



HAL
open science

Caractéristiques et qualité des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non génétiques

Bénédicte Lebret, Jacques Mourot

► **To cite this version:**

Bénédicte Lebret, Jacques Mourot. Caractéristiques et qualité des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non génétiques. *Productions Animales*, 1998, 11 (2), pp.131-143. hal-02699063

HAL Id: hal-02699063

<https://hal.inrae.fr/hal-02699063v1>

Submitted on 1 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Caractéristiques et qualité des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non génétiques

L'évolution de la composition corporelle des porcs vers une réduction importante de l'adiposité au profit des dépôts maigres a été bénéfique pour la qualité de la carcasse. Mais, dans le même temps, cette diminution de la masse adipeuse a entraîné une dégradation de sa qualité. Pour un type génétique donné, les caractéristiques et la qualité des tissus adipeux dépendent directement des conditions d'élevage des animaux : niveau et nature de la ration alimentaire, administration de promoteurs de croissance, température ambiante, âge et poids à l'abattage... Maîtriser la qualité de ces tissus semble donc maintenant accessible.

Au cours des dernières décennies, les efforts soutenus d'amélioration génétique du porc ont permis d'accroître considérablement la teneur

en viande maigre et de réduire l'adiposité des carcasses, en réponse à la demande des consommateurs et du marché. Ainsi, la proportion de tissu adipeux chez un porc charcutier de 100 kg de poids vif se situe actuellement autour de 20 %, alors qu'elle s'élevait à 35-45 % en 1972 (Henry 1977).

Résumé

En production porcine, la réduction de l'adiposité des carcasses au profit de la teneur en maigre obtenue par l'amélioration génétique et l'évolution des conditions d'élevage, a entraîné l'apparition de défauts de qualité des tissus adipeux. La qualité de ces tissus ne peut guère être améliorée par les technologies de transformation, elle dépend des caractéristiques des tissus à l'abattage, celles-ci étant déterminées par les conditions d'élevage des animaux en interaction avec leur type génétique.

Les composantes nutritionnelle, organoleptique et technologique de la qualité des tissus adipeux sont fonction de leur composition chimique : teneurs en lipides et en eau, importance de la trame conjonctive, et de la nature des acides gras constitutifs des lipides. Ainsi, tout facteur intrinsèque ou extrinsèque à l'animal entraînant une variation de composition du tissu adipeux modifie en conséquence la qualité de ce tissu.

La composition du tissu adipeux varie selon la localisation anatomique, l'adiposité globale de la carcasse et le type sexuel. Parmi les facteurs d'élevage, l'alimentation, en particulier la nature des acides gras ingérés, la supplémentation du régime alimentaire en vitamine E ou en minéraux, l'administration de promoteurs de croissance (hormone de croissance, bêta-agonistes) ainsi que la température d'élevage influencent les propriétés de la fraction adipeuse de la carcasse.

Les effets des facteurs d'élevage sur les caractéristiques des tissus adipeux du porc et leurs relations avec la qualité sont relativement bien établis. La maîtrise de la qualité des tissus adipeux est donc maintenant accessible, et ne dépend plus que de l'importance relative accordée à la qualité dans les coûts de production, au sein de la filière porcine.

Cette évolution a entraîné l'apparition de défauts de qualité des tissus adipeux, qui posent de réels problèmes aux industriels de la transformation : manque de fermeté, mauvaise aptitude à la conservation des produits carnés... La qualité de ces tissus, qui ne peut guère être améliorée par les technologies de transformation, dépend directement des caractéristiques de l'animal à l'abattage. Il est donc absolument nécessaire de tenir compte, en production porcine, des facteurs d'élevage ayant une influence sur cette qualité.

Cet article décrit les caractéristiques des tissus adipeux anatomiquement séparables (localisation anatomique, structure, composition chimique) en relation avec leur qualité, ainsi que la mise en place et le développement de ces tissus. Nous présentons ensuite l'influence de divers facteurs d'élevage non génétiques sur les propriétés et, en conséquence, la qualité des tissus adipeux chez le porc.

1 / Caractéristiques des tissus adipeux

1.1 / Rôle, localisation anatomique, structure et composition chimique

Le tissu adipeux représente le principal site de stockage d'énergie permettant d'assurer un équilibre entre les besoins de l'animal et les apports alimentaires (Robelin et Casteilla 1990). Chez le porc, ce tissu est présent au niveau sous-cutané (bardière, poitrine...) comme au niveau interne (panne, mésentère) ainsi qu'au sein du tissu musculaire (tissus adipeux inter et intramusculaire) (Girard *et al* 1988). Cet article ne concerne que des tissus adipeux anatomiquement séparables : la bardière et la panne.

Les cellules adipeuses, ou adipocytes, sont réparties au sein d'une trame de tissu conjonctif. Elles présentent de petites vacuoles lipidiques lorsqu'elles commencent à stocker des lipides. Dans les adipocytes matures, une vacuole lipidique unique repousse le noyau à la périphérie de la cellule (Robelin et Casteilla 1990), dont le diamètre varie alors de 25 à 150 μm environ selon la localisation anatomique.

Le tissu adipeux est composé d'une grande proportion de lipides (75-85 %), d'eau (5-15 %), et d'une faible quantité de protéines (protéines cellulaires et protéines formant la trame conjonctive). Les proportions respectives de ces composants varient selon la localisation anatomique et divers facteurs d'élevage. Les triglycérides représentent plus de 95 % de la fraction lipidique, à côté de composés mineurs, saponifiables ou non (Girard *et al* 1988). Les acides gras constitutifs des lipides adipocytaires résultent de la captation d'acides gras des triglycérides circulants (par action de la lipoprotéine lipase) ou de la synthèse *de novo* d'acides gras au sein de la cellule adipeuse. Il existe des acides gras de nature différente, selon la longueur de leur chaîne carbonée et le nombre de doubles liaisons qu'ils comportent. Plus la chaîne carbonée est saturée (et longue, dans une moindre mesure), plus le point de fusion de l'acide gras est élevé. La nature des acides gras constitutifs des triglycérides influence donc considérablement les propriétés des tissus adipeux.

1.2 / Qualité des tissus adipeux

Sous le terme de « qualité » d'un produit alimentaire, on regroupe généralement quatre composantes : hygiénique, nutritionnelle, organoleptique et technologique. Nous ne traiterons ici que des trois dernières.

a / Qualité nutritionnelle

La qualité nutritionnelle d'un produit alimentaire est évaluée par son aptitude à apporter au consommateur les nutriments dont il a besoin, tout en préservant, voire en

améliorant sa santé. La consommation de lipides fournit à l'homme des acides gras essentiels, indispensables dans l'alimentation car l'organisme ne peut les synthétiser : il s'agit des acides linoléique (C18:2) et linoléinique (C18:3). Ces molécules proviennent de l'acide stéarique (C18:0), qui est désaturé en acide oléique (C18:1) par les organismes animaux ou végétaux. La désaturation de l'acide oléique en acide linoléique puis linoléinique ne peut se faire par contre que dans le règne végétal. Les acides gras essentiels sont impliqués dans les structures membranaires, auxquelles ils confèrent une certaine fluidité. En effet, ces acides gras polyinsaturés ont un point de fusion très bas (inférieur à 0 °C), et se trouvent donc à l'état liquide à la température corporelle. Les acides gras essentiels participent également à la synthèse de différentes molécules ayant un rôle vital (prostaglandines, par exemple).

En matière de santé publique, les nutritionnistes recommandent actuellement une diminution de l'apport énergétique sous forme de lipides, ainsi qu'une diminution de la part des lipides saturés dans les graisses alimentaires. Les produits issus de la transformation de la viande de porc contiennent une proportion variable de lipides, selon qu'il s'agit de viande fraîche présentée avec ou sans gras, d'une transformation directe (jambon), ou d'un produit issu du mélange de tissus maigres et gras (saucissons, pâtés, ...). Si certains produits sont effectivement riches en lipides, ce n'est pas systématiquement le cas. Par ailleurs, la teneur en acides gras polyinsaturés du tissu adipeux est relativement élevée chez le porc (11 % contre 2,7 % chez le bovin dans le tissu adipeux externe, selon Demeyer 1997), et peut varier dans des proportions non négligeables sous l'effet de différents facteurs.

b / Qualité organoleptique

La couleur, la flaveur et la texture des tissus adipeux influencent la qualité organoleptique de la viande et des produits transformés.

La couleur des tissus adipeux, blanche à légèrement rosée, varie avec la composition en acides gras, une augmentation du degré d'insaturation des lipides donnant une couleur grisâtre aux tissus. Ce phénomène se rencontre en particulier chez le jeune animal, dont les lipides de réserve sont relativement insaturés (Wood 1984). L'apparition d'une couleur orangée, visible par exemple sur le gras de couverture de certains jambons secs, est la conséquence de la peroxydation des acides gras polyinsaturés.

