

Les tissus adipeux intermusculaires présentent d'importantes particularités de développement et de composition en comparaison des tissus adipeux sous-cutanés chez le porc

Mathieu MONZIOLS (1-2), Michel BONNEAU (1), Jacques MOUROT (1), Armel DAVENEL (2), Maryline KOUBA (1)

(1) UMR INRA-Agrocampus Rennes SENAH, 35590 Saint Gilles
(2) CEMAGREF, Unité Technologie des Equipements Agroalimentaires,
17, avenue de Cucillé, CS 64427, 35044 Rennes cedex

Michel.Bonneau@rennes.inra.fr

Les tissus adipeux intermusculaires présentent d'importantes particularités de développement et de composition en comparaison des tissus adipeux sous-cutanés chez le porc

Le développement et la composition des tissus adipeux intermusculaires du porc ont été peu étudiés, alors même qu'ils jouent un rôle majeur dans l'acceptabilité visuelle et les caractéristiques nutritionnelles des viandes porcines. Les carcasses de 35 porcs de sept groupes de génotypes et de sexe d'adiposité très différentes ont été découpées (poitrine, épaule, rein = longe+bardière, jambon) et chaque morceau disséqué en muscle, os, peau, gras sous-cutané et gras intermusculaire. La relation négative entre les teneurs en muscle et en gras de la carcasse et des pièces de découpe est beaucoup moins marquée pour le gras intermusculaire que pour le sous-cutané, particulièrement dans le jambon et la poitrine. Comparativement aux gras sous-cutanés, les gras intermusculaires sont moins riches en lipides et plus saturés, en liaison avec des teneurs plus faibles en acides gras mono- et poly-insaturés. L'augmentation de la teneur en C18:2 avec la teneur en muscles de la carcasse se fait au même rythme pour les deux types de tissus. La couche interne de la bardière, ainsi que le tissu adipeux qui le prolonge dans la poitrine (où il est considéré comme du gras intermusculaire) présentent des teneurs en lipides similaires à celles des gras sous-cutanés et un degré d'insaturation similaire à celui des gras intermusculaires. En conclusion, les caractéristiques très différentes des gras intermusculaires et sous-cutanés justifient qu'on les étudie séparément. La composition des gras intermusculaires devrait être prise en compte dans l'évaluation de la qualité nutritionnelle des viandes proposées aux consommateurs.

The development and composition of pig intermuscular and subcutaneous adipose tissues are quite different

The development and composition of pig intermuscular adipose tissue have been little investigated although it plays a major role in the visual acceptability and nutritional value of pork. The carcasses of 35 pigs from seven genotype-sex groups with large variations in body composition were cut into four primal cuts (belly, shoulder, loin and ham) and each cut was dissected into muscle, bone, skin, subcutaneous fat and intermuscular fat. The negative relationships between fat and muscle contents in cuts or carcasses were much less close for intermuscular ($R^2=0.13-0.66$) than for subcutaneous fat ($R^2=0.77-0.94$), particularly in the ham and belly (Figure 1). Comparatively to subcutaneous fats, intermuscular fats had lower lipid contents and were more saturated (Figure 3), due to a lower concentration of both mono- and poly-unsaturated fatty acids (Figure 4). The rate of increase of C18:2 concentration with carcass muscle content was similar in intermuscular and subcutaneous fats (Figure 5). Both the inner layer of backfat and the neighbouring tissue in the belly (where it is considered as intermuscular fat) exhibited lipid contents that were similar to those of subcutaneous fats and degrees of unsaturation that were similar to those of intermuscular fats. It is concluded that, because intermuscular and subcutaneous fats have quite different characteristics, they have to be studied separately. The composition of intermuscular fats should be taken into account for the evaluation of the nutritional value of the pork chops that are sold to the consumers.

INTRODUCTION

L'effort de sélection soutenu depuis de nombreuses années sur la teneur en viande maigre a abouti à une réduction considérable du développement des tissus adipeux dans les carcasses de porc.

