESMOULIN *et al.* (résultat non publiés) comparent les aptitudes technologiques à divers types de fabrications et les qualités organoleptiques des viandes tant crues que transformées, de porcs élevés avec des régimes à base d'orge et de maïs : ils n'observent pratiquement aucune influence de la nature de la céréale, malgré une teneur en lipides intramusculaires légèrement supérieure chez les animaux nourris au maïs (études sur viande fraîche, jambon cuit, saucisson sec, jambon sec).

Plus importants que la nature de la ration semblent être les niveaux énergétique et protéique. Le rationnement est parfois considéré comme améliorant les qualités technologiques et organoleptiques de la viande produite (CLIPLEPF, 1970 ; JANICKI *et al.*, 1970 ; LUDVIGSEN, 1954) ; STAUN (1971) et YEN *et al.* (1981) trouvent le rationnement sans influence et PASSBACH *et al.* (1968) lui attribuent une augmentation de la fréquence des viandes exsudatives. GOUTEFONGEA *et al.* (1977) ont observé que l'accroissement de la concentration en énergie digestible de la ration augmente le rendement technologique de la transformation du jambon en jambon de Paris, mais chez les mâles castrés seulement. Pour BERESKIN *et al.* (1978) et GILSTER (1972), la diminution du taux protéique de la ration améliore les qualités technologiques et organoleptiques de la viande, mais ROUSE (1971) ne trouve de ce point de vue aucune différence entre des régimes contenant 12 et 16 % des protéines ; de même GOUTEFONGEA *et al.* (1977) n'observent aucune relation entre le rapport azote/énergie de la ration et le rendement de fabrication du jambon de Paris.

L'emploi de sous-produits industriels dans l'alimentation des porcs est fréquent. Il semble qu'il soit sans conséquences néfastes, lorsque ces sous-produits ont été convenablement traités au préalable. AVYASOV et PANKOV (1980), GILKA *et al.* (1981), MIKAILOVA (1973) ont montré qu'il est possible de produire des viandes de porcs de qualités organoleptiques tout à fait normales à partir de résidus d'industries agro-alimentaires, tels que poudre d'os (industrie de la colle), marcs de raisin, ...

Il est généralement admis que les composants de la ration les plus susceptibles d'influencer les qualités organoleptiques de la viande sont ceux qui modifient la composition des lipides de la carcasse (au premier chef les lipides de la ration) ou se fixent dans les tissus gras (gras de couverture ou gras intramusculaire). STILWELL (1971) rapporte que les qualités organoleptiques des viandes obtenues à partir de rations riches en lipides insaturés sont amoindries. VAN WYK *et al.* (1971), comparant des régimes à base de différentes farines de poissons, observent que l'intensité des saveurs désagréables augmente avec le taux d'acides gras insaturés de la ration. Cependant THEUNISSEN *et al.* (1979) ne trouvent pas de différence entre les produits fabriqués avec des gras de porc contenant de 20 à 40 % d'acides gras poly-insaturés ; dans l'étude de DESMOULIN et collaborateurs, citée précédemment, les viandes de porcs élevés au maïs contiennent significativement plus d'acides gras insaturés sans que cela se répercute sur les propriétés organoleptiques.

L'équilibre vitaminique et minéral est important. Les carences en sélénium ou en vitamine E sont sources de dégénérescences musculaires et à ce titre affectent les caractéristiques du tissu musculaire. Toutefois, lorsque le besoin en ces deux éléments est satisfait, une surcharge n'apporte aucune amélioration des qualités technologiques. NIELSEN et RASMUSSEN (1979), chiffrant le besoin en sélénium à 0,1 mg/kg d'aliment, fournissent à des porcs à l'engrais, entre 5 et 85 kg de poids vif, des rations contenant de 0,03 à 1 mg de sélénium par kg : ils n'observent

aucune influence notable sur les qualités de la viande, du moins mesurées sur le produit frais. Ces auteurs insistent d'ailleurs sur les différences entre les changements biochimiques et histologiques accompagnant la carence en vitamine E ou sélénium et ceux observés dans la viande exsudative. De même, BEHRENS (1974) ne trouve aucun effet d'une surcharge en vitamine E, administrée soit dans la ration soit par injection pendant les 7 jours précédant l'abattage, sur les qualités technologiques de la viande. Des essais de surcharge en vitamine C n'ont pas non plus abouti à des modifications des qualités technologiques de la viande (RAJIC, 1971). L'usage de substances destinées à accélérer la croissance semble avoir peu de conséquences sur les qualités technologiques et organoleptiques (FERRANDO et RAYNAUD, 1969 : carbadox ; HART *et al.*, 1963 : stéroïdes anabolisants).

Plusieurs expériences ont porté sur les conséquences de l'alimentation pendant les quelques jours ou semaines précédant l'abattage. BRISKEY *et al.* (1959) ont montré que des rations très riches en sucres (jusqu'à 50 % de saccharose) augmentent le taux de glycogène musculaire et permettent ainsi l'obtention d'un pH ultime très bas et de viande exsudative. A l'inverse STEELE *et al.* (1979) rapportent que l'enrichissement en gras de la ration pendant les dix jours précédant l'abattage amène une nette amélioration des qualités technologiques ; l'examen des résultats de BRISKEY *et al.* (1959) tend d'ailleurs à renforcer ce résultat. Des expériences systématiques sont encore nécessaires pour établir définitivement la réalité de cette intéressante observation.

Il convient de remarquer que dans la plupart des études citées ci-dessus, les méthodes d'appréciation des qualités technologiques sont assez peu précises ; dans beaucoup de cas, seuls pH et couleur sont mesurés. Néanmoins, l'ensemble des résultats permet de conclure que l'alimentation a peu d'influence sur les qualités technologiques de la viande maigre, si l'on excepte les régimes très déséquilibrés ou très carencés en éléments essentiels (vitamines, minéraux, acides aminés indispensables) susceptibles d'engendrer des désordres nettement pathologiques tels que les dégénérescences musculaires. Par contre, l'alimentation est susceptible d'influencer nettement les qualités organoleptiques, en particulier celles qui sont liées au taux et à la composition des lipides intramusculaires, comme la flaveur et la jutosité.

2. Logement des animaux

Pour la majorité des auteurs, le type de bâtiment utilisé pour l'engraissement des animaux n'a aucun effet sur les qualités technologiques et organoleptiques des viandes produites (différents types de bâtiments : ADDIS *et al.* (1965) ; bâtiments semi-plein air ou entièrement clos : JONES *et al.* (1971) ; différents types de bâtiments expérimentés au Danemark entre 1968 et 1979 : MADSEN et KELLER-NIELSEN, 1979 ; différents types de planchers et diverses densités d'élevage : SHULER *et al.*, 1970) ; toutefois BIEDERMANN et BADER (1970) observent une viande plus claire chez les sujets élevés en porcherie de plein air que chez ceux provenant de porcheries closes. Le confinement, et le manque d'exercice qui en résulte, sont souvent accusés de favoriser la production de viandes exsudatives (ALBRECHT *et al.*, 1977), pourtant GALLOWAY *et al.* (1977) ne trouvent aucune différence entre les viandes de porcs élevés en cage à métabolisme ou au pâturage ; LANNEK *et al.*, (1974) considèrent comme sans influence la taille de l'enclos où les porcs sont engraisés. L'exercice améliore les qualités de la viande (KRZYWICKI, 1972 ; LANNEK *et al.*, 1974 ; LINDBERG *et al.*, 1973 ; RULCKER, 1968), encore faut-il qu'il soit répété tout au long de l'engraissement et suffisamment intense, ce qui le rend incompatible avec la recherche d'un bon indice de consommation : des expériences réalisées dans divers pays (Danemark : CLAUSEN, 1967, cité par WISMER-PEDERSEN, 1968 ; Pologne : WITKOWSKA et KORTZ, 1971) ont consisté à placer les nourrisseurs des porcs en hauteur, pour obliger les animaux à prendre en permanence de l'exercice (obligation de grimper pour se nourrir) pendant toute la période d'engraissement : cela n'a pas suffi à modifier les caractéristiques technologiques de la viande.

L'engraissement dans des locaux obscurs favoriserait la production de viande exsudative, en augmentant la sensibilité au stress des animaux (FILUS, 1971). Des essais d'irradiation par rayonnement ultraviolet au cours de l'élevage n'ont pas révélé d'effet notable (BERGER *et al.*, 1979).

Il existe une influence de la taille des unités de production sur les qualités technologiques de la viande. Cependant les résultats publiés sont contradictoires : pour DZERZIN'SKA-TSYBULKO et POSPEKH (1978), on trouve plus de viandes exsudatives sur les exploitations de grande taille que sur les petites ; à l'inverse, GALLWEY et TARRANT (1978) observent plus de viande à pH élevé dans les grandes unités.

On peut conclure de ces observations que le type de bâtiment et la densité de logement des animaux ont peu d'effet sur les qualités technologiques de la viande.

3. Sexe

Les qualités technologiques dépendent assez peu du sexe. En ce qui concerne les qualités organoleptiques, on observe peu de différences entre mâles castrés et femelles, les mâles entiers présentant souvent des odeurs désagréables réduisant l'acceptabilité de leur viande. Cet aspect a fait l'objet en 1982 d'une revue bibliographique très complète (BONNEAU et DESMOULIN, 1982), nous n'y insisterons pas. Les mâles castrés donneraient des viandes légèrement supérieures à celles des femelles, tant sur les plans technologique qu'organoleptique, pour CHARPENTIER *et al.* (1971), LUNDSTROM *et al.* (1979) MALMFORS *et al.* (1978), PUDA et KOPECKI (1973), TULEY *et al.* (1979, VERDIJK (1972) ; cependant DUNIEC *et al.* (1974) trouvent la viande des mâles castrés plus claire et CLIPLEF (1970) plus dure que la viande des femelles, tandis que la majorité des chercheurs, utilisant diverses techniques allant de la simple mesure du pH à celle du rendement de fabrication, n'observent pas de différences significatives (BEKAERT *et al.*, 1968 ; DOMANSKI et SOSNICKI, 1974 ; JACQUET et SELLIER, 1973 ; JACQUET et OLLIVIER, 1971 ; MAC GLOUGHLIN et MAC LOUGHLIN, 1976 ; MOEN *et al.*, 1970 ; MONIN, OLLIVIER et SELLIER, 1976 ; SMITH *et al.*, 1976 ; SMITH et WILSON, 1980). Dans l'étude citée plus haut, DESMOULIN *et al.* n'observent que très peu de différence entre les deux sexes pour les aptitudes technologiques, (qualités de la viande fraîche, rendement de transformation en jambon cuit, sec ou saucisson) comme pour les qualités organoleptiques de la viande fraîche ou transformée. Sur le plan technologique, on connaît peu de résultats relatifs aux porcs mâles entiers. GALLWEY et TARRANT (1978), MOSS et ROBB (1978) trouvent un pH ultime plus élevé dans la viande d'animaux mâles entiers que dans la viande provenant des autres sexes, mais MAC GLOUGHLIN et MAC LOUGHLIN (1976) n'observent de ce point de vue aucune différence entre les trois sexes. DESMOULIN *et al.* (1982) pour leur part ne trouvent pas de différence entre les trois sexes pour le rendement technologique de fabrication du jambon de Paris, mais observent un rendement de fabrication de saucisson légèrement meilleur chez les mâles castrés que chez les mâles entiers ; une hypothèse possible est que la viande de porcs castrés, plus grasse, perd moins de poids lors du séchage.