La flaveur des produits carnés peut être altérée par :

- l'oxydation des acides gras insaturés, conduisant à la production d'aldéhydes et de cétones responsables de flaveurs désagréables (rance) ;
- la présence de composés malodorants dans la fraction insaponifiable des lipides. Ces composés peuvent être d'origine exogène,

comme les huiles ou farines de poisson qui ont pu être utilisées en alimentation animale. Les composés malodorants d'origine endogène se trouvent dans les tissus adipeux de porcs mâles entiers : l'androsténone (stéroïde d'origine testiculaire) et le scatol (produit de la dégradation du tryptophane) sont responsables de défauts d'odeur importants (odeurs sexuelles) pouvant apparaître lors de la cuisson ou de la consommation (Bonneau 1988).

La texture du tissu adipeux est déterminée par sa composition chimique. Bien qu'étant intégrée à la qualité organoleptique d'un produit, elle peut aussi être considérée ici comme un élément de la qualité technologique.

c / Qualité technologique

La qualité technologique des tissus adipeux correspond à leur aptitude à la transformation et à la conservation, c'est-à-dire leur consistance, leur cohésion et leur sensibilité à l'oxydation.

La fermeté est fonction de la composition chimique : teneurs en lipides et en eau, importance de l'armature collagénique de soutien et nature des acides gras constitutifs des triglycérides. Une faible teneur en lipides et, corrélativement, une teneur élevée en eau entraînent un manque de consistance du tissu adipeux. Une assise protéique importante assure une certaine fermeté au tissu à température ambiante et s'oppose à l'écoulement des lipides lors d'une élévation de température : sous l'effet de la chaleur, le collagène se contracte puis se gélatinise, emprisonnant les lipides dans un réseau (Girard *et al* 1988). La nature des acides gras constitutifs des tissus adipeux joue un grand rôle dans la détermination de leur consistance, le point de fusion des acides gras étant d'autant plus bas qu'ils sont plus insaturés. Selon Wood (1984), les acides gras en C16 et C18, qui représentent plus de 90 % des acides gras des tissus adipeux chez le porc, ont l'effet le plus marqué sur le point de fusion des lipides, donc sur la consistance de ces tissus. D'après Enser (1983), le point de fusion des lipides de la bardière est déterminé essentiellement par la teneur en acide stéarique du tissu.

Depuis une vingtaine d'années, différentes méthodes de prédiction de la qualité technologique des tissus adipeux ont été développées. La fermeté des tissus adipeux peut être évaluée par pénétrométrie, avec l'appareil de Dransfield (ou sonde FFP pour Fat Firm Penetrometer), qui mesure la résistance mécanique du tissu adipeux du jambon (Le Guern *et al* 1995). Cette méthode simple de terrain présente toutefois des limites. D'une part, la température du tissu doit être scrupuleusement vérifiée lors de l'étalonnage de l'appareil. D'autre part, l'épaisseur du tissu doit être supérieure à 15 mm pour donner des résultats satisfaisants, une épaisseur inférieure à 12 mm entraînant une diminution importante de la précision de la mesure. Une nouvelle méthode d'évaluation de la

qualité technologique des tissus adipeux consiste à déterminer le taux de solide de la matière grasse par RMN (Davenel *et al* 1998). Cette technique prometteuse nécessite cependant encore quelques mises au point, afin de pouvoir être utilisée directement sur les tissus.

Toutes ces méthodes ont permis de confirmer le rôle prépondérant de la proportion d'acides gras saturés, par rapport aux acides gras insaturés, dans la détermination de la fermeté des tissus adipeux. L'importance et la nature de la trame conjonctive extracellulaire joueraient également un rôle important dans la fermeté et la cohésion de ces tissus. Dans la bardière, les adipocytes sont regroupés en lobules, entourés de tissu conjonctif. Ces lobules pourraient se séparer les uns des autres et entraîner un manque de cohésion du tissu (Wood 1985). Les caractéristiques de la trame conjonctive du tissu adipeux sont toutefois encore peu connues.

La durée de conservation des tissus adipeux est limitée par le développement des réactions d'oxydation des acides gras polyinsaturés, qui sont favorisées par une forte teneur en eau et un degré élevé d'insaturation des lipides, et par l'absence d'agents antioxydants. À l'état congelé, l'activité de l'eau peut être suffisamment importante pour entraîner une hydrolyse et une oxydation des acides gras insaturés (Girard *et al* 1988). Cette réaction autocatalytique, dont l'amplitude dépend de la quantité et du degré d'insaturation des acides gras, conduit à la formation de composés peroxydés qui altèrent les qualités organoleptiques des produits.

d / Conclusion sur la qualité des tissus adipeux

Une bonne qualité nutritionnelle des tissus adipeux du porc est liée à une proportion élevée d'acides gras polyinsaturés dans les lipides, alors que, à l'opposé, des qualités organoleptiques et technologiques satisfaisantes impliquent une proportion élevée d'acides gras saturés, une teneur en eau relativement faible, ainsi qu'une trame protéique suffisamment développée. Il semble donc difficile d'obtenir une bonne qualité à la fois sur les plans nutritionnel, technologique et organoleptique.

Des recommandations concernant la composition en acides gras du tissu adipeux en relation avec la qualité technologique et organoleptique ont été établies, proposant une teneur minimale en acide stéarique (C18:0) de 12 % des acides gras totaux (Girard *et al* 1988) et une teneur maximale en acide linoléique (C18:2) comprise entre 12 et 15 % des acides gras totaux selon les transformations envisagées (Houben et Kroll 1983, Wood 1984). Le respect de ces recommandations constituerait le meilleur compromis entre les différents critères de qualité. La « meilleure » solution consisterait toutefois à orienter les produits vers différentes utilisations selon les caractéristiques des tissus adipeux.

La qualité d'un tissu adipeux dépend essentiellement de ses proportions en acides gras saturés et insaturés.

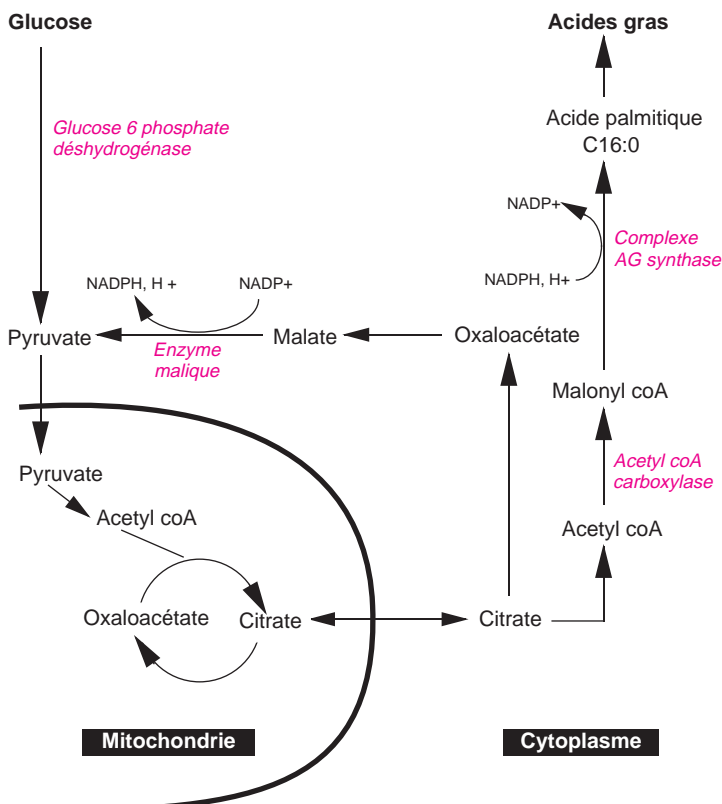
2 / Mise en place et développement des tissus adipeux

2.1 / Evolution globale et cellularité des tissus adipeux

Chez le porcelet nouveau-né, les dépôts adipeux ne représentent que 1 à 2 % du poids vif (Henry 1977), ce qui entraîne des problèmes de thermorégulation et de survie de l'animal. La masse adipeuse se développe ensuite considérablement : elle est multipliée par 10 après 12 jours d'âge, le poids vif étant multiplié par trois. Le développement du tissu adipeux est caractérisé par trois phases successives (Anderson et Kauffman 1973) : une hyperplasie (c'est-à-dire une augmentation du nombre de cellules) dominante entre 7 et 20 kg de poids vif, une hyperplasie et une hypertrophie entre 20 et 70 kg, puis une hypertrophie quasi exclusive au-delà de 70 kg. D'après Lee *et al* (1973), le nombre total d'adipocytes dans la bardière serait fixé très tôt dans la vie de l'animal, bien que certains auteurs aient observé la création de nouvelles cellules adipeuses jusqu'à un stade avancé de la croissance (220 jours d'âge, d'après Henry 1977).