Les différents tissus adipeux (viscéral, sous-cutané, intermusculaire, intramusculaire) n'ont pas tous la même signification en termes de qualité des produits. Les tissus sous-cutanés sont les plus importants en masse, mais ils peuvent être aisément enlevés (totalement ou partiellement) avant distribution ou transformation. Il n'en va pas de même des tissus adipeux intermusculaires qui, bien souvent, restent dans les produits mis en vente et font donc partie intégrale de la viande proposée aux consommateurs. Le développement du tissu adipeux intermusculaire a donc un impact majeur sur l'apparence visuelle des produits contenant plusieurs muscles à l'état natif (rôtis, côtelettes, jambons secs, jambons cuits non reconstitués, ...). Sa composition joue un rôle essentiel pour les qualités nutritionnelles des viandes.

Alors que les tissus adipeux sous-cutanés, et plus récemment intramusculaires, ont fait l'objet de nombreux travaux de recherches, très peu d'études ont été consacrées au tissu adipeux intermusculaire, sans doute parce que son développement est difficile à mesurer ou estimer. La dissection complète, seule méthode objective actuellement disponible, est extrêmement fastidieuse et coûteuse.

Les objectifs de ce travail sont 1) d'établir les relations entre les développements du tissu adipeux intermusculaire et des autres tissus dans les différents morceaux de découpe et 2) de mettre en évidence les particularités de la composition des tissus adipeux intermusculaires comparativement aux tissus sous-cutanés.

Ce travail a été réalisé sur des animaux présentant une très grande variabilité de composition corporelle. Les données relatives au développement quantitatif des tissus ont déjà été publiées (Monziols et al., 2005), mais il nous a semblé intéressant de les rapprocher des résultats de composition qui n'ont pas à ce jour fait l'objet de publication en dehors du manuscrit de thèse de Monziols (2005).

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Animaux et dispositif expérimental

Trente cinq porcs appartenant à 7 groupes de génotype et de sexe différents ont été utilisés : 5 mâles castrés et 5 femelles de chacun des génotypes Large White X Meishan, Large White X (Large White X Meishan) et Large White et 5 mâles castrés Large White X Piétrain. Les combinaisons de génotype et de sexe ont été choisies de façon à représenter une large gamme de variation du développement du tissu adipeux. Les porcs ont été placés en loge d'engraissement individuelle vers 90 jours d'âge. Ils recevaient à volonté un régime standard à base d'orge, de maïs et de tourteau de soja, contenant 17,7 % de protéines et 13,7 MJ ED/kg. Ils ont été abattus au poids vif moyen de 115 kg.

1.2. Découpe et dissection

Après 24 heures de ressuyage, chaque demie carcasse gauche a été pesée et découpée selon la méthode dite Hollandaise, décrite par Métayer et Daumas (1998). Chacun des principaux morceaux (poitrine, épaule, rein et jambon) a été disséqué en six fractions tissulaires (peau, os, muscle, tissu adipeux sous-cutané, tissu adipeux intermusculaire et divers : tendons, aponévroses, ganglions, glandes, nerfs et vaisseaux sanguins) qui ont été pesées. Le poids de la panne a également été enregistré.

1.3. Echantillonnage et composition des tissus adipeux

Onze échantillons de tissus adipeux ont été prélevés avant dissection, qui se répartissent comme suit : un intermusculaire dans chacun des quatre morceaux, un sous-cutané dans l'épaule, la poitrine et le jambon, deux sous-cutanés (couches externe et interne) dans le rein, un échantillon "X" dans la poitrine (tissu intermusculaire de la poitrine en continuité anatomique de la couche interne du tissu adipeux sous-cutané du rein) et un échantillon de panne. La teneur en lipides a été mesurée en utilisant la méthode de Folch et al., (1957). La composition en acides gras a été déterminée par chromatographie en phase gazeuse après saponification et estérification (Morrison et Smith, 1964). La séparation des constituants est effectuée en programmation de température (45°C à 240°C) avec une colonne capillaire (longueur : 30 m ; diamètre : 0,25 mm; phase stationnaire : 80 % bis-cyanopropyl et 20 % cyanopropylphényl siloxane) et l'hydrogène est utilisé comme gaz vecteur. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la somme des acides gras identifiés : myristique (C14:0), palmitique (C16:0), palmitoléique (C16:1), stéarique (C18:0), oléique (C18:1) et linoléique (C18:2).