SELLIER et LEGAULT (1978) considèrent qu'il n'y a pas d'influence notable du stade du cycle œstrien des femelles sur divers critères indicateurs de la qualité technologique de la viande (pH, réflectance, pouvoir de rétention d'eau).

En résumé, les différences d'aptitudes technologiques entre les trois sexes sont faibles, de même que celles entre les qualités organoleptiques des mâles castrés et des femelles. Le principal problème lié à l'emploi de viandes de porcs mâles entiers reste celui de l'odeur sexuelle.

4. Age et poids à l'abattage

Incontestablement, l'âge à l'abattage influence les caractéristiques technologiques et organoleptiques : les viandes d'animaux âgés (coches, verrats de réforme) sont nettement plus colorées, plus persillées, contiennent plus de collagène que celles des porcs charcutiers. Elles conviennent d'ailleurs mieux à certaines fabrications, comme le saucisson sec. Mais dans la tranche d'âge où sont abattus la plupart des porcs, cinq à huit mois, l'importance des modifications liées à l'âge est faible. En outre, dans la plupart des publications disponibles, il est difficile de faire la part entre les influences respectives de l'âge et du poids d'abattage, l'abattage étant la plupart du temps déterminé par le poids et l'âge étant rarement pris en compte dans l'exploitation des données. CHAE et CHOI (1979), KALLWEIT (1969), OGNJANOVIC *et al.* (1973),

ROUSE (1971), SRECKOVIC *et al.* (1977) ne trouvent que peu ou pas d'influence du poids d'abattage sur les caractéristiques de la viande dans la zone de poids de 80 à 130 kg. DESMOULIN *et al.* (1982) observent très peu de différence entre des porcs Large White abattus respectivement à 95 - 100 kg et 115 - 120 kg de poids vif, pour les caractéristiques organoleptiques et technologiques, tant en ce qui concerne la viande fraîche que divers produits de transformation (jambon cuit, jambon sec, saucisson sec) ; la viande des porcs les plus lourds est un peu moins appréciée à l'état frais, mais l'est davantage sous forme de jambon cuit. Pour la viande fraîche, ce résultat confirme l'opinion de DESMOULIN *et al.* (1972) et de USBORNE (1970). Pour SHULER *et al.* (1970), l'élévation du poids d'abattage se traduit par une teneur supérieure en gras intramusculaire et de moindres pertes de poids à la décongélation, bien que le pouvoir de rétention d'eau de la viande fraîche ne soit pas modifié. MARTIN *et al.* (1980) considèrent que le pouvoir de rétention d'eau et l'intensité de la couleur augmentent avec le poids d'abattage, pour des carcasses pesant de 73 à 137 kg : cette évolution de la couleur est probablement due à l'élévation du taux de pigment musculaire avec l'âge (LAWRIE *et al.*, 1963). En France, TEXIER et DARIDAN (1976) rapportent une nette élévation du pH, de la couleur et du pouvoir de rétention d'eau de la viande lorsque le poids d'abattage passe de 100 à 120 kg, cependant les différences observées dans cette expérience sont si importantes qu'elles amènent à soupçonner une influence des conditions d'abattage, non prises en compte dans cette étude.

Quelques auteurs ont étudié plus spécifiquement l'influence de l'âge chronologique sur les propriétés de la viande. BERRY *et al.* (1970) utilisant des porcs abattus à des âges variant de 120 à 240 jours ne trouvent de modification des qualités technologiques qu'entre 200 et 240 jours. OGNJANOVIC (1973) observe qu'à poids d'abattage égal, les animaux les plus âgés ont un meilleur pouvoir de rétention d'eau, mais on ne peut exclure une influence du mode de rationnement sur ce résultat (la différence d'âge à poids d'abattage identique est obtenue en rationnant une partie des animaux).

On peut se demander si l'évolution des qualités technologiques ne s'accélère pas au-delà d'un certain poids, de l'ordre de 120 à 130 kg. En effet SRECKOVIC *et al.* (1973) obtiennent, chez des porcs de 100 à 130 kg, une différence de pouvoir de rétention d'eau seulement entre 120 et 130 kg. L'observation de BERRY *et al.* (1970) rapportée au paragraphe précédent va dans le même sens.

L'augmentation du poids à l'abattage jusqu'aux environs de 120 - 130 kg vif n'apporte donc qu'une amélioration très limitée des caractéristiques technologiques, et dans certains cas organoleptiques (pour ce dernier point, il n'est pas étonnant de trouver des divergences entre les chercheurs de pays divers, compte tenu des habitudes locales de consommation). C'est d'ailleurs la conclusion à laquelle aboutit récemment une discussion entre spécialistes de plusieurs pays européens (FROYSTEIN, SLINDE et STANDAL, 1980). Il convient toutefois de tenir compte du fait que des poids d'abattage donnés correspondent probablement, pour des races différentes, à des âges physiologiques très différents, et que donc les résultats ne peuvent être extrapolés d'une race à l'autre qu'avec une grande prudence.

V – FACTEURS GÉNÉTIQUES

1. Race

C'est certainement un des facteurs de variation des propriétés technologiques et organoleptiques parmi les plus importants. De nombreuses études ont pris en compte ce facteur, il n'est pas possible de les rapporter toutes ici. Nous nous limiterons à celles qui apparaissent les plus intéressantes, soit par des conclusions de portée générale, soit parce qu'elles se rapportent à des races exploitées dans notre pays.

Les races rustiques, ou du moins peu améliorées en vue de la production de tissu maigre, ont la réputation de fournir des viandes de qualité supérieure à celles des races à hautes performances d'engraissement et bonne qualité de carcasse. UNSHELM *et al.* (1972) confirment ce point de vue dans une comparaison de races très différentes par leurs aptitudes : Piétrain, Landrace allemand, « Porc d'herbage » allemand, Mangalica. Ils concluent que les deux races de

porcs gras, Mangalica et « Porc d'herbage », donnent la meilleure qualité de viande, le type le plus « à viande », à savoir le Piétrain, fournissant une viande de qualité technologique très inférieure.

L'ensemble des résultats obtenus en France depuis une vingtaine d'années, tant ceux des expérimentations menées à l'I.N.R.A. et l'Institut Technique du Porc (GOUTEFONGEA *et al.*, 1977, JACQUET et OLLIVIER, 1971 ; MONIN, 1971 ; SELLIER *et al.*, diverses expériences résumées par SELLIER (1982)), que ceux recueillis dans les Stations de contrôle de performance, (voir SELLIER, 1976), amènent à conclure que les races présentant les meilleures qualités de la viande sont le Large White, puis le Landrace français, alors que le Piétrain et plus encore le Hampshire donnent fréquemment des viandes défectueuses. Pour le Piétrain, la fréquence élevée de viandes à caractère exsudatif s'explique par la forte proportion d'animaux sensibles à l'halothane dans cette race (cf. § V.3), mais ce mécanisme ne peut être invoqué dans le cas du Hampshire (SELLIER, 1982). Le cas du Landrace Belge est, à notre avis, plus complexe : cette race est théoriquement prédisposée à donner une forte proportion de viandes exsudatives, de par sa fréquence importante d'animaux sensibles à l'halothane (OLLIVIER *et al.*, 1978) ; mais elle produit fréquemment des viandes à pH ultime relativement élevé, comparativement aux autres races (DUMONT, 1974 ; MONIN et SELLIER, observations non publiées), ce qui en quelque sorte « corrige » sa tendance au caractère exsudatif, en prévenant la dénaturation des protéines musculaires par les bas pH (pour une discussion de ce problème, voir MONIN *et al.*, 1981). La valeur élevée du pH ultime de la viande résulte probablement d'une particulière sensibilité aux conditions précédant l'abattage (jeûne, excitations, fatigue, etc...) ou d'un faible taux de glycogène musculaire. Quoiqu'il en soit, lorsque les conditions d'abattage permettent l'obtention d'un pH ultime bas, le Landrace Belge peut donner de la viande exsudative, d'une qualité parfois même inférieure à celle du Piétrain (WALSTRA *et al.*, 1971).

Plus encore que la prédisposition à donner des viandes exsudatives, le défaut majeur des races à fort développement musculaire, comme le Landrace belge et le Piétrain, est peut être de fournir fréquemment des viandes très bicolores, peu appréciées des transformateurs du jambon.

Dans le cas de croisement, SELLIER (1982) a discuté l'influence de la race du verrat sur les qualités de la viande des produits terminaux obtenus à l'aide de femelles Large White x Landrace français : les résultats correspondent à ceux obtenus sur les races pures, les verrats Large White et Landrace français donnant les meilleurs produits, le Hampshire les moins bons ; le Landrace belge et le Piétrain produisent des viandes convenables, certainement du fait du caractère récessif du gène de sensibilité à l'halothane (pour une discussion de ce point, voir le paragraphe V.3 du présent article).

Peu de résultats sont disponibles en ce qui concerne les qualités organoleptiques des races françaises. DUMONT (1974) rapporte, sur la base d'enquêtes auprès de familles de consommateurs, que la viande du Landrace français est plus appréciée que celle du Landrace belge et surtout du Piétrain. TOURAILLE *et al.* (1982) (résultats non publiés), comparant à l'aide d'un jury de dégustateurs le Large White, le Landrace français et le Landrace belge, trouvent les qualités organoleptiques des deux premiers comparables et très supérieures à celles du troisième. La conclusion qui ressort de ces deux études est donc que les deux races à fort développement musculaire fournissent une viande de moins bonnes qualités organoleptiques que le Large White ou le Landrace français. Ce résultat s'explique, au moins en partie, par les conséquences néfastes de la sensibilité à l'halothane sur la tendreté (TOURAILLE et MONIN, 1982).

Récemment sont apparus en France des porcs de races chinoises, qui ont rapidement joui de la réputation de donner des viandes de qualité organoleptique excellente (LEGAULT, communication personnelle). TOURAILLE *et al.* (1983) ont vérifié le bien-fondé de cette réputation pour les races Meishan et Jiaxing, en croisement avec le Piétrain.

2. Amélioration génétique des aptitudes zootechniques

L'amélioration génétique porte essentiellement sur la vitesse de croissance, l'indice de consommation et les qualités de carcasse.