Avec l'augmentation de l'âge et du poids de l'animal, on observe une augmentation de la teneur en tissus adipeux de la carcasse, liée à une augmentation du nombre et de la taille des adipocytes (Henry 1977, Camara 1995).

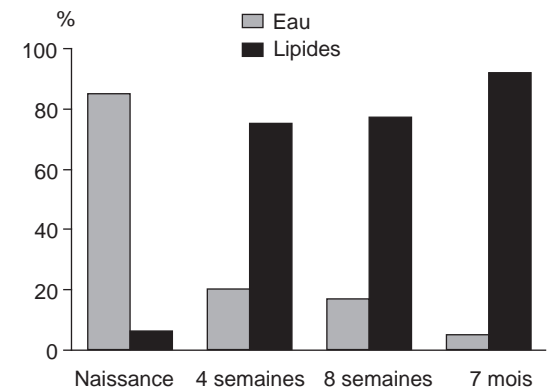
Figure 2. Schéma général de la régulation de la lipogenèse et de la lipolyse chez les mammifères (d'après Guesnet et Demarne 1987).



L'augmentation du volume adipocytaire au cours de la croissance varie avec la localisation anatomique des tissus (Anderson *et al* 1972) : les dépôts adipeux se développent d'abord au niveau sous-cutané, puis mésentérique et périrénal, intermusculaire, et enfin intramusculaire (Henry 1977). La distribution bimodale de la taille des adipocytes à la naissance (Mersmann *et al* 1975), comme en fin d'engraissement (Henry 1977), suggère l'existence de deux populations adipocytaires dans la bardière (Enser *et al* 1976). A côté des adipocytes pleinement développés, la population de cellules de très petite taille pourrait correspondre soit à des adipocytes matures ayant perdu leurs lipides, soit à des précurseurs adipocytaires ayant stocké une quantité limitée de triglycérides et se trouvant dans l'incapacité de poursuivre cette accumulation, soit à une population de préadipocytes de réserve.

L'hypertrophie des adipocytes s'accompagne d'une diminution de la teneur en protéines du tissu, alors que la teneur en lipides augmente fortement (Anderson et Kauffman 1973, Camara *et al* 1994). Ainsi, la teneur en lipides d'un tissu adipeux augmente au cours du développement de l'animal, essentiellement dans les trois ou quatre premières semaines de vie, la teneur en eau suivant une évolution inverse (voir figure 1).

Figure 1. Evolution de la composition chimique de la bardière (couche externe) avec l'âge (d'après Bucharles 1987).



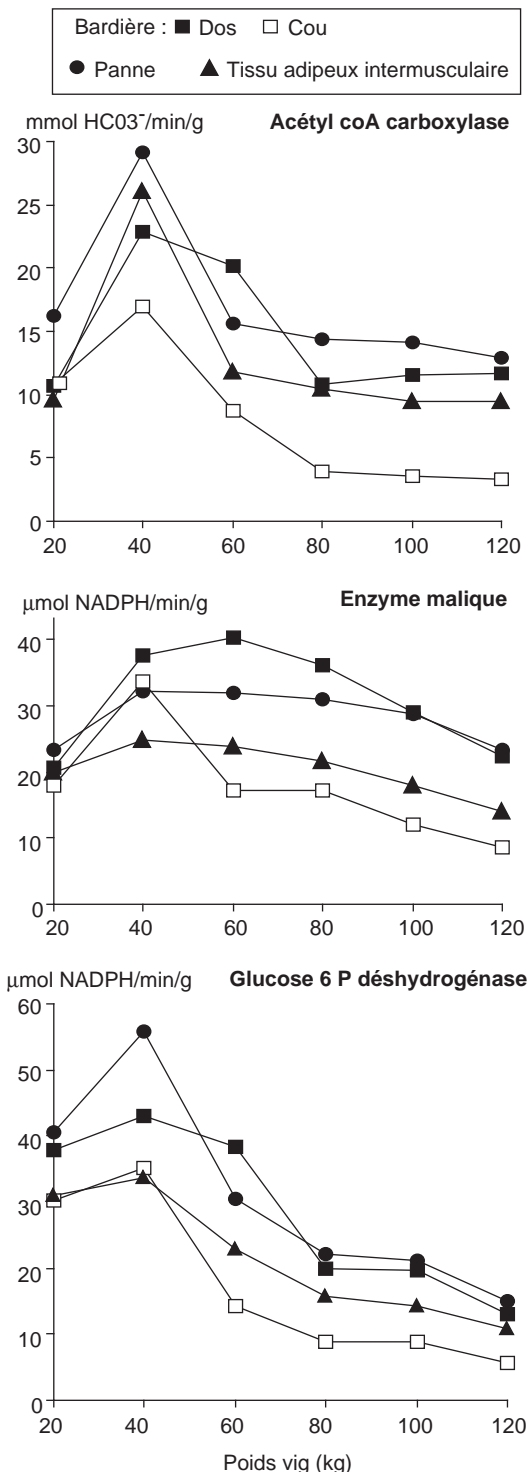
2.2 / Synthèse des lipides

On évalue le potentiel lipogénique d'un tissu par la détermination *in vitro* de l'activité de différentes enzymes dont les rôles respectifs sont rappelés sur la figure 2. On peut également estimer la synthèse lipidique par la mesure du taux d'incorporation de précurseurs marqués (^{14}C -glucose pour le porc) dans les adipocytes ou dans les lipides.

Le tissu adipeux constitue, chez le porc sevré, le site majeur de la lipogenèse *de novo* : près de 80 % des lipides y sont synthétisés, à partir du glucose dérivé de l'amidon alimentaire (O'Hea et Leveille 1969a). Le porc se distingue ainsi des autres espèces, en particulier du poulet dont le foie participe pour plus de 90 % à la synthèse lipidique (O'Hea et Leveille 1969b). Chez le porcelet par contre,

l'activité lipogénique du foie est plus importante que celle du tissu adipeux entre 2 et 5 semaines d'âge. Le tissu adipeux devient plus actif que le foie après le sevrage (Fenton *et al* 1985) : le remplacement du lait maternel, riche en lipides, par un régime glucidique stimule la synthèse lipidique dans le tissu adipeux. Le potentiel d'activité des enzymes lipogéniques dans le tissu adipeux augmente après le sevrage jusqu'à un maximum, qui se

Figure 3. Evolution des activités de trois enzymes dans la bardière (cou et dos), le tissu adipeux intermusculaire du jambon et la panne. (d'après Mourot *et al* 1995).



2.3 / Caractéristiques des tissus adipeux selon l'âge et le poids à l'abattage

De façon générale, l'adiposité des animaux augmente au cours de la croissance, ce qui entraîne une diminution du degré d'insaturation des graisses avec l'âge (et le poids) (Sink *et al* 1964, Scott *et al* 1981, Nürnberg 1995). Peu de résultats sont disponibles quant à l'influence de l'âge et du poids à l'abattage sur la composition chimique du tissu adipeux. Mourot *et al* (1995) n'observent pas de modification du potentiel d'activité lipogénique dans la bardière ou la panne avec l'augmentation du poids vif à l'abattage de 100 à 120 kg, soit une différence d'âge inférieure à 3 semaines. Ellis *et al* (1996) rapportent que l'épaisseur et la fermeté de la bardière sont augmentées avec l'augmentation du poids vif à l'abattage de 80 à 120 kg. Ainsi, une augmentation de l'âge et du poids à l'abattage aurait des effets positifs sur la qualité technologique des tissus adipeux.

Une augmentation de l'âge à l'abattage, pour le même poids vif, peut être obtenue par l'application d'une restriction alimentaire. Cet aspect est abordé dans le paragraphe concernant l'influence du niveau de la ration sur les propriétés des tissus adipeux.

3 / Facteurs de variation des caractéristiques et de la qualité des tissus adipeux

3.1 / La localisation anatomique

Les teneurs des tissus adipeux en constituants essentiels varient en fonction de la localisation anatomique : la bardière est moins riche en lipides et plus riche en eau et en protéines que le tissu adipeux périrénal (Wood *et al* 1986, Girard *et al* 1988). Une différence de composition chimique se retrouve au sein même de la bardière, la couche externe contenant plus d'eau et moins de lipides que la couche interne (Girard *et al* 1988, Camara *et al* 1994). Le potentiel d'activité lipogénique varie également avec la localisation anatomique des tissus. Il est plus important dans la panne que dans la bardière (Hood et Allen 1973, Mourot *et al* 1995), et plus élevé dans la couche interne que dans la couche externe de la bardière à partir de 6 mois d'âge (Camara 1995). En conséquence,

La part des tissus adipeux dans la carcasse et leur teneur en lipides totaux augmentent avec l'âge.

la composition en acides gras des lipides varie avec la localisation des tissus au sein de la carcasse (Malmfors *et al* 1978, Wood *et al* 1986). Comparativement à la bardière, la panne est beaucoup plus riche en acides gras saturés et contient moins d'acides gras mono-insaturés et, dans une moindre mesure, poly-insaturés (Girard *et al* 1988). Dans la bardière, la couche interne est légèrement plus saturée que la couche externe dont les teneurs en acides gras monoinsaturés et polyinsaturés sont plus élevées (Wood *et al* 1986, Girard *et al* 1988, Camara *et al* 1994). Ainsi, les acides gras insaturés sont localisés préférentiellement dans le tissu adipeux sous-cutané, et les acides gras saturés d'origine endogène dans les tissus adipeux internes.