1.4. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SAS (SAS, 1999). Les analyses de variance ont été effectuées en utilisant la procédure GLM. Pour l'analyse des différences entre morceaux de découpe, le modèle incluait les effets du morceau et du type d'animal (combinaison du génotype et du sexe) et leur interaction. Pour l'analyse des différences entre échantillons de tissu adipeux, le modèle incluait les effets de l'échantillon, du groupe, de l'animal intra groupe et l'interaction entre les effets du groupe et de l'échantillon. Les régressions linéaires et quadratiques ont été calculées avec la procédure REG. Les régressions quadratiques ont été utilisées lorsqu'elles apportaient une amélioration significative du coefficient de détermination par rapport aux régressions linéaires. Sinon, les régressions linéaires ont été retenues.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Composition des carcasses

Les performances de croissance et de composition corporelle de chacun des 7 groupes de génotype et de sexe ont été précédemment rapportées par Monziols et al., (2005). Les

gammas de variations (minimum-maximum) des pourcentages de tissus disséqués dans la carcasse sont les suivants: peau (2,9-9,1), muscles (35,1-63,6), tissu adipeux sous-cutané (12,0-35,3), tissu adipeux intermusculaire (5,0-11,9), os (7,1-10,8).

2.2. Proportion de tissu adipeux intermusculaire

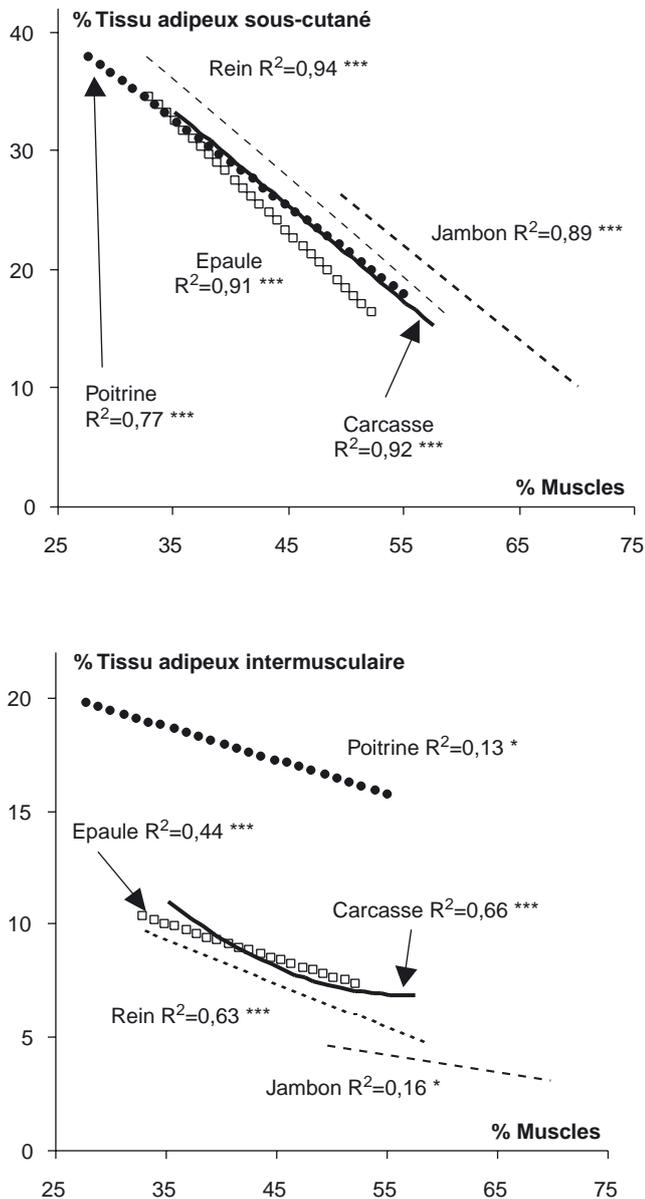


Figure 1 - Régressions des proportions de tissus adipeux sous-cutané (partie haute) et intermusculaire (partie basse) sur la proportion de muscles dans la carcasse ou les morceaux de découpe (***: $P < 0,001$; *: $P < 0,05$; d'après Monziols et al., 2005)

Les proportions de tissu adipeux intermusculaire des différents morceaux et de la demie carcasse entière peuvent être visualisées sur la figure 1 (partie basse). Les quatre morceaux différents significativement entre eux ($P < 0,001$), dans l'ordre suivant de proportion de tissu adipeux intermusculaire décroissante: poitrine (17,8 %) > épaule (8,9 %) > rein (7,1 %) > jambon (3,9 %).