Les premiers auteurs étudiant le déterminisme du caractère exsudatif de la viande attribuaient celui-ci aux progrès réalisés dans l'efficacité de conversion de la nourriture (indice de consommation) et dans la vitesse de croissance (LUDVIGSEN, 1955 ; HENRY, 1961 ; HENRY *et al.*, 1958). Mais il apparaît maintenant acquis que la vitesse de croissance, mesurée par le gain moyen quotidien, et l'indice de consommation ont peu de relations avec les qualités technologiques : les coefficients de corrélation intra-races rapportés dans la littérature entre ces caractères sont généralement faibles et fréquemment non significatifs (COOK et CUTHBERSON, 1972 ; DUNIEC *et al.*, 1974 ; HEDRICK *et al.*, 1968 ; JONNISON *et al.*, 1972 ; LUNDSTROM, 1975 ; MAC GLOUGHLIN et MAC LOUGHLIN, 1976 ; SCHMID, 1969 ; STEINHAUF *et al.*, 1969 ; TUREK *et al.*, 1966b ; WALSTRA *et al.*, 1971). Les comparaisons de races aboutissent à la même conclusion : dans notre pays, la race Large White concilie la vitesse de croissance la plus élevée et la meilleure qualité de viande. Dans les races possédant le gène de sensibilité à l'halothane, les animaux sensibles présentent à la fois une tendance à une vitesse de croissance inférieure et des viandes de qualité technologiques amoindrie, par rapport aux animaux non-sensibles (EIKELENBOOM et MINKEMA, 1974 ; EIKELENBOOM *et al.*, 1978 ; JENSEN, 1980 ; MAC GLOUGHLIN *et al.*, 1980 ; MONIN *et al.*, 1976 ; OLLIVIER *et al.*, 1978 ; VESTERGEN *et al.*, 1977).

Les caractéristiques technologiques de la viande pourraient être liées davantage au niveau de rétention azotée, sur lequel mettaient également l'accent LUDVIGSEN (1955) et HENRY (1961). Les résultats de SELLIER (1982), obtenus sur des porcs résultant de divers croisements à trois voies, révèlent une correspondance négative assez étroite entre l'indice de transformation de la nourriture en tissu maigre et les qualités technologiques de la viande fraîche. L'amélioration de la qualité de carcasse joue indiscutablement un rôle très important dans le déterminisme des qualités technologiques. Encore faut-il distinguer, dans le concept de qualité de carcasse, entre le développement musculaire et l'adiposité : ces deux caractères interviennent de façon distincte dans la définition de la grille de classement commercial des carcasses. Un certain nombre de chercheurs ont observé peu de relations significatives entre les critères de qualité de carcasse et les propriétés de la viande : BEKAERT *et al.*, 1968 ; CHARPENTIER *et al.*, 1971 ; EVANS *et al.*, 1978 ; MARTIN et FREEDEN, 1974 ; PRIEBS et PREETZ, 1978 ; SKELLEY et HANDLIN, 1971 ; SMITH et WILSON, 1980 ; TUREK *et al.*, 1966b. Cependant la plupart des études montrent que les qualités technologiques des viandes sont liées négativement aux critères de développement musculaire (surface de la noix de côtelette, note de développement, poids de maigre dans la carcasse, rapport muscle/os dans une pièce anatomique donnée) mais très peu aux critères d'adiposité (généralement épaisseur de lard dorsal) : BADER et BIEDERMANN, 1973 ; DILDEY *et al.*, 1970 ; HEDRICK *et al.*, 1968 ; LUNDSTROM *et al.*, 1975 ; MARTIN *et al.*, 1975 ; MOEN *et al.*, 1970 ; SCHMITTEN, 1967 ; SCHON, 1969 ; VERDIJK, 1972 ; VOS et SYBESMA, 1971 ; WALSTRA *et al.*, 1971 ; WAX *et al.*, 1975 ; WENIGER *et al.*, 1967. La comparaison de races autorise une conclusion similaire : les nombreux travaux réalisés dans divers pays européens et américains, impliquant deux ou plusieurs races, concluent très généralement que les races présentant le meilleur développement musculaire fournissent le plus de viandes exsudatives.

L'explication de la relation négative entre développement musculaire et qualités technologiques de la viande est fournie, au moins partiellement, par l'existence du gène de « sensibilité à l'halothane ».

3. Sensibilité à l'halothane

On désigne par ce terme la particularité qu'ont certains porcs de développer le syndrome d'hyperthermie maligne lorsqu'ils sont contraints à inhaler de l'halothane (bromochlorotrifluoroéthane, anesthésique volatil d'usage courant). Ces mêmes animaux ont une propension marquée à mourir subitement lors de stress à première vue bénins (tels que le transport, changement de loge, combats, etc...), ou à fournir, lorsqu'ils sont abattus, des viandes exsudatives (EIKELENBOOM et MINKEMA, 1974).

Quels sont les points communs entre syndrome d'hyperthermie maligne, mort subite par syndrome de stress et caractère exsudatif de la viande ? Dans les syndromes d'hyperthermie

maligne et de stress, les symptômes observés sont essentiellement : intenses contractures musculaires donnant une rigidité généralisée de la musculature ; élévation rapide de la température ; acidose métabolique (c'est-à-dire production d'acide dans les tissus) aboutissant en quelques minutes (plus rarement dizaines de minutes) à la mort. Dans le syndrome exsudatif, on constate après l'abattage : rigidité cadavérique très précoce (parfois dès la sortie de l'échaudoir) ; assez souvent, élévation de la température musculaire ; production rapide d'acide lactique dans les muscles provoquant la chute précoce du pH responsable de l'exsudation ultérieure. Ces différents symptômes peuvent s'expliquer par une consommation anormalement élevée d'ATP dans les muscles squelettiques, consécutive à une perte du contrôle de l'activité ATPasique musculaire, *intra vitam* dans les deux premiers cas, *post mortem* dans le troisième.

Les mécanismes fondamentaux des trois affections apparaissent similaires : il y a dans tous les cas relargage massif de calcium dans le sarcoplasme et c'est l'augmentation de la concentration de calcium libre dans le sarcoplasme qui élève l'activité ATPasique. Pour plus de détails sur les mécanismes biochimiques de cette anomalie, voir MONIN (1982).

La sensibilité à l'halothane est contrôlée génétiquement, par un gène autosomal (non lié au sexe) (OLLIVIER *et al.*, 1975 ; MINKEMA *et al.*, 1977). Ce gène possède deux allèles : l'allèle normal, dominant, que nous appellerons hal^n ; l'allèle responsable de la sensibilité à l'halothane, récessif, que nous appellerons hal^s . La pénétrance du gène hal^s varierait selon les races, mais resterait toujours élevée (OLLIVIER *et al.*, 1978 ; WEBB, 1980). Il résulte de ces caractéristiques du gène que les animaux homozygotes ($hal^n hal^n$) et hétérozygotes ($hal^n hal^s$) sont phénotypiquement normaux c'est-à-dire « résistants à l'halothane », tandis que les homozygotes ($hal^s hal^s$) sont « sensibles à l'halothane ». Ces derniers tendent à donner nettement plus de viandes exsudatives que les deux autres génotypes comme l'ont montré EIKELBOOM et MINKEMA (1974) puis de nombreux autres auteurs (cf. § V.2). Toutefois, du fait que la présence du gène hal^s à l'état homozygote n'est pas, il s'en faut de beaucoup, la seule cause possible de production de viande exsudative, il existe un assez large recouvrement entre les différents génotypes en ce qui concerne les qualités technologiques de la viande. Notons aussi qu'à l'intérieur de la carcasse, les manifestations de la sensibilité à l'halothane varient beaucoup d'un muscle à l'autre : les muscles « rouges » sont beaucoup moins affectés que les muscles « blancs » (BOUSSET et DUMONT, 1980). Ceci contribue à expliquer le déterminisme des viandes « bicolores », particulièrement fréquentes dans les races à fort développement musculaire.

L'allèle hal^s possède un effet positif sur le développement musculaire (OLLIVIER *et al.* 1975), qu'il influence probablement de façon additive (EIKELBOOM *et al.*, 1980 ; JENSEN, 1980 ; WEBB, 1980). De ce fait, on observe le classement suivant, par ordre croissant de développement musculaire (et donc de qualité de carcasse), des trois génotypes : ($hal^n hal^n$), ($hal^n hal^s$), ($hal^s hal^s$), comme le montrent les résultats rapportés par JENSEN (1980) (tableau 1). Ces résultats illustrent bien que l'influence du gène hal^s est transmise de manière additive sur le développement musculaire et de manière récessive sur les caractéristiques de la viande.

TABLEAU 1
CARACTÉRISTIQUES DE QUALITÉ DE CARCASSE ET DE VIANDE DE PORCS
DE DIFFÉRENTS GÉNOTYPES POUR LA SENSIBILITÉ A L'HALOTHANE (JENSEN, 1980).

	GÉNOTYPE		
	$hal^n hal^n$	$hal^n hal^s$	$hal^s hal^s$
Nombre d'animaux	32	74	61
Couleur du jambon	15,1 ^a	15,2 ^a	17,5 ^b
Index qualité de viande	7,08 ^a	6,89 ^a	5,41 ^b
% carcasses exsudatives	21,9	23,0	73,8
Poids de jambon (kg)	7,68 ^a	7,78 ^a	7,97 ^b
Poids de maigre % dans longe	70,9 ^a	74,2 ^b	76,7 ^c
" " " " jambon	76,9 ^a	78,9 ^b	81,5 ^c

Les données portant le même index ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %. Les résultats montrent que les caractères de qualité de carcasse sont transmis de façon additive, au contraire des caractères de qualité de viande.

L'allèle hal^s est favorisé par la sélection pratiquée par les éleveurs en faveur du développement musculaire, du fait de son effet positif sur cet important caractère de production. Ceci explique qu'il se soit maintenu à une fréquence parfois élevée dans certaines populations porcines, malgré la sélection naturelle à son encontre par la mortalité élevée des homozygotes $hal^s hal^s$ (OLLIVIER *et al.*, 1975).

L'influence de la sensibilité à l'halothane sur le pH ultime est ou nulle, ou très faible. De ce fait, cette sensibilité manifeste ses effets défavorables surtout lorsque les animaux sont soumis à un niveau de stress relativement peu élevé avant l'abattage (MONIN *et al.*, 1981). En effet, si les conditions précédant l'abattage sont mauvaises, il y a affaiblissement du taux de glycogène musculaire et arrêt prématuré de la chute du pH à une valeur élevée (cf. chapitre 1.2) qui ne permet pas le développement du caractère exsudatif malgré une évolution rapide du pH chez les animaux sensibles.

Y a-t-il, indépendamment du gène de sensibilité à l'halothane, une relation directe entre développement musculaire et qualités de la viande ? La question reste posée. Certains attribuent une part du progrès dans le développement musculaire à une augmentation, sous l'effet de la sélection, de la proportion de fibres musculaires « blanches », au détriment des fibres « rouges » (ASHMORE, 1974). Les fibres blanches sont de plus grande taille, mais elles possèdent moins de myoglobine (d'où une couleur plus pâle) et présenteraient *post mortem* une glycogénolyse plus rapide (d'où obtention facilitée de viande exsudative). Grossir le muscle en grossissant les fibres qui le composent reviendrait donc à favoriser la production de viandes pâles à faible pouvoir de rétention d'eau. Un autre mécanisme contribuant au développement musculaire, en particulier chez les races à fort développement, réside dans la multiplication de fibres « géantes », présentant une surface transversale souvent deux à trois fois supérieure à celle des fibres normales (SCHMITT et DUMONT, 1980). On ne connaît pas encore les conséquences technologiques de la présence, en grand nombre, de ces fibres ; on peut cependant supposer qu'elles ne sont pas négligeables, compte tenu de leurs propriétés très particulières (taille et structure). Le rôle exact de ces divers mécanismes (changement du type métabolique, multiplication des fibres géantes) dans le déterminisme du développement musculaire mériterait d'être précisé, de même que leur relation à la sensibilité à l'halothane.