Les caractéristiques des tissus adipeux varient avec la localisation anatomique dans des proportions suffisamment importantes pour pouvoir considérer chaque fraction adipeuse de la carcasse comme un tissu particulier ; cette distinction se fait même entre les couches externe et interne de la bardière. Le potentiel lipogénique du tissu adipeux sous-cutané est plus faible au niveau du cou que du dos, alors que le tissu du cou est plus épais que celui du dos (Mourot *et al* 1995) : ceci pourrait signifier que les lipides du cou ne sont pas tous synthétisés *in situ*, mais proviendraient pour partie de tissus adipeux où la synthèse lipidique est très active, comme le dos. Les lipides hépatiques, ainsi que les lipides alimentaires, pourraient également être impliqués dans ces échanges. Les rôles respectifs des différents compartiments lipidiques dans les fonctions de synthèse et de stockage des lipides chez le porc n'ont pas encore été précisément décrits.

3.2 / L'adiposité de la carcasse

L'état d'adiposité de la carcasse influence la composition du tissu adipeux. La teneur en eau des tissus adipeux diminue et leur teneur en lipides augmente avec l'adiposité (Wood et Enser 1982, Girard *et al* 1988). Les différences d'activité lipogénique que l'on peut observer en fonction de l'adiposité dépendent du type génétique des animaux et/ou de facteurs liés à l'animal (âge, poids, sexe...) ou à

son mode d'élevage (niveau et nature de la ration alimentaire,...).

La composition en acides gras des lipides, en particulier leur degré d'insaturation, varie en fonction de l'adiposité. Toutes choses égales par ailleurs, le degré d'insaturation des lipides est plus faible chez les animaux gras que chez les maigres. Ceci résulte de la dilution plus ou moins importante des acides gras polyinsaturés (d'origine strictement alimentaire) au sein d'une masse de lipides d'origine endogène ou exogène.

3.3 / Le type sexuel

La composition en constituants essentiels du tissu adipeux varie en fonction du type sexuel. Le tissu adipeux des mâles entiers contient plus d'eau et de protéines et moins de lipides que celui des femelles (Barton-Gade 1987, Girard *et al* 1988, Guéblez *et al* 1993), les mâles étant, à poids vif égal, plus maigres que les femelles. La castration des porcs mâles est courante dans la plupart des pays dont la France, pour éviter les défauts d'odeur sexuelle. Cette pratique a pour effets d'augmenter les quantités d'aliment ingérées, de diminuer l'efficacité alimentaire et d'augmenter l'adiposité des carcasses (Bonneau 1988). En conséquence, les tissus adipeux des mâles castrés contiennent plus de lipides et moins d'eau que ceux des mâles entiers et des femelles (voir tableau 1 ; Wood *et al* 1986, Barton-Gade 1987, Guéblez *et al* 1993).

Le type sexuel influence le potentiel lipogénique des tissus adipeux, qui varie dans le même sens que l'adiposité des animaux : dans la bardière, les activités lipogéniques sont plus élevées chez les mâles castrés que chez les femelles, les mâles entiers présentant les taux les plus bas (Allee *et al* 1972, Mersmann 1984). Les variations de composition chimique et d'activité lipogénique du tissu adipeux avec le type sexuel entraînent des différences de composition en acides gras. Pour le même poids vif, le degré d'insaturation des lipides est plus élevé chez les mâles entiers que chez les femelles et que chez les mâles castrés (voir tableau 1 ; Desmoulin *et al* 1983, Wood *et al* 1986, Barton-Gade 1987).

Tableau 1. Influence du type sexuel sur la composition chimique et la composition en acides gras des lipides de la bardière (d'après Wood *et al* 1986, Barton-Gade 1987, Girard *et al* 1988, Guéblez *et al* 1993).

Composition (%)	Mâles entiers	Mâles castrés	Femelles
Eau ⁽¹⁾	12,9 (9,7 - 18,9)	9,0 (5,4 - 13,1)	10,3 (7,9 - 14,7)
Protéines ⁽¹⁾	7,6 (4,7 - 10,8)	8,7 (3,6 - 13,4)	5,8 (3,4 - 11,6)
Lipides ⁽¹⁾	79,4 (70,3 - 83,4)	82,3 (80,2 - 83,4)	80,8 (79,3 - 86,2)
dont (%) ⁽²⁾			
C16:0	26,3 ± 2,0	27,9 ± 2,8	25,7 ± 1,3
C18:0	14,2 ± 1,2	13,7 ± 1,5	14,6 ± 0,8
C18:1	38,5 ± 4,5	38,7 ± 5,5	40,8 ± 3,3
C18:2	10,9 ± 2,4	9,1 ± 2,2	10,1 ± 2,1

⁽¹⁾ valeur moyenne (inférieure - supérieure).

⁽²⁾ valeur moyenne ± écart-type.

La composition en acides gras varie avec l'importance du tissu adipeux : le degré d'insaturation est plus faible chez les porcs les plus gras.

3.4 / L'alimentation

a / Niveau de la ration

Une réduction du niveau d'alimentation pendant l'engraissement a des conséquences importantes sur les caractéristiques du tissu adipeux, qui résultent de l'influence de la restriction alimentaire sur l'adiposité de la carcasse. On observe, chez les animaux soumis à une restriction, une diminution du poids de la bardièrre et de la panne, proportionnelle à la diminution de l'ingéré moyen journalier (Seewer *et al* 1994), ainsi qu'une augmentation de la teneur en eau et une diminution de la teneur en lipides des tissus adipeux (Wood *et al* 1986).

Une restriction énergétique sévère pendant les quatre premières semaines d'allaitement ne modifie pas le nombre total d'adipocytes du tissu sous-cutané, mais entraîne une diminution de la taille des cellules si l'on compare les animaux au même âge (24 semaines ; Lee *et al* 1973). La restriction alimentaire pendant le jeune âge retarde le développement des tissus, donnant une composition corporelle moins mature pour le même âge, mais équivalente quand les animaux atteignent le même poids.

Le niveau énergétique de la ration influence également la composition en acides gras des tissus adipeux : le degré d'insaturation, en particulier le taux d'acide linoléique, augmente lorsque le niveau alimentaire diminue (Wood 1984). La restriction alimentaire agit sur l'adiposité de la carcasse et, par conséquent, sur la composition chimique des tissus adipeux.

Ainsi, la diminution du niveau énergétique de la ration alimentaire, en augmentant la teneur en eau et le degré d'insaturation, a des conséquences plutôt défavorables sur la qualité technologique des tissus adipeux chez le porc.

b / Equilibre entre les principaux nutriments (protéines, glucides, lipides)

Un régime riche en protéines a pour effet d'augmenter la vitesse de croissance des animaux en favorisant le développement du tissu musculaire au détriment du tissu adipeux. Une augmentation de la teneur en protéines du régime avec maintien du niveau d'énergie réduit l'état d'engraissement à l'abattage (Cooke *et al* 1972, Davey et Bereskin 1978) et, chez les porcs à forte musculature, entraîne un accroissement du taux d'acide linoléique et une diminution du taux d'acide oléique dans la bardièrre (Pascal *et al* 1975).