De façon générale l'accroissement de la proportion de muscles dans les carcasses s'accompagne d'une diminution de la proportion de tissus adipeux. Pour ce qui concerne le tissu adipeux intermusculaire, ce phénomène avait été précédemment décrit par Kempster et Evans (1979), Davies (1983) et Kouba et al., (1999). Cette diminution est cependant beaucoup moins marquée pour le tissu adipeux intermusculaire (Figure 1, partie basse) que pour le sous-cutané (partie haute), comme le suggéraient déjà nos précédentes observations (Kouba et al., 1999). En effet, les coefficients de détermination des régressions sont beaucoup plus faibles ($R^2 = 0,13-0,66$) que dans le cas du tissu adipeux sous-cutané ($R^2 = 0,77-0,94$). De plus, les pentes des régressions sur la proportion de muscle sont beaucoup plus faibles pour le tissu adipeux intermusculaire que pour le sous-cutané.

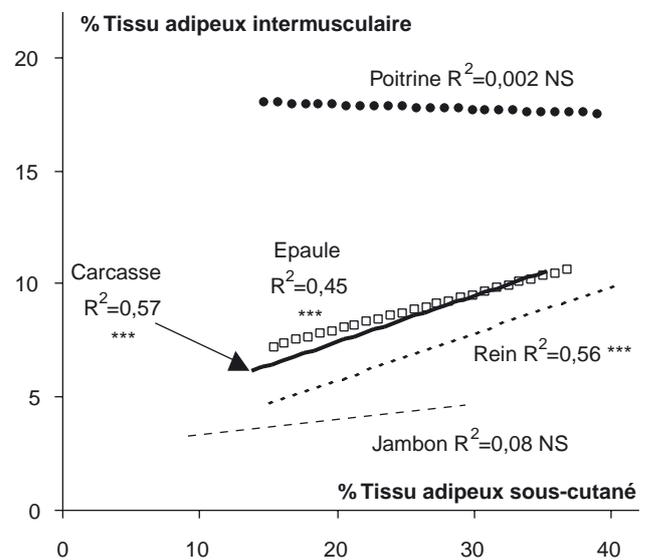


Figure 2 - Régressions de la proportion de tissu adipeux intermusculaire sur celle de tissu adipeux sous-cutané dans la carcasse ou les morceaux de découpe (***: $P < 0,001$; NS : $P > 0,05$; d'après Monziols et al., 2005)

Une illustration supplémentaire de la relative indépendance entre les variations des tissus adipeux intermusculaire et sous-cutané est apportée à la figure 2. Dans la demie carcasse, l'épaule et le rein, les variations du tissu sous-cutané n'expliquent que la moitié (45 à 57 %) de la variabilité de l'intermusculaire ($P < 0,001$). Dans les deux autres morceaux, les proportions des deux types de tissus adipeux ne sont pas corrélées de façon significative ($R^2 = 0,08$, $P = 0,09$ pour le jambon ; $R^2 = 0,002$, $P = 0,82$ pour la poitrine).

Ces résultats montrent que la décroissance du développement adipeux avec l'augmentation de la teneur en muscles est beaucoup moins nette pour le tissu intermusculaire que pour le sous-cutané, particulièrement dans le jambon et la poitrine, où les deux types de tissus adipeux semblent se développer de façon indépendante. Cette observation est cohérente avec les résultats de Chadwick (1977) qui a montré que la sélection de porcs modernes contre l'adiposité permettait bien de réduire le tissu adipeux sous-cutané mais pas l'intermusculaire.