4. Conclusion sur les relations entre les qualités de carcasse et les qualités de la viande

A l'heure actuelle, il reste nécessaire de clarifier les relations entre qualités de la carcasse et qualités de la viande. Certains auteurs attribuent à la réduction de l'adiposité un rôle fondamental dans le déterminisme du caractère exsudatif de la viande (pour un article de synthèse, voir GREGORY, 1980), mais d'autres pensent que si l'amélioration du contenu en maigre de la carcasse est réalisée par réduction de l'adiposité, mais sans changement de la conformation, elle n'a pas d'effet néfaste sur les qualités technologiques de la viande (SATHER *et al.*, 1980). Les observations de HOUIX *et al.* (1978) et OLLIVIER (1980) vont dans le même sens : ces auteurs évaluent, par des méthodes et dans des conditions expérimentales différentes, l'évolution génétique de deux populations de la race Large White à l'issue de respectivement 8 et 10 ans de sélection. Tous deux concluent qu'une sélection qui se montre efficace pour l'augmentation de la vitesse de croissance et la réduction de l'adiposité de la carcasse se traduit par une évolution très limitée, sinon négligeable, des qualités de la viande. STANDAL (1979), comparant deux lignées sélectionnées respectivement pour la réduction de l'adiposité et l'augmentation de la vitesse de croissance d'une part, l'augmentation de l'adiposité et la réduction de la vitesse de croissance d'autre part, aboutit à une conclusion similaire. A l'inverse KALLWEIT (1980), commentant les résultats des stations de testage ouest-allemandes entre 1972 et 1978, constate une détérioration progressive de la couleur de la viande, mais il n'indique pas l'évolution simultanée des qualités de carcasse et surtout de la conformation. Notons que dans cette discussion, il est important de considérer les conditions d'abattage, dont on peut avoir une idée par les valeurs du pH ultime de la viande, et qui ne sont malheureusement pas rapportées dans la plupart des études ; en effet, comme nous l'avons noté précédemment, si les conditions d'abattage entraînent une élévation du pH ultime, la prédisposition génétique au caractère exsudatif de la viande est en quelque sorte « masquée » (NIELSEN, 1980 ; MONIN *et al.*, 1981). Ceci peut contribuer

à expliquer les contradictions entre les résultats de différents auteurs. Compte tenu de ces remarques, il paraît raisonnable de conclure que le principal facteur de dégradation des qualités technologiques de la viande est l'accroissement du développement musculaire, apprécié par la conformation (arrondi du jambon, épaisseur de la longe), ce d'autant plus si cet accroissement est obtenu par la sélection en faveur du gène de sensibilité à l'halothane. La sélection sur le développement musculaire est encouragée par le mode de classification des carcasses, avec d'ailleurs, pour notre pays, des disparités régionales marquées de ce point de vue (SELLIER, 1982). Par contre, l'amélioration de la vitesse de croissance et la réduction de l'adiposité par la sélection sur l'épaisseur de lard dorsal semblent avoir très peu, ou même pas du tout, d'effets défavorables.

JUST NIELSEN (1973) a exprimé la crainte que la réduction de l'adiposité de la carcasse n'entraîne une dégradation des qualités organoleptiques : en effet cette réduction s'accompagne d'une baisse de la teneur des muscles en lipides intratisulaires. Ce résultat est confirmé par MONIN *et al.* (1981) qui trouvent des coefficients de corrélation de l'ordre de + 0,5 entre critères d'adiposité de la carcasse et taux de gras intramusculaire dans le *Longissimus dorsi*. Toutefois SKELLEY et HANDLIN (1971), TUREK *et al.* (1966a), WOOD *et al.* (1979) considèrent que les relations entre adiposité de la carcasse et qualités organoleptiques de la viande sont insignifiantes.

On connaît mal également les relations entre le développement musculaire et le taux et la répartition du tissu conjonctif dans les muscles. Selon BOCCARD (1968) et SELLIER et BOCCARD (1971) les muscles des porcs Piétrain contiennent moins de collagène que les muscles homologues des porcs Large White ; les auteurs en concluent que les porcs à fort développement musculaire possèdent des muscles moins riches en conjonctif que ceux de leurs congénères « normaux ». Cependant MONIN *et al.* (1982) ne trouvent pas de différence de teneur en collagène du muscle *Longissimus dorsi* entre les porcs Piétrain sensibles ou non-sensibles à l'halothane ; il n'est donc pas possible de conclure au caractère général d'une relation négative entre développement musculaire et teneur de la musculature en tissu conjonctif. De toute évidence cette question, importante du point de vue technologique puisque la teneur et les propriétés de solubilité du collagène conditionnent nombre de caractéristiques tant de la viande fraîche que des produits transformés, mérite des investigations plus approfondies. Les mêmes remarques valent pour la structure et la répartition de la trame conjonctive, qui ont fait l'objet de travaux de la part de DUMONT et SCHMITT (1970).

VI – CONDITIONS D'ABATTAGE

Leur influence est considérable, puisqu'elle peut expliquer à elle seule jusqu'à près de 50 % des variations de certains critères de qualité technologique de la viande, (CHARPENTIER *et al.*, 1971 (voir tableau 2) ; SCHEPER, 1977b ; LUNDSTROM *et al.*, 1979).

TABLEAU 2
POURCENTAGE DU AU JOUR D'ABATTAGE DE LA VARIANCE
DE QUELQUES CARACTÉRISTIQUES DE QUALITÉ DE LA VIANDE

		% de la variance
pH 45 minutes <i>post mortem</i>	(1)	13,7
pH ultime (24 heures <i>post mortem</i>)	(2)	44,5
Réfectance % (couleur)	(3)	25,6
Pouvoir de rétention d'eau %	(4)	10,0

Les résultats ont été obtenus sur 244 porcs de race Large White, d'un même troupeau et élevés dans les mêmes conditions, abattus dans un abattoir industriel entre les mois d'Août et Novembre d'une même année. Tous les calculs ont été faits à partir des moyennes de mesures effectuées sur les muscles, (1) *Longissimus dorsi* et *Adductor*, (2) *Longissimus dorsi*, *Gluteus medius* et *Biceps femoris*, (3) *Gluteus medius* et *Biceps femoris*, (4) *Gluteus medius*. D'après CHARPENTIER, MONIN et OLLIVIER, 1971.

1. Avant l'abattage

L'animal qui quitte sa loge d'élevage pour l'abattoir se trouve brutalement plongé dans une situation nouvelle pour lui : diète, changement d'environnement, bruits inaccoutumés, mélange avec des compagnons jusque là inconnus, généralement coups et brutalités, etc... Cet ensemble constitue un « stress » considérable, dont les répercussions sur l'état physiologique et, à travers lui, sur les caractéristiques de la viande vont dépendre : de l'intensité de ce « stress », d'une part ; d'autre part de l'intensité et de l'harmonie de la réaction de l'organisme (HENRY *et al.*, 1958 ; HENRY, 1961). Tout stress entraîne de profondes modifications des sécrétions hormonales, entre autres des catécholamines. Ces hormones, surtout l'adrénaline, activent la dégradation du glycogène, en particulier dans le muscle. Or la diminution du taux de glycogène avant l'abattage entraîne une diminution des possibilités d'acidification du muscle *post mortem* (cf. chapitre 1.2). Les stress, en abaissant le taux de glycogène chez l'animal vivant, tendent donc à élever le pH ultime de la viande (BUCHTER, 1975 ; BRISKEY *et al.*, 1959 ; CALLOW, 1938 ; CHARPENTIER et GOUTEFONGEA, 1966 ; LAWRIE, 1966a ; LEWIS *et al.*, 1962, parmi de nombreux autres travaux). En fait, généralement, le muscle contient plus de glycogène qu'il n'en faut pour amener le pH musculaire à sa valeur ultime normale, donc il dispose d'une certaine réserve qui peut être consommée sans répercussion notable sur le pH ultime. Ce n'est que lorsque cette réserve est épuisée que le pH de la viande est augmenté... Ainsi mise à jeun, transport, attente à l'abattoir se conjuguent pour augmenter le pH de la viande. Mais en même temps les stress tendent à augmenter la température corporelle, et à provoquer de l'acidose, deux conditions favorisant l'accélération de la chute du pH musculaire *post mortem* et l'obtention de viande exsudative. Situation donc complexe : les stress tendent à favoriser l'apparition du caractère exsudatif par certains mécanismes physiologiques, mais tendent à s'y opposer par d'autres. Le résultat final va dépendre de la nature du stress, du moment où il se place par rapport à la mise à mort (température et acidose fluctuant beaucoup plus vite que le taux de glycogène), mais peut être plus encore de la physiologie de l'animal, qui va favoriser tel ou tel mécanisme de réaction. A ce dernier niveau interviennent de grandes variations d'origine raciale et individuelle, entre autres le génotype vis-à-vis du gène de sensibilité à l'halothane ; peut être aussi l'expérience antérieure des animaux, le mode d'élevage...

Les conditions climatiques dans la période précédant l'abattage ont une influence marquée sur les qualités technologiques de la viande. CHAE et CHOI (1979), DOMANSKI et SOSNICKI (1980), HERRING *et al.* (1970), LUDVIGSEN (1954) s'accordent à reconnaître que la fréquence des viandes exsudatives est la plus élevée en période chaude (printemps et surtout été), ce qui correspond à l'observation par BEUTLING (1969) de relations négatives entre température et humidité relative d'une part, couleur et pouvoir de rétention d'eau d'autre part. GALLWEY et TARRANT (1978) observent dans les abattoirs irlandais que le pH ultime des viandes est en moyenne plus élevé en hiver qu'en été, ce qui va dans le même sens que les observations précédentes. DALRYMPLE et KELLY (1969) considèrent que les fluctuations de température favorisent la production de viande exsudative, tandis que SCHEPER (1979) n'attribue aux variations des conditions climatiques qu'une faible part de la variance des critères de qualité technologique de la viande.

La durée et les conditions du transport comptent également parmi les causes importantes de variation de la qualité. BARTON (1971) et NIELSEN (1980) rapportent que la proportion de viandes exsudatives diminue, mais que celle de viandes à pH élevé augmente, avec l'allongement du transport précédant l'abattage, ce dernier point étant confirmé par SCHEPER (1971). Mettre les animaux à jeun avant le transfert à l'abattoir réduit la fréquence des viandes exsudatives (CUTHBERTSON et POMEROY, 1970 ; NIELSEN, 1980). L'intérêt de laisser reposer les porcs entre le transport et l'abattage donne lieu à controverses, mais la plupart des chercheurs pensent que l'allongement du temps d'attente diminue la fréquence des viandes exsudatives et augmente celle des viandes à pH élevé (FROYSTEIN, 1980 ; MOSS et ROBB, 1978 ; NIELSEN, 1980 ; STEIN, 1978 ; VON LENGKERN *et al.*, 1977), et conseillent une durée de repos relativement courte, 3 à 8 heures selon les auteurs, qui permet de réduire au minimum l'incidence globale des deux types de viandes anormales. Les conditions de température et d'humidité relative pendant ce repos sont également à considérer : SAYRE *et al.* (1961, 1963) ont montré que l'élévation de la température ambiante dans la période précédant l'abattage accé-

lère la chute *post mortem* du pH musculaire, alors qu'un refroidissement la ralentit. SYBESMA et DE HEER (1964) accordent une grande importance à l'humidité relative dont l'augmentation serait néfaste, bien que CORSTIAENSEN *et al.* (1977) aient démontré que le douchage des animaux pendant l'attente à l'abattoir a un effet bénéfique.