L'introduction de matières grasses à taux croissant dans des régimes isoénergétiques n'a pas d'effet sur le potentiel d'activité lipogénique du tissu adipeux chez le jeune entre 4 et 8 semaines d'âge (Mersmann *et al* 1976). Par contre, chez des animaux de 45 à 90 kg de poids vif, l'augmentation de la teneur en

lipides de la ration (régimes isoénergétiques) entraîne une augmentation de l'épaisseur de la bardièrre et une diminution du potentiel d'activité lipogénique de ce tissu (Allee *et al* 1971 et 1972, Chilliard 1993), proportionnelle à la teneur en lipides de la ration (Allee *et al* 1971). La diminution du potentiel d'activité lipogénique observée chez l'animal en croissance - finition recevant un régime riche en lipides pourrait résulter de la diminution de l'apport glucidique alimentaire, qui entraînerait un manque de substrat pour la synthèse des acides gras.

c / Effets spécifiques de certains nutriments

Outre la quantité de lipides dans la ration, la nature des acides gras alimentaires influence la composition de la carcasse, la composition chimique et le potentiel d'activité lipogénique des tissus adipeux. L'augmentation de la teneur en acide linoléique (1,5 à 2,5 %) au sein d'un régime isoénergétique et isolipidique (4 %), ainsi que l'augmentation du degré d'insaturation et de la longueur de chaîne des acides gras alimentaires (huile de colza *vs* lait de vache), entraînent une élévation de l'adiposité corporelle et du potentiel de synthèse des lipides de la bardièrre et de la panne (Mourot *et al* 1994a et 1995). A l'inverse, Allee *et al* (1972) n'ont pas observé d'effet de la nature des lipides alimentaires (huile de maïs, saindoux, suif ou huile de noix de coco inclus à 10 % dans des régimes isocaloriques) sur le potentiel d'activité lipogénique. Cependant, on peut supposer que, dans cette expérience, la diminution de la fraction glucidique et /ou la teneur excessive en lipides de la ration ont entraîné une forte diminution de la lipogenèse, masquant ainsi les effets éventuels de certains acides gras sur les activités enzymatiques lipogéniques. L'enzyme $\Delta 9$ désaturase (ou stéaroyl coA désaturase) intervient également dans la détermination des caractéristiques des tissus adipeux. En effet, sa fonction consiste à métaboliser les acides gras saturés (acides palmitique et stéarique) en acides gras monoéniques (acides palmitoléique et oléique). Chez le rat et le poulet, l'activité de cette enzyme est inhibée par les acides gras polyinsaturés alimentaires dans le foie, principal organe de la lipogenèse dans ces espèces (O'Hea et Leveille 1969b). Chez le porc, Kouba *et al* (1998) ont montré qu'un régime alimentaire riche en acide linoléique (lipides alimentaires constitués d'huile de maïs *vs* suif) diminue l'activité de la $\Delta 9$ désaturase dans la bardièrre, conduisant à une diminution du taux d'acides gras monoinsaturés de ce tissu.

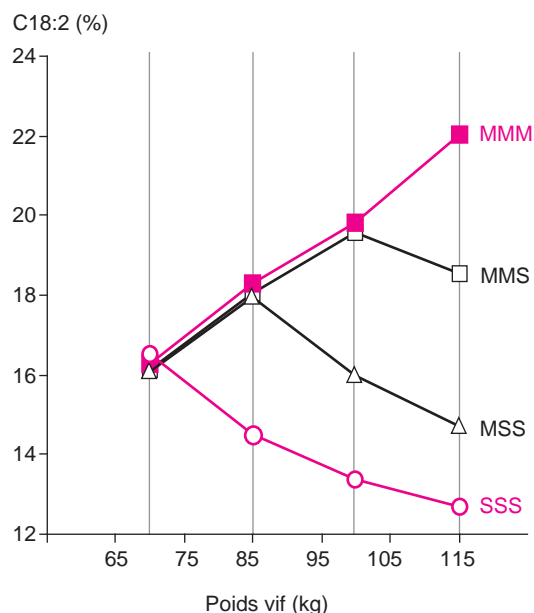
Chez les monogastriques, les acides gras alimentaires sont déposés directement dans les tissus sans modification. Ainsi, la nature des acides gras du régime agit directement sur la composition en acides gras des tissus (Flanzy *et al* 1970, Brooks 1971, Desmoulin *et al* 1983, Rhee *et al* 1988). Le coefficient de corrélation entre la quantité d'acide linoléique ingérée et celle déposée dans la bardièrre est

La nature des acides gras alimentaires agit directement sur la composition en acides gras des tissus adipeux.

très élevé : respectivement 0,83 et 0,90 selon Mourot *et al* (1991) et Warnants *et al* (1996). La composition en acides gras des tissus adipeux reflète donc parfaitement la composition en acides gras de la ration alimentaire. Toutefois, ceci semble concerner essentiellement les acides gras à chaîne longue, les acides gras à chaîne moyenne étant proportionnellement déposés en moindre quantité dans les tissus et davantage métabolisés (Madsen *et al* 1992). Un régime riche en acides gras insaturés conduit donc à la production de tissus adipeux mous et sensibles à l'oxydation. Cependant, pour des raisons économiques, les lipides d'origine végétale introduits par l'intermédiaire de graines entières dans les régimes (maïs, colza...) sont toujours largement utilisés en alimentation porcine. Courboulay et Mourot (1995) ont estimé la vitesse de disparition de l'acide linoléique tissulaire, en agissant sur les durées de distribution respectives d'un régime alimentaire riche en acides gras polyinsaturés (huile de maïs, régime M) ou riche en acides gras saturés (suif, régime S) (figure 4). La teneur en acide linoléique des tissus diminue dès que le régime M n'est plus distribué. La cinétique de décroissance de la teneur en C18:2 est évaluée à environ 0,85 mg par gramme de lipides totaux par jour, soit 0,1 % de l'acide linoléique présent (Courboulay et Mourot 1995). En conséquence, la distribution d'une alimentation riche en acides gras saturés est préconisée à partir de 70 kg de poids vif, afin de limiter le taux d'acide linoléique de la bardière à une valeur inférieure à 15 % des acides gras totaux au stade d'abattage usuel.

L'incorporation de glycérol, co-produit obtenu lors de la fabrication du diester, a été

Figure 4. Evolution de la teneur en C18:2 de la bardière chez des porcs recevant successivement entre 70 et 85 kg, 85 et 100 kg, 100 et 115 kg de poids vif, un régime riche (M, huile de maïs) ou pauvre (S, suif) en C18:2 (d'après Courboulay et Mourot 1995).



expérimentée en alimentation porcine, en substitution d'une fraction glucidique (autour de 5 %) de la ration. Le glycérol ne modifie pas les performances de croissance des animaux et entraîne une diminution du taux d'acide linoléique et du coefficient d'insaturation des lipides de la bardière, sans modifier la teneur en lipides totaux du tissu (Mourot *et al* 1994b). Outre ses effets bénéfiques sur la qualité de la fraction maigre de la viande (diminution des pertes en eau à la cuisson), l'incorporation de glycérol dans l'alimentation du porc en croissance - finition permettrait d'améliorer les qualités technologiques et organoleptiques des tissus adipeux (Mourot *et al* 1994b).

d / Effets d'apports vitaminiques ou de minéraux

Un des principaux défauts de qualité des tissus adipeux est l'oxydation des acides gras polyinsaturés. Les tissus adipeux du porc ne contenant pas d'agents antioxydants, l'incorporation dans l'alimentation de tocophérols (ou vitamine E), molécules présentant une fonction antioxydante, a été envisagée pour limiter la peroxydation des acides gras polyinsaturés. Mourot *et al* (1992a) ont étudié les effets d'un apport simultané d'acide linoléique et de vitamine E à des doses variables (1,5 à 2,5 % d'acide linoléique, 10 à 30 mg de vitamine E par kg d'aliment) sur la composition lipidique de la bardière et son aptitude à la conservation. Ces auteurs montrent que l'apport alimentaire de vitamine E ralentit la disparition du C18:2 au cours de la conservation, donc protège les acides gras polyinsaturés de l'oxydation. Toutefois, l'importance de l'oxydation ne serait pas proportionnelle au rapport C18:2/vitamine E dans l'aliment, c'est la quantité d'acide linoléique apportée qui serait primordiale (Mourot *et al* 1992a).

Une carence du régime alimentaire en biotine (vitamine B8) peut conduire à une augmentation du rapport acides gras monoinsaturés / acides gras saturés dans le tissu adipeux du porc (Brooks 1985). En effet, la biotine est un coenzyme de réactions de carboxylation, et en particulier de l'acétyl coA carboxylase, enzyme clé de la lipogénèse. Une carence en biotine est donc susceptible de limiter la synthèse *de novo* d'acides gras, la part des acides gras alimentaires (essentiellement insaturés) dans les acides gras totaux du tissu se trouvant alors augmentée. De plus, il est important de noter que, selon Mordenti *et al* (1991), la biotine présente dans les régimes généralement distribués en finition serait assez peu disponible.

La supplémentation en cuivre (250 ppm) du régime alimentaire permet d'améliorer les performances zootechniques des porcs (Thompson *et al* 1973, Ho et Elliot 1974). Toutefois, elle entraîne également une baisse du point de fusion des dépôts adipeux, une diminution des teneurs en acides stéarique et palmitique et un accroissement concomitant des acides gras insaturés à chaîne longue

L'apport, dans la ration, d'antioxydants comme la vitamine E permet de protéger les acides gras insaturés de l'oxydation et d'améliorer ainsi l'aptitude à la conservation.

(Thompson *et al* 1973, Ho et Elliot 1974, Wood 1984). Chez les animaux supplémentés, l'activité spécifique de la désaturase de l'acide stéarique ($\Delta 9$ désaturase) est augmentée dans le foie, alors qu'elle ne varie pas dans le tissu adipeux externe (Thompson *et al* 1973). L'activité de désaturation de l'oléate et du palmitoyl coA est augmentée dans le foie et le tissu adipeux (Ho et Elliot 1974). Ainsi, la supplémentation de la ration alimentaire en cuivre, bien que bénéfique pour les performances de croissance des animaux, modifie la composition en acides gras des lipides corporels dans des proportions suffisantes pour détériorer les qualités technologiques et organoleptiques des tissus adipeux.