2.3. Composition des tissus adipeux

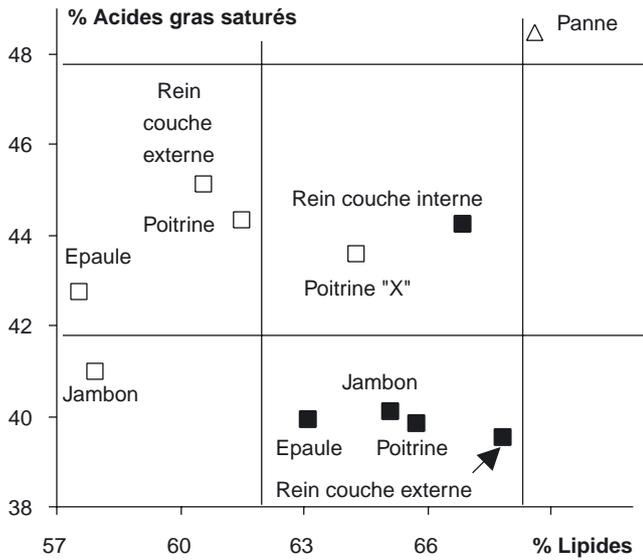


Figure 3 - Relations entre les teneurs moyennes en acides gras saturés et en lipides des différents échantillons de tissus adipeux sous-cutanés (■), intermusculaires (□) ou de panne (△)

La figure 3 représente les moyennes des teneurs en acides gras saturés (somme des acides C14:0, C16:0 et C18:0) des différents échantillons en fonction de leur teneur en lipides.

La teneur en lipides est significativement plus faible dans les tissus adipeux intermusculaires que dans les tissus sous-cutanés ($P < 0,05$), comme l'avaient précédemment observé Anderson et al., (1972) et Clark et al., (1992). Le tissu adipeux intermusculaire "X" de la poitrine fait cependant exception à cette règle car sa teneur en lipides ne diffère pas de celle des deux tissus adipeux sous-cutanés anatomiquement voisins (sous-cutané de la poitrine et couche interne du tissu sous-cutané du rein). La teneur en lipides est similaire entre les deux couches de tissu adipeux sous-cutané du rein, en accord avec Camara et al. (1996).

A l'exception du jambon, les teneurs en acides gras saturés sont significativement plus élevées dans les tissus intermusculaires que dans les tissus sous-cutanés ($P < 0,05$), comme l'avaient déjà observé Bee et al (2002). Le tissu intermusculaire "X" de la poitrine se rapproche sur ce critère du tissu intermusculaire voisin. Conformément aux résultats antérieurs, dont les plus récents ont été publiés par Irie et Sakimoto (1992), Camara (1995) et Bee et al (2002), nous observons que la couche externe du tissu adipeux sous-cutané du rein est significativement moins riche en acides gras saturés que la couche interne ($P < 0,05$), dont le degré de saturation est très proche de celui des deux tissus intermusculaires voisins (tissu intermusculaire du rein et tissu intermusculaire "X" de la poitrine).

L'ensemble de ces données permet ainsi de différencier clairement les tissus adipeux intermusculaires, moins riches en lipides et plus saturés que les tissus sous-cutanés. La couche interne du tissu sous-cutané du rein et le tissu intermusculaire "X" de poitrine (qui sont en continuité anatomique) forment

un tissu à part, avec une teneur en lipides caractéristique des tissus sous-cutanés mais un degré d'insaturation similaire à celui des tissus intermusculaires.