L'administration de calmants avant le transport à l'abattoir a des effets très favorables sur les qualités technologiques de la viande (DEVLOO *et al.*, 1971 ; FILUS, 1979 ; KRZYWIKI *et al.*, 1971 ; OLDIGS et UNSHELM, 1971). Ce procédé pose des problèmes d'ordre réglementaire, du fait que les drogues doivent être administrées dans un délai relativement réduit avant l'abattage. De plus on conçoit aisément l'impact défavorable de cette pratique sur l'image de marque du produit.

Lorsque les porcs ont été très éprouvés par un long transport, et que l'on craint d'obtenir une forte proportion de pH trop élevés (par exemple si la viande est destinée à la fabrication de produits salés secs) il est possible de remédier à ce problème en distribuant du sucre, par exemple dans l'eau de boisson. L'animal transforme rapidement ce sucre en glycogène hépatique et musculaire, ce dernier permettant *post mortem* une acidification normale des muscles (GUNTHER et SCHWEIGER, 1965 ; RUDAKOV et SOMKINA, 1971 ; FERNANDES *et al.*, 1979a, b et c ; WISMER-PEDERSEN, 1957). L'efficacité du procédé dépend certainement de nombreux facteurs (race, état de stress des animaux) puisque CASTEELS et EECKHOUT (1977) l'ont trouvé sans effet. Cette technique peut également aboutir à une détérioration de la qualité si par ailleurs les conditions sont favorables à celle-ci (animaux sensibles au stress, mauvaises techniques d'abattage) : FERNANDES *et al.* (1979c) et GARDNER et COOPER (1979) observent une réduction du rendement de transformation du bacon chez les porcs ayant reçu du sucre.

2. Pendant l'abattage

L'abattage proprement dit comprend le transfert des animaux de la porcherie de l'abattoir au poste d'anesthésie, l'anesthésie, la saignée, puis l'épilage, l'éviscération et la fente. Ce sont surtout les deux premières opérations qui vont influencer la qualité de la viande. Le transfert des porcs au poste d'anesthésie est souvent difficile. C'est une source de bousculades, d'excitations, et il n'est pas rare de voir des animaux mourir du syndrome de stress dans le couloir d'amenée au poste d'anesthésie. Cette phase peut entraîner une élévation notable de la température musculaire et de l'acidose, qui, comme noté plus haut, favorisent une glycolyse *post mortem* rapide. Une excitation intense juste avant l'anesthésie peut ainsi conduire à la production de viande exsudative (KLINGBIEL et NAUDE, 1976 ; MALMFORS 1980 ; SAYRE *et al.*, 1963 ; SCHOBERLEIN *et al.*, 1979).

Autre stress intense appliqué juste avant la mort : l'anesthésie. Indispensable tant du point de vue humanitaire que pour faciliter la saignée, l'anesthésie entraîne, quelle que soit la méthode utilisée, une accélération de la chute *post mortem* du pH musculaire (MAC LOUGHLIN et DAVIDSON, 1966 ; ALTHEN *et al.*, 1977 ; OVERSTREET *et al.*, 1975). Il y a cependant des différences importantes de ce point de vue entre les techniques. Nous classerons ces dernières en trois catégories :

- L'assomage à la masse ou par pistolet à projectile captif : il n'est pas compatible avec les cadences des abattoirs modernes. En outre, lorsque la technique perce la boîte crânienne, c'est une méthode très mauvaise du point de vue de la qualité de la viande obtenue, car elle accélère très fortement la chute du pH (NAUDE et KLINGBIEL, 1973 ; SCHEPER, 1977a ; SCHOBERLEIN *et al.*, 1977).
- L'anesthésie par le dioxyde de carbone (anesthésie gazeuse).
- L'électronarcose à bas voltage (70-90 volts) ou haut voltage (plus de 250 volts).

Les travaux réalisés aux Pays-Bas au cours des dix dernières années ont établi la supériorité de l'électronarcose à haut voltage sur toutes les autres techniques, en ce qui concerne la qualité de la viande obtenue (LEEST *et al.*, 1970 ; NAUDE et KLINGBIEL, 1973 ; SYBESMA

et GROEN, 1970 ; VAN DER WAL, 1978). Le résultat de MAC LOUGHLIN et DAVIDSON (1966) selon qui l'anesthésie par le CO₂ fournit une viande de meilleure qualité que l'anesthésie électrique peut sans doute être attribué à une pratique défectueuse de cette dernière lors de leurs observations. Par contre l'anesthésie gazeuse provoque moins de pétéchies, hémorragies musculaires ou fractures que l'électronarcose (BLOMQUIST, 1958 ; BUCHTER, 1975 ; KLOVBORG LARSEN, 1982 ; OVERSTREET *et al.*, 1975). L'anesthésie à haut voltage, 600 volts et plus, est considérée par certains (HOENDERKEN, 1978, HOENDERKEN *et al.*, 1980) comme la méthode la plus recommandable du point de vue humanitaire puisqu'elle induit la perte de conscience du porc en moins de 1 seconde (10 à 15 pour le bas voltage, une trentaine pour le CO₂). Ceci a amené la disparition dès 1970 de la dernière installation d'anesthésie gazeuse aux Pays-Bas, et l'adoption d'une réglementation nouvelle : électronarcose obligatoire, voltage du courant compris entre 240 et 600 volts (VAN DER WAL et EIKELENBOOM, 1980). Il est probablement possible, avec de mauvaises méthodes d'abattage, de transformer un bon porc en carcasse exsudative : si l'animal arrive au poste d'anesthésie avec une température supérieure de 2 à 3 °C à la normale du fait d'une mauvaise manipulation avant et dans le couloir d'amenée, qu'il est anesthésié en deux ou trois fois avec un appareil à bas voltage (c'est-à-dire qu'il y a stimulation anormalement longue de la musculature), il y aura une substantielle accélération de la chute *post mortem* du pH musculaire quelles que soient les caractéristiques physiologiques favorables du tissu musculaire.

La saignée doit intervenir le plus tôt possible après l'anesthésie, mais surtout pour éviter les hémorragies intramusculaires ou les « points de sang » (BLOMQUIST, 1958 ; JUL, 1956 ; VAN DER WAL, 1973). Il ne semble pas que le délai anesthésie-saignée ait une influence notable sur les caractéristiques technologiques de la viande.

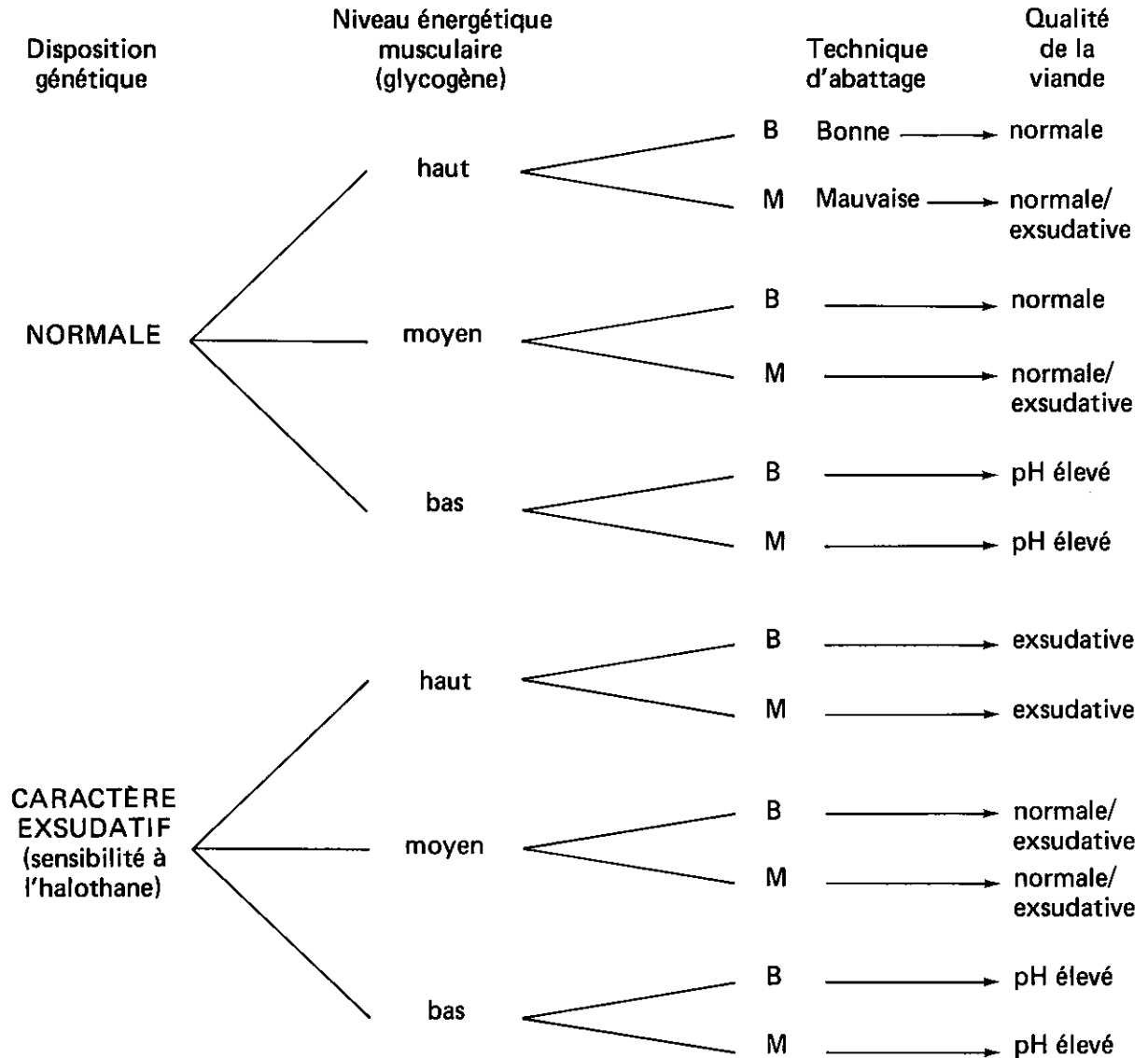
D'une façon générale, tout ce qui tend à augmenter l'excitation neuromusculaire pendant la mise à mort accélère la chute *post mortem* du pH et par conséquent influence de façon négative les qualités technologiques de la viande (BENDALL, 1966 ; MAC LOUGHLIN, 1964 ; MAC LOUGHLIN et TARRANT, 1968 ; TARRANT *et al.*, 1972).