Le cuivre n'est pas le seul élément minéral influençant les caractéristiques des lipides. En effet, selon Dove et Ewan (1991) le taux d'oxydation des tocophérols naturels augmente avec les teneurs du régime en cuivre, fer, zinc et manganèse. Or, à l'état oxydé, les tocophérols ne peuvent plus assurer leur fonction d'antioxydant vis-à-vis des autres constituants tissulaires, des acides gras en particulier. Une teneur élevée en éléments minéraux de la ration peut donc conduire à une augmentation des phénomènes d'oxydation des acides gras et altérer la qualité des tissus adipeux.

3.5 / Les promoteurs de croissance

a / Somatotropine

L'administration de pST (somatotropine porcine) a été envisagée pour améliorer les performances de croissance des animaux et augmenter la production de tissus maigres. L'apport de pST exogène entraîne une réduction de l'ingéré alimentaire, une accélération de la croissance et une amélioration spectaculaire de l'efficacité alimentaire liée à une forte diminution des dépôts gras au profit du muscle (Bonneau 1992). Ces effets sont d'autant plus marqués que les animaux sont peu performants.

Les conséquences de l'administration de somatotropine sur la composition des tissus adipeux sont très importantes. Comme dans tous les cas où l'adiposité de la carcasse est diminuée, la teneur en lipides du tissu adipeux est plus faible et la teneur en eau plus élevée (Nürnberg 1995, Oksbjerg *et al* 1995). Les principaux effets de la pST sur le métabolisme lipidique résulteraient du fait qu'elle s'oppose à l'action lipogénique de l'insuline (Walton *et al* 1987), ce qui entraînerait une réduction marquée de la synthèse lipidique dans le tissu adipeux des animaux traités. En conséquence, la composition en acides gras des lipides est modifiée par le traitement : le degré d'insaturation des acides gras est plus élevé, particulièrement du fait d'une forte augmentation du taux d'acide linoléique (Mourot *et al* 1992b, Rehfeldt *et al* 1994). Ainsi, si l'administration de pST apparaît positive du point de vue de la qualité nutri-

tionnelle, elle aurait cependant des conséquences néfastes sur les qualités organoleptique et technologique des tissus adipeux, en relation avec la diminution de l'adiposité des carcasses.

b / Béta-agonistes

Les bêta-agonistes (clenbutérol, cimatérol, ractopamine, salbutamol) sont des substances utilisées en thérapie animale et humaine qui miment l'action des hormones catécholamines au niveau des récepteurs bêta-adrénergiques cellulaires. Administrés à l'animal sain, les bêta-agonistes peuvent améliorer les performances de croissance des animaux en augmentant le gain quotidien et l'efficacité alimentaire (Hanrahan *et al* 1986, Fiems 1987). Le principal intérêt de l'administration de bêta-agonistes à des porcs en croissance réside dans leur capacité à orienter les nutriments vers les tissus maigres au détriment des tissus adipeux, conduisant ainsi à une augmentation de la teneur en muscle et une diminution des dépôts gras de la carcasse (Hanrahan *et al* 1986, Warriss *et al* 1990). Peu de résultats sont disponibles quant à leur effet sur la composition chimique et la nature des acides gras constitutifs de la bardièrre, toutefois, on peut supposer que la teneur en lipides serait diminuée et le degré d'insaturation des acides gras augmenté, en relation avec les propriétés lipolytiques et anti-lipogéniques des bêta-agonistes. L'administration de salbutamol ne modifierait pas la fermeté de la bardièrre, mais elle faciliterait la séparation de la bardièrre du tissu maigre sous-jacent (Warriss *et al* 1990). Ainsi, les traitements aux bêta-agonistes auraient tendance à dégrader la qualité technologique des tissus adipeux. Toutefois, le principal problème lié à l'utilisation de ces substances, actuellement interdite par la législation pour la production de viande, est la présence de résidus qui peuvent altérer la qualité hygiénique des viandes, composante essentielle de la qualité des produits alimentaires pour les consommateurs.

3.6 / Les facteurs environnementaux

La température d'élevage affecte les performances de croissance et les besoins énergétiques des animaux (Le Dividich *et al* 1987). A même niveau alimentaire, une baisse de la température d'élevage entraîne une diminution de l'adiposité de la carcasse, les animaux présentant des besoins énergétiques accrus pour assurer leur thermorégulation. Si le niveau de la ration est adapté aux besoins des animaux afin qu'ils atteignent la même vitesse de croissance, la diminution de température n'a pas d'effet notable sur la masse adipeuse totale de la carcasse, mais elle modifie sa répartition : le pourcentage de tissu adipeux sous-cutané au niveau du jambon augmente, alors que le pourcentage de tissu adipeux interne (panne) diminue (Lefaucheur *et al* 1991). Les modifications de la répartition

La température d'élevage influence la répartition des tissus adipeux dans la carcasse et la composition en acides gras de certains d'entre eux.

des lipides, ajoutées au fait que les carcasses des animaux élevés à basse température sont plus courtes et plus compactes, sont les manifestations d'une adaptation du porc au froid. La température ambiante affecte le métabolisme du tissu adipeux : le potentiel d'activité lipogénique dans la bardière est plus élevé à 12 °C qu'à 28 °C (Lefaucheur *et al* 1991). La température n'ayant pas d'effet sur la masse de la bardière, ceci suggère une stimulation de la lipolyse et un accroissement du turnover des lipides aux basses températures. De même, la diminution du poids de la panne, sans modification du potentiel de synthèse lipidique à 12 °C par rapport à 28 °C, pourrait être due à une lipolyse accrue aux basses températures d'élevage (Lefaucheur *et al* 1991). Une exposition des animaux à la chaleur au cours de la croissance (31,5 °C *vs* 18,5 °C) entraîne, dans la bardière, une diminution de la teneur en lipides, liée à une diminution d'environ 33 % du potentiel d'activité de l'enzyme malique et de la G6PDH (Rinaldo et Le Dividich 1991). Le potentiel d'activité lipogénique dans la bardière varierait donc inversement avec la température ambiante.

La température d'élevage influence la composition en acides gras de certains tissus adipeux. Globalement, quand la température d'élevage augmente, le pourcentage d'acides gras insaturés de la bardière diminue : les taux d'acides gras saturés C16:0 et C18:0 et polyinsaturés C18:2 et C18:3 augmentent et les taux d'acides gras monoinsaturés C16:1 et surtout C18:1 diminuent (Fuller *et al* 1974, Le Dividich *et al* 1987, Lefaucheur *et al* 1991, Lebret *et al* 1998). L'augmentation de la teneur en acides gras insaturés de la bardière lorsque la température ambiante diminue pourrait être liée au maintien de la fluidité membranaire chez les animaux élevés au froid. Si la température d'élevage modifie la composition chimique de la bardière, influençant ainsi les propriétés de ce tissu, la composition en acides gras de la panne ne serait, par contre, pas affectée (Lefaucheur *et al* 1991).

Par souci de diversification de la production et pour améliorer l'image de marque des produits de la filière, se développent des élevages de porcs charcutiers en plein air. Comparé à l'élevage intensif classique, de nombreux facteurs sont modifiés par l'élevage en plein air : les besoins alimentaires, la température moyenne et ses variations, l'activité physique des animaux, etc. Peu d'études intégrant tous

ces facteurs ont été réalisées jusqu'ici. Des travaux récents (Lebret *et al* 1998) montrent que, par rapport à l'élevage à 24 °C en bâtiment fermé, l'engraissement de porcs charcutiers en semi plein air pendant l'hiver modifie peu les caractéristiques de la bardière, alors que l'on observe une augmentation des taux de C18:0 et C18:2 et une diminution du taux de C18:1 dans la bardière chez les animaux élevés en semi plein air pendant l'été. Ainsi, les propriétés des tissus adipeux peuvent être modifiées par le mode d'élevage. En conséquence, il semble important, lors de la mise en œuvre de méthodes de production alternatives aux méthodes intensives classiques, d'évaluer l'effet du type d'élevage sur les caractéristiques des tissus adipeux.

Conclusion

Les relations entre les caractéristiques chimiques et structurales des tissus adipeux et les qualités nutritionnelle, organoleptique et technologique de ces tissus sont assez bien établies chez le porc. La teneur en lipides totaux et la composition en acides gras des lipides constituent des éléments essentiels intervenant sur ces composantes de la qualité. Les propriétés de la trame collagénique et leurs relations avec la qualité des tissus adipeux nécessitent d'être approfondies.