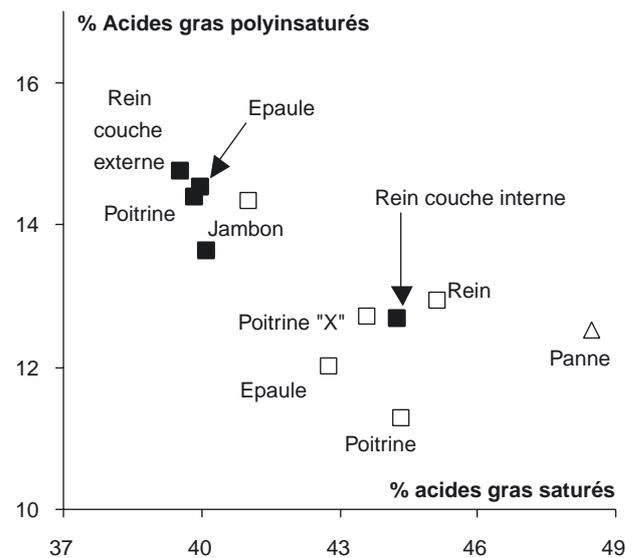
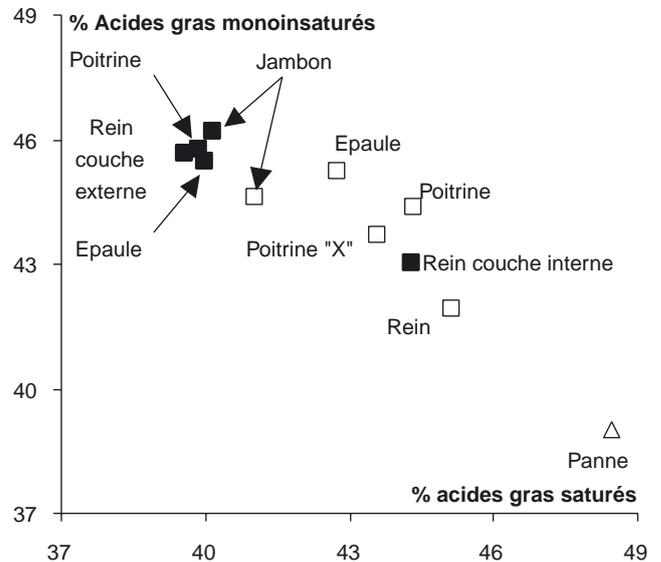


Figure 4 - Relations entre les teneurs moyennes en acides gras monoinsaturés (partie haute) ou polyinsaturés (partie basse) et en acides gras saturés des différents échantillons de tissus adipeux sous-cutanés (■), intermusculaires (□) ou de panne (△)

Comme l'illustre la figure 4, la plus grande saturation des acides gras constitutifs des tissus intermusculaires (et de la couche interne du sous-cutané du rein) est associée à des teneurs significativement plus faibles ($P < 0,05$) aussi bien en acides gras monoinsaturés (sauf dans l'épaule) que polyinsaturés (sauf dans le jambon), cette dernière différence étant due au C18:2.

Dans tous les tissus, à l'exception du sous-cutané de poitrine, les teneurs en C18:2 sont significativement corrélées à la teneur en muscle des carcasses (Figure 5). Ce fait est bien établi pour le tissu adipeux sous-cutané (Girard et al.,