Les opérations ultérieures (échaudage, flambage) tendent malheureusement à échauffer la carcasse, ou pour le moins à ralentir son refroidissement, mais il est difficile d'agir à ce niveau sans conséquences néfastes sur la qualité du travail et la présentation du produit. On sait qu'écorcher et dégraisser les carcasses (comme on le fait pour les verrats) plutôt que les épiler améliorerait la qualité technologique, en permettant un refroidissement plus rapide (HART et SYBESMA, 1964 ; KUHN *et al.*, 1972) : mais cela impliquerait un bouleversement de nos habitudes dans le travail du porc ; encore que l'on puisse sérieusement se poser la question dans les cas où l'on ne cherche pas à produire de jambons secs : dans ces cas en effet la séparation de la peau, du maigre et du gras interviennent de toute façon un peu plus tard dans la filière.

En fin de chaîne, une réfrigération rapide sera favorable à la qualité de la viande (SCHMID, 1969 ; TAYLOR et DANT, 1971 ; TAYLOR, 1972 ; VADA, 1977), probablement pas toutefois pour les viandes nettement exsudatives où les dégâts sont déjà entièrement commis lorsque la carcasse atteint le tunnel de réfrigération (CHARPENTIER, 1969 ; KRZYWICKI, 1968 ; KRZYWICKI, 1972 ; KUHN *et al.*, 1972).

VII – CONCLUSION

Les facteurs liés à la production et à l'abattage, et susceptibles d'influencer les qualités technologiques de la viande, sont donc nombreux et complexes. NIELSEN (1980) a proposé un schéma explicatif du déterminisme des qualités technologiques de la viande maigre, faisant intervenir caractéristiques génétiques et contenu énergétique de la musculature au moment de la saignée. Nous pouvons compléter ce schéma en lui adjoignant la technique d'abattage parmi les facteurs déterminant les qualités de la viande.



B = bonne M = mauvaise

Bien entendu ce diagramme est très schématique, puisqu'il ne fait apparaître, comme source de variations de la qualité technologique, que les facteurs influençant la cinétique et l'amplitude de la chute du pH. Or, pouvoir de rétention d'eau et couleur dépendent aussi de la composition et de la microstructure du tissu musculaire.

Comment agir pour influencer les qualités technologiques dans le sens souhaité par les utilisateurs de la viande ? Pour réduire autant que faire se peut la proportion de viande de qualité défectueuse, un effort est nécessaire à tous les niveaux : producteur, transporteur, abatteur. Il est possible de sélectionner sur les qualités de la viande, qui sont des caractéristiques moyennement hérissables (héritabilité de l'ordre de 0,3) : c'est pourquoi les index de sélection actuellement en usage en France en tiennent compte. Il faut éliminer au niveau de l'abattage les types génétiques sensibles à l'halothane, par exemple par le croisement. A l'heure actuelle, en France, les schémas de sélection les plus répandus font intervenir le croisement de trois ou quatre races, sur la base d'une truie Large White x Landrace accouplée à un mâle à fort développement musculaire, de race pure ou lui-même croisé. Compte tenu du caractère récessif de l'allèle de sensibilité à l'halothane, il suffit d'éliminer cet allèle dans les lignées destinées à produire la truie, pour écarter tout

risque d'obtention, au stade final du porc d'abattage, d'un animal homozygote sensible à l'halothane : c'est pourquoi le test à l'halothane est maintenant systématiquement pratiqué sur les animaux Landrace français soumis au contrôle de performance. Au moment de l'abattage, il faut apporter les meilleures conditions possibles de transport, éviter le transport en période chaude, employer des camions avec ascenseurs, éviter les brutalités inutiles... A l'abattoir, il conviendrait de rationaliser les conditions d'attente et de manipulation des animaux, ainsi que d'introduire l'électronarcose à haut voltage, qui se heurte encore dans notre pays à des obstacles d'ordre réglementaire.

BIBLIOGRAPHIE

- ADDIS P.B., JUDGE M.D., PICKET R.A., JONES H.W., 1965. *J. Anim. Sci.*, **24**, 127-130.
- ALBRECHT V., VON LENGERKEN G., NOACK R., PFEIFFER H., 1977. 23^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Moscou, A6.
- ALTHEN T.G., ONO K., TOPEL D.G., 1977. *J. Anim. Sci.*, **44**, 985-989.
- ASHMORE C.R., 1974. *J. Anim. Sci.*, **38**, 1158-1154.
- AVYASOV I.M., PANKOV N.F., 1980. 26^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Colorado Springs, F-10.
- BADER J., BIEDERMANN G., 1972. *Züchtungskunde*, **44**, 111-120.
- BARBER R.S., BRAUDE R., MITCHELL K.G., 1977. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, **2**, 161-169.
- BARTON P., 1971. 2nd Int. Symp. Condition and Meat Quality of Pigs, Pudoc, Wageningen, 180-190.
- BEHRENS H., 1974. *Archiv. Lebensmittelhygien*, **25**, 121-123.
- BEKAERT H., EECKHOUT W., CASTEELS M., 1968. *Rev. Agric.*, **10**, 1-19.
- BENDALL J.R., 1966. *J. Sci. Food Agric.*, **17**, 333-338.
- BENDALL J.R., 1973. Structure and function of muscle. II, ed. BOURNE H., Academic Press, New York, 243-309.
- BERESKIN B., ROUGH D.K., DAVEY R.J., 1978. *J. Anim. Sci.*, **47**, 389-397.
- BERGER K., VON LENGERKEN G., KATHER A., 1979. *Monatsh. Veterinärmed*, **34**, 905-910.
- BERRY B.W., SMITH G.C., HILLER J.K., KROENING G.H., 1970. *J. Anim. Sci.*, **31**, 856-860.
- BEUTLING D., 1969. *Monatsh. Veterinärmed*, **24**, 175-178.
- BIEDERMANN G., BADER J., 1972. *Züchtungskunde*, **44**, 98-110.
- BLOMQUIST M., 1958. *Fleischwirtschaft*, **10**, 661-670.
- BOCCARD R., 1968. *Ann. Zootech.*, **17**, 71-65.
- BONNEAU M., DESMOULIN B., 1982. *Journées Rech. Porcine en France*, **14**, 11-31.
- BOUSSET J., DUMONT B.L., 1980. Porcine stress and meat quality. Causes and possible solutions to the problems, ed. Agr. Food Res. Soc., As (Norvège), 236-242.
- BRAUDE R., RHODES D.N., 1977. *Livest. Prod. Sci.*, **4**, 91-100.
- BRISKEY E.S., BRAY R.W., HOEKSTRA W.G., PHILLIPS P.H., GRUMMER R.H., 1959. *J. Anim. Sci.*, **18**, 173-177.
- BRISKEY E.J., BRAY R.W., HOEKSTRA W.G., PHILLIPS P.H., GRUMMER R.H., 1960. *J. Anim. Sci.*, **19**, 404-411.
- BUCHTER L., 1975. *Meat*, Butterworths, London, 133-148.
- BUCHTER L., WESTERGAARD T., 1978. Cités par JUL et ZEUTHEN (1980), 15.
- BUCHTER L., ZEUTHEN P., 1971. 2nd Int. Symp. Condition and Meat Quality of Pigs, Pudoc, Wageningen, 247-254.
- CALLOW E.H., 1938. *Ann. Rept. Food Invest. Bd*, London, 54.
- CASTEELS M., EECKHOUT W., 1977. *Rev. Agric.*, **30**, 907-917.
- CHAE Y.S., CHOI K.C., 1979. *Korean J. Anim. Sci.*, **21**, 299-306.

- CHARPENTIER J., 1969. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **9**, 101-110.
- CHARPENTIER J., GOUTEFONGEA R., 1966. *Ann. Zootech.*, **15**, 353-359.
- CHARPENTIER J., MONIN G., OLLIVIER L., 1971. 2nd Int. Symp. Condition and Meat Quality of Pigs, Pudoc, Wageningen, 255-260.
- CLAUSEN H., 1967. *Biløj til forsøgslaboratoriet efter tætersmode*, Copenhagen.
- CLIPLEF R.L., 1970. Ph. D. Thesis, University of Minnesota, 147.
- COOK G.L., CUTHBERTSON A., 1972. 23^e Réunion annuelle F.E.Z., Pig Commission, Verona (Italie).
- CORSTIAENSEN G.P., DE KRUIJF J.M., VAN LOGTESTIJN J.G., 1977. *Tijdschr. Diergeneesk.*, **102**, 1138-1143.
- COSSARD D., 1957. *Thèse Docteur vétérinaire*, Paris, 62 p.
- CUTHBERTSON A., POMEROY R.W., 1970. *Anim. Prod.*, **12**, 37-46.
- DALRYMPLE R.H., KELLY R.F., 1969. *J. Anim. Sci.*, **29**, 120 (Abst.).
- DEMSTER J.F., 1974. *J. Food Technol.*, **9**, 255-258.
- DESMOULIN B., FROUIN A., GIRARD J.P., TOURAILLE C., 1982. En préparation.
- DEVLOO S., GEERTS H., SYMOENS G., 1971. 2nd Int. Symp. Condition and Meat Quality of Pigs, Pudoc, Wageningen, 215-224.
- DILDEY D.D., ABERLE E.D., FORREST J.C., JUDGE M.D., 1970. *J. Anim. Sci.*, **31**, 681-685.
- DOMANSKI J., SOSNICKI A., 1980. *Godpod. Miesna*, **32**, 26-28.
- DOROZEWSKA Z., DOROZEWSKI B., 1979. *Gospod. Miesna*, **25**, 26-28.
- DUMONT B.L., 1974. *Journées Recherche Porcine en France*, 233-239.
- DUMONT B.L., SCHMITT O., 1970. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **2**, 381-393.
- DUNIEC H., ROZYCKI M., ROZYCKI J., SZEWCZYK A., 1974. *Rocz. Nauk Roln.*, B **96**, 59-71.
- DZERZIN'SKA-TSYBUL'KO B., POSPEKH E., 1978. *Myasn. Ind. SSSR*, **9**, 39-41.
- EIKELNBOOM G., MINKEMA D., 1974. *Tijdschr. Diergeneesk.*, **99**, 421-426.
- EIKELNBOOM G., MINKEMA D., VAN ELDIK P., SYBESMA W., 1978. *Livest. Prod. Sci.*, **5**, 277-284.
- EIKELNBOOM G., MINKEMA D., VAN ELDIK P., SYBESMA W., 1980. *Livest. Prod. Sci.*, **7**, 283-289.
- EVANS D.G., KEMPSTER A.J., STEANE D.E., 1978. *Livest. Prod. Sci.*, **5**, 265-275.
- FERNANDES T.H., SMITH W.C., ARMSTRONG D.G., 1979a. *Anim. Prod.*, **29**, 213-221.
- FERNANDES T.H., SMITH W.C., ELLIS M., CLARK J.B.K., ARMSTRONG D.G., 1979b. *Anim. Prod.*, **29**, 223-230.
- FERNANDES T.H., SMITH W.C., ELLIS M., CLARK J.B.K., ARMSTRONG D.G., 1979c. *Anim. Prod.*, **29**, 315-320.
- FERRANDO R., RAYNAUD J.P., 1969. *Rec. Méd. Vét.*, **145**, 911-915.
- FILUS K., 1979. *Zesz. Nauk. Akad. Roln. - Tech. Olsztynie, Zootech.*, **19**, 47-78.
- FROYSTEIN T., 1980. Porcine stress and meat quality. Causes and possible solutions to the problems, ed. *Agric. Food Res. Soc., As (Norvège)*, 75-89.
- FROYSTEIN T., SLINDE E., STANDAL N., 1980. Porcine stress and meat quality. Causes and possible solutions to the problems, éd. *Agric. Food Res. Soc., As (Norvège)*, 335-336.
- GALLOWAY D.E., DALRYMPLE R.H., CASSENS R.G., BRISKEY E.J., 1973. *J. Anim. Sci.*, **36**, 29-32.
- GALLWEY W.J., TARRANT P.V., 1978. *Ir. J. Food Sci. Technol.*, **2**, 21-30.
- GARDNER G.A., COOPER T.J.R., 1979. 25^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Budapest.
- GILKA J., HABRDA J., KLIKOVA A., PREJCI P., HERZIG I., MATYAS Z., 1981. *Vét. Méd., Praha*, **26**, 135-144.
- GILL C.O., NEWTON K.G., 1978. 24^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Kulmbach.
- GILSTER K.E., 1972. Ph. D. Thesis, South Dakota University, 116 p.
- GIRARD J.P., DENOYER C., 1977. *Compte rendu de contrat D.G.R.S.T., Taap 638 A.*