L'influence des facteurs d'élevage sur les propriétés des tissus adipeux est relativement bien connue. Le principal facteur pouvant modifier la composition de ces tissus est l'alimentation, et en particulier la nature des acides gras constitutifs du régime. Ainsi, on peut considérer que l'on est actuellement en mesure de produire des tissus présentant des caractéristiques bien définies, correspondant aux besoins spécifiques des différents utilisateurs : consommateurs qui privilégient les composantes nutritionnelle et sensorielle de la qualité, transformateurs plus exigeants sur les aptitudes à la transformation et à la conservation des tissus adipeux...

La maîtrise de la qualité de ces tissus est donc maintenant possible. Elle dépend de l'importance respective accordée par les différents partenaires de la filière porcine et les consommateurs aux coûts de production et à la qualité des produits.

Références bibliographiques

Allee G.L., Baker D.H., Leveille G.A., 1971. Influence of level of dietary fat on adipose tissue lipogenesis and enzymatic activity in the pig. *J. Anim. Sci.*, 33, 1248-1254.

Allee G.L., Romsos D.R., Leveille G.A., Baker D.H., 1972. Lipogenesis and enzymatic activity in pig adipose tissue as influenced by source of dietary fat. *J. Anim. Sci.*, 35, 41-47.

Anderson D.B., Kauffman R.G., 1973. Cellular and enzymatic changes in porcine adipose tissue during growth. *J. Lipid Res.*, 14, 160-168.

Anderson D.B., Kauffman R.G., Kastenschmidt L.L., 1972. Lipogenic enzyme activities and cellularity of porcine adipose tissue from various anatomical locations. *J. Lipid Res.*, 13, 593-599.

- Barton-Gade P.A., 1987. Meat and fat quality in boars, castrates and gilts. *Livest. Prod. Sci.*, 16, 187-196.
- Bonneau M., 1988. Intérêts et limites de la production de porc mâle entier. *INRA Prod. Anim.*, 1, 133-140.
- Bonneau M., 1992. Administration de GRF ou de somatotropine chez le porc et les volailles : effets sur les performances, la qualité des viandes et la fonction de reproduction. *INRA Prod. Anim.*, 5, 257-267.
- Brooks C.C., 1971. Fatty acid composition of pork lipids as affected by basal diet, fat source and fat level. *J. Anim. Sci.*, 33, 1224-1231.
- Brooks P.H., 1985. Vitamin responsive conditions in breeding pigs. In : D.J.A. Cole and W. Haresign (eds), *Recent Developments in Pig Nutrition*, 155-176. Butterworths, London.
- Bucharles C., 1987. Influence de la nature des lipides ingérés et de la localisation anatomique des gras de porc sur leur composition. Conséquences sur leur aptitude à la transformation en saucisson sec. Thèse de doctorat, Université de Clermont-Ferrand II.
- Camara M.S., 1995. Développement morphologique et métabolique des deux couches du tissu adipeux sous-cutané dorsal du porc : influences de l'âge, de la race et des matières grasses alimentaires. Relation avec les qualités organoleptiques et technologiques de la viande. Thèse de Doctorat, Université de Paris VII.
- Camara M., Mourot J., Chérot P., Mounier A., 1994. Evolution de la composition lipidique de la bardière en fonction de l'âge. Comparaison entre le porc Large White et le porc Meishan. *Journées Rech. Porcine en France*, 26, 163-168.
- Chilliard Y., 1993. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs and rodents : a review. *J. Dairy Sci.*, 76, 3897-3931.
- Cooke R., Lodge G.A., Lewis D., 1972. Influence of energy and protein concentration in the diet on the performance of growing pigs. 1. Response to protein intake on a high-energy diet. *Anim. Prod.*, 14, 35-46.
- Courboulay V., Mourot J., 1995. Use of diets rich in linoleic acid on pork fat quality : effect of the duration of supply and clearance rate estimation of this fatty acid. 46th Annual Meeting of the EAAP, Prague, Czech Republic.
- Davenel A., Riaublanc A., Pommeret P., Marchal P., Gandemer G., 1998. Relation entre le taux de solide de la matière grasse et la composition lipidique du tissu adipeux chez le porc. La Résonance Magnétique Nucléaire, une méthode rapide d'évaluation de la qualité des tissus adipeux. *Journées Rech. Porcine en France*, 30, 29-35.
- Davey R.J., Bereskin B., 1978. Genetic and nutritional effects on carcass chemical composition and organ weights of marked swine. *J. Anim. Sci.*, 46, 992-1000.
- Demeyer D., 1997. An introduction to the OECD programme : meat quality and the quality of animal production. *Food Chem.*, 59, 491-497.
- Desmoulin B., Girard J.P., Bonneau M., Frouin A., 1983. Aptitudes à l'emploi des viandes porcines suivant le type sexuel, le système d'alimentation et le poids d'abattage. *Journées Rech. Porcine en France*, 15, 177-192.
- Dove C.R., Ewan R.C., 1991. Effect of trace minerals on the stability of vitamin E in swine grower diets. *J. Anim. Sci.*, 69, 1994-2000.
- Ellis M., Webb A.J., Avery P.J., Brown I., 1996. The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughter-house on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properties of fresh pork. *Anim. Sci.*, 62, 521-530.
- Enser M., 1983. Fat quality in lean pigs. Workshop in the CEC, Brussels, 53-57.
- Enser M.B., Wood J.D., Restall D.J., McFie H.J.H., 1976. The cellularity of adipose tissue from pigs of different weights. *J. Agric. Sci.*, 86, 633-638.
- Fenton J.P., Roehrig K.L., Mahan D.C., Corley J.R., 1985. Effect of swine weaning and age on body fat and lipogenic activity in liver and adipose tissue. *J. Anim. Sci.*, 60, 190-199.
- Fiems L.O., 1987. Effect of beta-adrenergic agonists in animal production and their mode of action. *Ann. Zootech.*, 36, 271-290.
- Flanzly J., François A.C., Rérat A., 1971. Utilisation métabolique des acides gras chez le porc. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 10, 603-620.
- Fuller M.F., Duncan W.R.H., Boyne A.W., 1974. Effect of environmental temperature on the degree of unsaturation of depot fats of pigs given different amounts of food. *J. Sci. Food Agric.*, 25, 210-217.
- Girard J.P., Bout J., Salort D., 1988. Lipides et qualités du tissu adipeux, facteurs de variation. I. Lipides et qualités du tissu adipeux. II. Lipides et qualité du tissu musculaire. *Journées Rech. Porcine en France*, 20, 255-278.
- Guéblez R., Sellier P., Runavot J.P., 1993. Comparaison des caractéristiques physico-chimiques et technologiques des tissus maigre et gras de trois races porcines françaises (Large White, Landrace Français et Piétrain). 2. Caractéristiques de la bardière. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 23-28.
- Guesnet P., Demarne Y., 1987. La régulation de la lipogenèse et de la lipolyse chez les mammifères. INRA, Paris, 153 p.
- Hanrahan J.P., Quirke J.F., Bomann W., Allen P., McEwan J.C., Fitzsimons J.M., Kotzian J., Roche J.F., 1986. Beta-agonists and their effects on growth and carcass quality. In : W. Haresign and D.J.A. Cole (eds), *Recent advances in animal nutrition*, 125-138. Butterworths, London.
- Henry Y., 1977. Développement morphologique et métabolique du tissu adipeux chez le porc : influence de la sélection, de l'alimentation et du mode d'élevage. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 17, 923-952.
- Ho S.K., Elliot J.I., 1974. Fatty acid composition of porcine depot fat as related to the effect of supplemental dietary copper on the specific activities of fatty acyl desaturase systems. *Can. J. Anim. Sci.*, 54, 23-28.
- Hood R.L., Allen C.E., 1973. Lipogenic enzyme activity in adipose tissue during the growth of swine with different propensities to fatten. *J. Nutr.*, 103, 353-362.
- Houben J.H., Kroll B., 1983. Fat quality in lean pigs. Workshop in the CEC, Brussels, 15-26.

- Kouba M., Mourot J., Bonneau M., 1998. Effect of a high linoleic acid diet on $\Delta 9$ -desaturase activity, lipogenesis and lipid composition of pig subcutaneous adipose tissue. *Reprod. Nut. Dev.*, sous presse.
- Lebret B., Massabie P., Juin H., Mourot J., Clochefer N., Mounier A., Chevillon P., Bouyssi re M., Le Denmat M., 1998. Influence des conditions d'élevage sur les performances de croissance du porc et la qualité des viandes. 2. Caractéristiques du muscle et du tissu adipeux et qualité technologique et organoleptique du jambon sel-sec. *Journées Rech. Porcine en France*, 30, 43-50.
- Le Dividich J., Noblet J., Bikawa T., 1987. Effect of environmental temperature and dietary energy concentration on the performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed to equal rate of gain. *Livest. Prod. Sci.*, 17, 235-246.
- Lee Y.B., Kauffman R.G., Grummer R.H., 1973. Effect of early nutrition on the development of adipose tissue in the pig. 1. Age constat basis. *J. Anim. Sci.*, 37, 1312-1318.
- Lefaucheur L., Le Dividich J., Mourot J., Monin G., Ecolan P., Krauss D., 1991. Influence of environmental temperature on growth, muscle and adipose tissue metabolism, and meat quality in swine. *J. Anim. Sci.*, 69, 2844-2854.
- Le Guern L., Cloarec A., Martin J.L., Jacquet B., Culioli J., Touraille C., 1995. Méthode d'appr ciation de la qualité du tissu gras de porc. *Bull. Liaison CTSCCV*, 5, 230-236.
- Madsen A., Jakobsen K., Mortensen H.P., 1992. Influence of dietary fat on carcass fat quality in pigs. A review. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci.*, 42, 220-225.
- Malmfors B., Lundström K., Hansson I., 1978. Fatty acid composition of porcine back fat and muscle lipids as affected by sex, weight and anatomical location. *Swedish J. agr. Res.*, 8, 25-38.
- Mersmann H.J., 1984. Effect of sex on lipogenic activity in swine adipose tissue. *J. Anim. Sci.*, 58, 600-604.
- Mersmann H.J., Goodman J.R., Brown L.J., 1975. Development of swine adipose tissue morphology and chemical composition. *J. Lipid Res.*, 16, 269-279.
- Mersmann H.J., Allen C.D., Steffen D.G., Brown L.G., Danielson D.M., 1976. Effect of age, weaning and diet on swine adipose tissue and liver lipogenesis. *J. Anim. Sci.*, 43, 140-150.
- Mordenti A., Piva G., Della Casa G., 1991. Nutrition and fat quality in heavy pigs. 42th Annual Meeting of the EAAP, Berlin, Germany.
- Mourot J., Chauvel J., Le Denmat M., Mounier A., Peiniau P., 1991. Variations de taux d'acide linoléique dans le régime du porc : effets sur les dépôts adipeux et sur l'oxydation du C18:2 au cours de la conservation de la viande. *Journées Rech. Porcine en France*, 23, 357-364.
- Mourot J., Aumaitre A., Mounier A., 1992a. Interaction entre vitamine E et acide linoléique alimentaires : effet sur la composition de la carcasse, la qualité et la conservation des lipides de la viande chez le porc. *Sci. Alim.*, 12, 743-755.
- Mourot J., Bonneau M., Charlotin P., Lefaucheur L., 1992b. Effects of exogenous somatotropin (pST) administration on pork meat quality. *Meat Sci.*, 31, 219-227.
- Mourot J., Peiniau P., Mounier A., 1994a. Effets de l'acide linoléique alimentaire sur l'activité des enzymes de la lipog nese dans les tissus adipeux chez le porc. *Reprod. Nutr. Dev.*, 34, 213-220.
- Mourot J., Aumaitre A., Mounier A., Peiniau P., Francois A.C., 1994b. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post-mortem muscular parameters. *Livest. Prod. Sci.*, 38, 237-244.
- Mourot J., Kouba M., Peiniau P., 1995. Comparative study of *in vitro* lipogenesis in various adipose tissues in the growing pig (*Sus domesticus*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 111B, 379-384.
- Mourot J., Kouba M., Bonneau M., 1996. Comparative study of *in vitro* lipogenesis in various adipose tissues in the growing Meishan pig. Comparison with the Large White pig. *Comp. Biochem. Physiol.*, 115, 383-388.
- Nürnberg K., 1995. Modification of polyunsaturated fatty acids in different fatty tissues. *Proc. 2nd Dummerstorf Muscle Workshop « Muscle Growth and Meat Quality »*, Rostock, Germany, 149-157.
- O'Hea E.K., Leveille G.A., 1969a. Significance of adipose tissue and liver as sites of fatty acid synthesis in the pig and the efficiency of utilization of various substrates for lipogenesis. *J. Nutr.*, 99, 338-344.
- O'Hea E.K., Leveille G.A., 1969b. Lipid biosynthesis and transport in the domestic chick (*Gallus domesticus*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 30, 149-159.
- Oksbjerg N., Petersen J.S., Sorensen M.T., Henckel P., Agergaard N., Bejerholm C., Erlandsen E., 1995. The influence of porcine growth hormone on muscle fibre characteristics, metabolic potential and meat quality. *Meat Sci.*, 39, 375-385.
- Pascal G., Macaire J.P., Desmoulin B., Bonneau M., 1975. Composition des graisses de porcs femelles : influence du type génétique et évolution au cours de la croissance entre 40 et 100 kg. *Journées Rech. Porcine en France*, 8, 203-214.
- Rehfeldt C., Nurnberg K., Ender K., 1994. Effects of exogenous porcine somatotropin on the development of fat cells and fatty acid composition in backfat of live finishing pigs. *Meat Sci.*, 36, 321-331.
- Rhee K.S., Davidson T.L., Knabe D.A., Cross H.R., Ziprin Y.A., Rhee K.C., 1988. Effect of dietary high-oleic sunflower oil on pork carcass traits and fatty acid profiles of raw tissue. *Meat Sci.*, 24, 249-260.
- Rinaldo D., Le Dividich J., 1991. Effects of warm exposure on adipose tissue and muscle metabolism in growing pigs. *Comp. Biochem. Physiol.*, 100A, 995-1002.
- Robelin J., Casteilla L., 1990. Diff renciation, croissance et développement du tissu adipeux. *INRA Prod. Anim.*, 3, 243-252.
- Scott R.A., Cornelius S.G., Mersmann H.J., 1981. Effects of age on lipogenesis and lipolysis in lean and obese swines. *J. Anim. Sci.*, 52, 505-511.
- Seewer G.J.F., Prabucki A.L., Affentranger P., Gerwig C., Kunzi N., Schwörer D., 1994. Etude du tissu adipeux chez les porcs charcutiers issus de trois croisements, alimentés selon différents niveaux d'intensité. *Journées Rech. Porcine en France*, 26, 169-174.
- Sink J.D., Watkins J.L., Ziegler J.H., Miller R.C., 1964. Analysis of fat deposition in swine by gas-liquid chromatography. *J. Anim. Sci.*, 23, 121-125.

Thompson E.H., Allen C.E., Meade R.J., 1973. Influence of copper on stearic acid desaturation and fatty acid composition in the pig. *J. Anim. Sci.*, 36, 868-873.

Walton P.E., Etherton T.D., Chung C.S., 1987. Exogenous pituitary and recombinant growth hormones induce insulin and insulin-like growth factor 1 resistance in pig adipose tissue. *Dom. Anim. Endocr.*, 4, 183-189.

Warnants N., Van Oeckel M.J., Boucqué C.V., 1996. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork tissues and its implications for the quality of the end products. *Meat Sci.*, 44, 125-144.

Warriss P.D., Brown S.N., Rolph T.P., Kestin S.C., 1990. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. *J. Anim. Sci.*, 68, 3669-3676.

Wood J.D., 1984. Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. In : J. Wiseman (ed), *Fats in animal nutrition*, 407-435. Butterworths, London.

Wood J.D., 1985. Consequences of changes in carcass composition on meat quality. In : W. Haresign and D.J.A. Cole (eds), *Recent Advances in Animal Nutrition*, 157-166. Butterworths, London.

Wood J.D., Enser M., 1982. Comparison of boars and castrates for bacon production. 2. Composition of muscle and subcutaneous fat, and changes in side weight during curing. *Anim. Prod.*, 35, 65-74.

Wood J.D., Buxton P.J., Whittington F.M., Enser M., 1986. The chemical composition of fat tissues in the pig : effects of castration and feeding treatment. *Livest. Prod. Sci.*, 15, 73-82.

Abstract

Characteristics and quality of pig adipose tissues. Influence of rearing factors.

In pig production, genetic selection and rearing conditions have greatly improved body composition towards a higher lean meat content and a lower fat deposition. However, a degradation of adipose tissue quality has been observed. Because fat tissue quality can hardly be improved by technological processing, it depends strongly on adipose tissue characteristics at slaughter, which are influenced by rearing and genetic factors.

Nutritional, sensory and technological fat qualities are determined by tissue chemical composition : lipid and water contents, characteristics of connective tissue, and fatty acid composition. Therefore, any intrinsic or extrinsic factor that alters the composition of adipose tissues

influences fat quality. Thus, anatomical location, carcass fatness, sex, feeding level, fatty acid composition of the diet, supplementation with vitamin E or minerals, growth promotants (pST, beta-agonists), and environmental temperature have been shown to influence fatty tissue traits.

Effects of rearing factors on composition and quality of pig adipose tissue are now well established. Thus, control of pig fat quality is now attainable, and depends mainly on the relative importance given to quality in the overall cost of pig production.

Lebret B., Mourot J., 1998. Caractéristiques et qualité des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non génétiques. *INRA Prod. Anim.*, 11, 131-143.