- GOUTEFONGEA R., CHARPENTIER J., 1966. *Ann. Zootech.*, **15**, 279-290.
- GOUTEFONGEA R., GIRARD J.P., JACQUET B., 1978. *Journées Rech. Porcine en France*, **10**, 235-248.
- GOUTEFONGEA R., JACQUET B., SELLIER P., 1977. 23^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Moscou, A1.
- GREGORY M.G., 1980. Porcine stress and meat quality. Causes and possible solutions to the problems, ed. *Agric. Food. Res. Soc., As (Norvège)*, 11-20.
- GUNTHER H., SCHWEIGER A., 1965. *J. Food Sci.*, **29**, 300-308.
- HARRISON D.L., BOWERS J.A., ANDERSON L.L., TOMA H.J., KROPF D.H., 1970. *J. Food Sci.*, **35**, 292-294.
- HART P.C., KROESKE D., SYBESMA W., VAN DER VEEN H.E., 1963. *Nature*, **198**, 716.
- HART P.C., SYBESMA W., 1964. 10^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Roskilde (Danemark).
- HEDRICK H.B., KAUFMANN R.G., 1972. *Pork Quality Symposium*, University of Wisconsin, Madison.
- HEDRICK H.B., LEAVITT R.K., ALEXANDER M.A., 1968. *J. Anim. Sci.*, **27**, 48-52.
- HEDRICK H.B., PARRISH F.C., BAILEY M.E., 1964. *J. Anim. Sci.*, **23**, 225-229.
- HENRY M., 1961. 7^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Varsovie.
- HENRY M., BILLON J., 1959. 5^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Paris.
- HENRY M., ROMANI J.D., JOUBERT L., 1958. *Rev. Pathol. Gén. Physicoclinique* **696**, 355-395.
- HERMANSEN P., 1980. 26^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Colorado Springs, N 13.
- HERRING H.K., HEGARTY G.R., GACULA M.C., SLEETH R.B., 1970. *J. Anim. Sci.*, **31**, 183.
- HOENDERKEN R., 1978. 24^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Kulmbach.
- HOENDERKEN R., LAMBOOY E., VAN LOGTESTIJN J.G., SYBESMA W., 1980. 26^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Colorado Springs, C 1.
- HOMB T., MATRE T., 1972. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkd.*, **30**, 207-212.
- HOUIX Y., DANDO P., SELLIER P., 1978. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **10**, 557-568.
- JACQUET B., OLLIVIER L., 1971. *Journées Rech. Porcine en France*, 23-33.
- JACQUET B., SELLIER P., 1973. 19^e Congrès Européen Chercheurs en Viande, Paris D1.
- JANICKI M.A., KORTZ J., ROZYCKA J., 1970. *Zesz. Problem. Postepow Nauk Rol.*, 203-208.
- JENSEN P., 1980. Porcine stress and meat quality. Causes and possible solutions to the problems, ed. *Agr. Food Res. Soc., As (Norvège)*, 267-273.
- JONES D.J., JONES H.W., HARRINGTON R.B., JUDGE M.D., 1971. *J. Anim. Sci.*, **33**, 18-22.
- JOHNSON P., JENSEN P., PEDERSEN O.K., 1972. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **4**, 99-116.
- JUL M., 1956. *Fleischwirtschaft*. **10**, 623-624.
- JUL M., ZEUTHEN P., 1981. *Prog. Fd Nutr. Sci.*, **4**, 1-132.
- JUST-NIELSEN A., 1973. *J. Anim. Sci.*, **36**, 476-483.
- KALLWEIT E., 1968. Recent point of view on Condition and Meat Quality of pigs for slaughter, Ivo, Zeist (Pays-Bas).
- KALLWEIT E., 1969. *Z. Tierz. Züchtungbiol.*, **85**, 345-362.
- KALLWEIT E., 1980. Porcine stress and meat quality. Causes and possible solutions to the problems, ed. *Agr. Food Res. Soc., As (Norvège)*, 90-98.
- KAUFMANN R.G., WACHHOLZ D., HENDERSON D., LOCHNER J.V., 1978. *J. Anim. Sci.*, **46**, 1236-1240.
- KEMP J.D., FOX J.D., MOODY W.G., 1974. *J. Food Sci.*, **39**, 972-976.
- KIRKEGAARD E., MOLLER A.J., WISMER-PEDERSEN J., 1979. 25^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Budapest, 5-10.
- KLINGBIEL J.F.G., NAUDE R.T., 1976. *Agroanimalia*, **8**, 7-12.
- KLOBORG LARSEN H., 1982. C.E.E. Seminar « Stunning of Animals for Slaughter ».
- KORTZ J., TABISZEWSKI J., 1970. *Zesz. Problem. Postepow Nauk Roln.*, 209-215.

- KRZYWICKI K., 1968. Roczn. Inst. Przem. Miesnego, **5**, 23-25.
- KRZYWICKI K., 1972. Roczn. Inst. Przem. Miesnego, **9**, 5-42.
- KRZYWICKI K., GORNA M., WIECKOWSKI W., 1971. Med. Wet., **27**, 688-690.
- KUHN G., OTTO E., GROSSE F., 1972. Arch. Tierz., **16**, 51-56.
- LABADIE J.C., 1982. Communication personnelle.
- LANNEK N., LINDBERG P., BLOMGREN L., JOHANNSON G., JONNSON L., 1974 Nord. Veterinaermed., **26**, 430-435.
- LAWRIE R.A., 1966a. The Physiology and Biochemistry of Muscle as a Food, 137-164.
- LAWRIE R.A., 1966b. Meat Science, Pergamon Press, London, 295-299.
- LAWRIE R.A., POMEROY R.W., CUTHBERTSON A., 1963. J. Agric. Sci., **60**, 195-209.
- LEEST J.A., VAN ROON P.S., BROUWER H.A., 1970. 16è Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Varna (Bulgarie).
- LEWIS P.K., BROWN C.J., HECK M.C., 1962. J. Anim. Sci., **21**, 196-198.
- LEWIS P.K., HECK M.C., BROWN C.J., 1969. J. Anim. Sci., **29**, 124.
- LINDBERG P., LANNEK N., BLOMGREN L., 1973. Acta Vet. Scand., **14**, 359-365.
- LOSONCZY M., 1969. Husipar, **18**, 140-144.
- LUDVIGSEN J., 1954. 272 Beretning fra forsogslaboratoriet, Kobenhavn.
- LUDVIGSEN J., 1955. 284 Beretning fra forsogslaboratoriet, Kobenhavn.
- LUNDSTROM K., 1975. Swed. J. Agric. Res., **5**, 209-221.
- LUNDSTROM K., NILSSON H., MALMFORS B., 1979. Acta Agric. Scand., Suppl. **21**, 71-80.
- MAC GLOUGHLIN P., AHERN C.P., BUTLER M., MAC LOUGHLIN J.V., 1980. Livest. Prod. Sci., **7**, 147-154.
- MAC GLOUGHLIN P., MAC LOUGHLIN J.V., 1976. Livest. Prod. Sci., **3**, 271-280.
- MAC LOUGHLIN J.V., 1964. 17th Ann. Recip. Meat Conf., Madison, 171.
- MAC LOUGHLIN J.V., DAVIDSON V.E.J., 1966. Ir. J. Agr. Res., **5**, 55-62.
- MAC LOUGHLIN J.V., TARRANT P.J.V., 1968. Recent Points of View on Condition and Meat Quality of Pigs for Slaughter. Ivo, Zeist (Pays-Bas), 133-140.
- MADSEN A., KELLER NIELSEN E., 1979. Acta Agric. Scand., Suppl. **21**, 265-272.
- MALMFORS G., 1980. Porcine stress and meat quality. Causes and possible solutions to the problems, ed. Agr. Food Res. Soc., As (Norvège), 179-184.
- MALMFORS G., NILSSON R., 1978. Swed. J. Agr. Res., **8**, 209-217.
- MARTIN A.H., FREEDEN H.T., 1974. Can. J. Anim. Sci., **54**, 137-143.
- MARTIN A.H., FREEDEN H.T., L'HIRONDELLE P.J., 1975. Can. J. Anim. Sci., **55**, 527-532.
- MARTIN A.H., SATHER A.P., FREEDEN H.T., JOLLY R.W., 1980. J. Anim. Sci., **50**, 699-705.
- MERKEL R.A., 1971. 2nd Int. Symp. Condition and Meat Quality of Pigs, Pudoc, Wageningen, 261-270.
- MIKHAILOVA M., 1973. Myasn. Ind. SSSR, **12**, 32-34.
- MINKEMA D., EIKELNBOOM G., VAN ELDIK P., 1977. 3rd Int. Conf. Prod. Disease Farm Animals, Wageningen, 203-207.
- MOEN R.A., VOLD E., STANDAL N., 1970. Acta Agric. Scand., **20**, 497-507.
- MONIN G., 1971. Ann. Zootech., **20**, 497-507.
- MONIN G., 1982. G.T.V., **82 - 6 - P039**, 75-83.
- MONIN G., GIRARD J.P., SELLIER P., OLLIVIER L., 1982. Sci. Aliments, **2**, 107-112.
- MONIN G., OLLIVIER, SELLIER P., 1976. Journées Rech. Porcine en France, **8**, 229-238.
- MONIN G., SELLIER P., OLLIVIER L., GOUTEFONGEA R., GIRARD J.P., 1981. Meat Sci., **5**, 413-423.
- MORLEY M.J., 1977. 23è Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Moscou, N 21.
- MOSS B.W., ROBB J.D., 1978. J. Sci. Food Agric. **29**, 689-696.

- NAUDE R.T., KLINGBIEL J.F.G., 1973. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, **3**, 183-192.
- NIELSEN N.J., 1980. Porcine stress and meat quality. Causes and possible solutions to the problems, ed. *Agr. Food Res. Soc., As (Norvège)*, 287-297.
- NIELSEN H.E., RASMUSSEN K.O., 1979. *Acta Agric. Scand., Suppl.* **21**, 246-257.
- OGNJANOVIC A., PERIC V., JOSIPOVIC S., 1973. 19è Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Paris, 677-701.
- OLDIGS B., UNSHELM J., 1971. 2nd Int. Symp. Condition and Meat Quality of pigs, Pudoc, Wageningen, 205-207.
- OLLIVIER L., 1980. *Livest. Prod. Sci.*, **7**, 57-66.
- OLLIVIER L., SELLIER P., MONIN G., 1975. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **7**, 159-166.
- OLLIVIER L., SELLIER P., MONIN G., 1978. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **10**, 191-208.
- OLSON D.G., PARRISH F.C., RUST R.E., MINER B.E., 1973. *J. Anim. Sci.*, **37**, 49-55.
- OVERSTREET J.W., MARPLE D.N., HUFFMAN D.L., NACHREINER R.F., 1975. *J. Anim. Sci.*, **41**, 1014-1020.
- PASSBACH F.L., ROGERS R.W., DIGGS B.G., BAKER B., 1968. *J. Anim. Sci.*, **27**, 1284-1289.
- PEREZ J.M., CASTAING J., GROSJEAN F., CHAUVEL J., BOURDON D., LEUILLET M., 1981. *Journées Rech. Porcine en France*, **13**, 125-144.
- POMA J.P., 1977. *Bull. Techn. C.R.Z.V., Theix*, **27**, 31-36.
- PRIEBS G., PREETZ G., 1978. *Fleisch*, **32**, 34-35.
- PUDA J., KOPECKI O., 1973. *Zyvoc. Vyr.*, **18**, 521-526.
- RAJIC I.D., 1971. *Acta Vet.*, **21**, 253-265.
- REY C.R., KRAFT A.A., TOPEL D.G., PARRISH F.C., HOTCHKISS D.K., 1976. *J. Food Sci.*, **41**, 111-116.
- ROUSE G.H., 1971. Ph. D. Thesis, Iowa State University, 75.
- RUDAKOV G., SOMKINA N., 1971. *Myasn. Ind. SSSR*, **42**, 7-10.
- RULCKER C., 1968. *Acta Vet. Scand., Suppl.* **24**, 7-44.
- SATHER A.P., MARTIN A.H., FREEDEN H.T., 1980. Porcine stress and meat quality. Causes and possible solutions to the problems, ed. *Agr. Food Res. Soc., As (Norvège)*, 274-282.
- SAYRE R.N., BRISKEY E.J., HOEKSTRA W.G., 1963. *J. Food Sci.*, **28**, 292-297.
- SAYRE R.N., BRISKEY E.J., HOEKSTRA W.G., BRAY R.W., 1961. *J. Food Sci.*, **20**, 487-492.
- SCHEPER J., 1971. 2nd Int. Symp. Condition and Meat Quality of Pigs, Pudoc, Wageningen, 271-277.
- SCHEPER J., 1977a, *Fleischwirtschaft*, **57**, 1489-1495.
- SCHEPER J., 1977b. 3rd Int. Conf. Prod. Disease Farm Animals, Wageningen, 141-143.
- SCHEPER J., 1979. *Acta Agric. Scand., Suppl.* **21**, 20-31.
- SCHMID P., 1969. *Schweiz. Landwirtsch. Monatsch.*, **46**, 349-356.
- SCHMITT O., DUMONT B.L., 1970. *Journées Recherche Porcine en France*, 167-169.
- SCHMITT O., DUMONT B.L., 1980. *Journées Recherche Porcine en France*, 139-146.
- SCHMITTEN F., 1967. Thèse Doctorat, Friedrich Wilhelm Universität, Bonn.
- SCHOBERLEIN L., RENATUS K., VON LENGERKEN G., HENNEBACH H., ALBRECHT V., 1979. *Arch. Exp. Veterinärmed*, **33**, 337-345.
- SCHON L., 1969. *Schweinezucht Schweinemast*, **17**, 325-326.
- SELLIER P., 1976. Symposium on Monogastric Animal Production, Uppsala (Suède).
- SELLIER P., 1982. *Journées Recherche Porcine en France*, 159-182.
- SELLIER P., BOCCARD R., 1971. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **3**, 433-448.
- SELLIER P., LEGAULT C., 1978. *Ann. Tech. Agric.*, **27**, 566 (Abst.).
- SHULER R.O., PATE T.D., MANDIGO R.W., LUCAS L.E., 1970. *J. Anim. Sci.*, **31**, 33-35.
- SKELLEY G.C., BORGMANN R.F., HANDLIN D.L., ACTON J.C., MAC CONNELL J.C., WARDLAW F.B., EVANS E.J., 1975. *J. Anim. Sci.*, **41**, 1298-1304.

- SKELLEY G.C., HANDLIN D.L., 1971. *J. Anim. Sci.*, **32**, 239-244.
- SMITH W.C., WILSON A., 1980. *Anim. Prod.*, **26**, 229-232.
- SMITH W.C., WILSON A., BURR A.C., CLARK J.B.K., 1976. *Anim. Prod.*, **22**, 283-286.
- SRECKOVIC A., PETROVIC D., NIKOLIC M., 1977. 23^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Moscou, A 5.
- STANDAL N., 1979. *Acta Agric. Scand., Suppl.* **21**, 117-121.
- STAUN H., 1971. 22^e Réunion Annuelle de la Fez, Versailles.
- STEELE N.C., ALTHEN T.G., ONO K., 1979. *J. Anim. Sci.*, **49**, 675-682.
- STEIN H.J., 1978. *Fleisch*, **32**, 33-34.
- STEINHAUF D., WENIGER J.H., HOPPENBROCK K.H., 1969. *Züchtungskunde*, **41**, 93-110.
- STILWELL D.E., 1972. Ph. D. Thesis, University of Nebraska, 52 p.
- SYBESMA W., DE HEER J.C.M., 1964. *Fleischwirtschaft*, **2**.
- SYBESMA W., GROEN W., 1970. 16^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Warna (Bulgarie).
- TARRANT P.J.V., MAC LOUGHLIN J.V., HARRINGTON M.G., 1972. *Proc. R. Ir. Acad.*, **72B**, 55-73.
- TAYLOR A.A., 1972. M.R.I. Symposium, Langford, **2**, 5.1-5.8.
- TAYLOR A.A., DANT S.J., 1971. *J. Food Technol.*, **6**, 131-139.
- TAYLOR A.A., SHAW B.G., JOLLEY P.D., 1976. *J. Food Technol.*, **11**, 589-597.
- TEXIER C., DARIDAN D., 1976. Journées Recherche Porcine en France, 109-113.
- THEUNISSEN T.J.J.M., KOUWENHOVEN T., BLAUW Y.H., 1979. *J. Food Sci.*, **44**, 1483-1484, 1490.
- TOPEL D.G., MILLER J.A., BERGER P.J., RUST R.E., PARRISH F.C., ONO K., 1976. *J. Food Sci.*, **41**, 628-630.
- TOURAILLE C., MONIN G., 1982. Journées Rech. Porcine en France, **14**, 33-36.
- TOURAILLE C., MONIN G., LEGAULT C., 1983. Journées Rech. Porcine en France, **15** (à paraître).
- TOURAILLE C., MONIN G., SELLIER P. Observations non publiées.
- TOWNSEND W.E., DAVIS C.E., LYON C.E., 1978. 24^e Congrès Européen des Chercheurs en Viande, Kulmbach, G 9.
- TULEY W.B., KING G.T., CARPENTIER Z.L., 1969. *J. Anim. Sci.*, **29**, 129-135.
- TUREK F., LETTNER F., STEINHACKER G., PICHLER W., 1966a. *Züchtungskunde*, **38**, 65-70.
- TUREK F., STEINHACKER G., LETTNER F., 1966b. *Bodenkultur*, **17**, 285-289.
- UNSHELM J., KALLWEIT E., OLDIGS B., SCHROEDER J., PFLEIDERER U.E., VON SCHUTZBAR W., 1972. *Züchtungskunde*, **44**, 42-55.
- USBORNE W.R., 1970. Ph. D. Thesis, University of Kentucky.
- VADA M., 1977. *Meat Sci.*, **1**, 245-252.
- VAN DER WAL P.G., 1973. *Tijdschr. Diergeneesk.*, **98**, 202-209.
- VAN DER WAL P.G., 1978. *Meat Sci.*, **2**, 19-30.
- VAN DER WAL P.G., EIKELENBOOM G., 1980. Porcine stress and meat quality. Causes and possible solutions to the problems, ed. *Agr. Food Res. Soc., As (Norvège)*, 298-305.
- VAN WYK G.N., VAN DER MERWE G.D., DREOSTI G.M., VAN DER MERWE R.P., ATKINSON A., 1971. *Agroanimalia*, **3**, 65-72.
- VERDIJK A.T.M., 1972. *Tijdschr. Diergeneesk.*, **97** 530-543.
- VERSTEGEN M.W., BRASCAMP E.W., VAN DER HEL W., DE GROOT P.N., EIKELENBOOM G., 1977. *Proceed. 3rd Int. Conf. Prod. Disease Farm Animals, Wageningen*, 188-192.
- VON LENGERKEN G., STEIN H.J., PFEIFFER H., 1977. *Monatsh. Veterinärmed.*, **32**, 376-380.
- VOS M.R.M., SYBESMA W., 1971. 2nd Int. Symp. Condition and Meat Quality of Pigs, Pudoc, Wageningen, 278-281.
- WAHLSTROM R.C., LIBAL G.W., BERNS R.J., 1971. *J. Anim. Sci.*, **32**, 891-894.

- WALSTRA P., MINKEMA D., SYBESMA W., VAN DE PAS J.G.C., 1971. 22è Réunion Annuelle Fez, Versailles.
- WAX J.E., NORTON H.W., SCHMIDT G.R., 1975. *J. Anim. Sci.*, **40**, 444-450.
- WEBB A.J., 1980. Porcine stress and meat quality. Causes and possible solutions to the problems, ed. *Agr. Food Res. Soc., As (Norvège)*, 105-124.
- WEBB A.J., JORDAN C.H.C., 1978. *Anim. Prod.*, **26**, 157-168.
- WENIGER I.H., STEINHAUF D., SAALER H., HOLTZ A., 1967. *Züchtungskunde*, **39**, 95-105.
- WISMER-PEDERSEN J., 1957. 3rd Meeting Meat Res. Inst., Roskilde.
- WISMER-PEDERSEN J., 1959. *Food Res.*, **24**, 711-727.
- WISMER-PEDERSEN J., 1968. *The Pork Industry, problems and progress*. Iowa State University Press, Ames, 163-176.
- WITKOWSKA A., KORTZ J., 1969. *Rocz. Nauk Roln.*, **91 B**, 262-269.
- WOOD J.D., DRANSFIELD E., RHODES D.N., 1979. *J. Sci. Food Agric.*, **30**, 493-498.
- YEN J.T., SCOTT R.A., POND W.G., CROUSE J.D., 1981. *Nutr. Rep. Int.*, **23**, 81-88.
- ZUIDAM L., SCHMIDT G.R., OOSTERBAAN J., SYBESMA W., 1971. 2nd Int. Symp. Condition and Meat Quality of Pigs, Pudoc, Wageningen, 282-286.