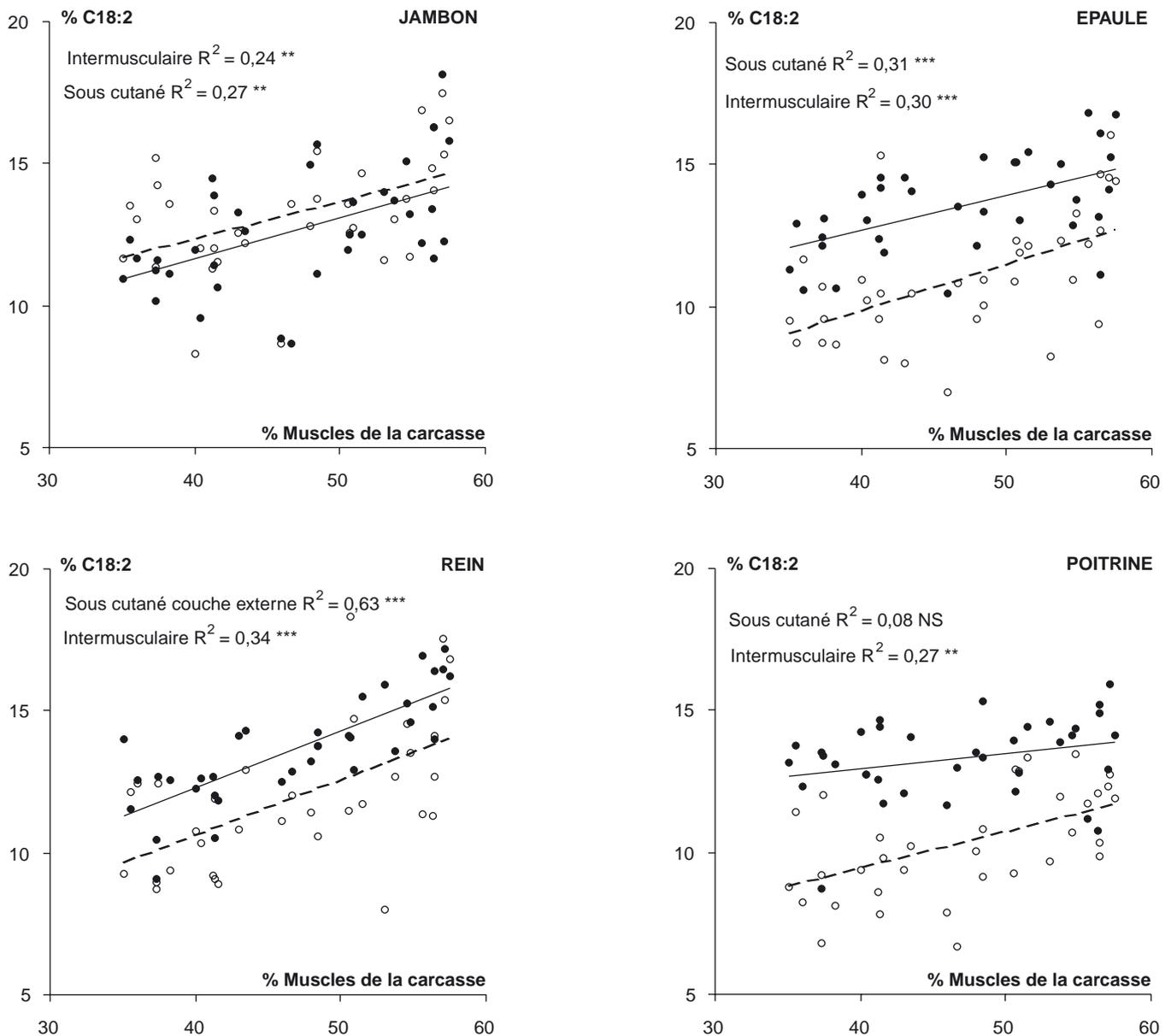


Figure 5 - Régressions des teneurs en C18:2 des tissus adipeux sous-cutanés (● —) ou intermusculaires (○ - - - -) du jambon, de l'épaule, du rein et de la poitrine sur la teneur en muscles des carcasses (***: $P < 0,001$; **: $P < 0,01$; NS : $P > 0,05$)

1988 ; Gandemer et al., 1992 ; Mourot et Kouba., 1997 ; Wood et al., 2004) mais, à notre connaissance, il n'avait pas été démontré pour les tissus adipeux intermusculaires. Il est intéressant de noter que les pentes des régressions sont similaires entre les tissus sous-cutanés et intermusculaires, ce qui suggère que les différences d'incorporation du C18:2 alimentaire entre les deux types de tissus se retrouvent de façon similaire dans tous les types génétiques.

CONCLUSIONS

La sélection génétique sur la teneur en muscle a été beaucoup moins efficace pour réduire le tissu adipeux intermusculaire que le sous-cutané, alors même que le premier, ne pouvant pas être facilement paré, est un paramètre plus discriminant de l'apparence visuelle des produits carnés. Ainsi,

la poursuite du progrès sur la proportion de muscles, si elle permet de réduire les coûts de production, ne bénéficie pas directement au consommateur en termes d'acceptabilité des produits qui lui sont proposés. Ces résultats encore préliminaires montrent que l'étude du développement du tissu adipeux intermusculaire a été trop négligée. Cependant, on ne peut envisager d'études à grande échelle que si l'on peut disposer de méthodes d'évaluation permettant d'éviter le recours à la dissection des carcasses, comme par exemple l'imagerie par résonance magnétique (Monziols et al., 2004).

Les caractéristiques de composition du tissu adipeux intermusculaire le différencient nettement du tissu sous-cutané. Il semble donc difficile de continuer à tirer des conclusions sur la qualité nutritionnelle des lipides des viandes porcines à

partir de la composition du tissu adipeux sous-cutané, comme l'ont fait la plupart des études conduites à ce jour. En termes de perspectives, il conviendrait de confirmer ces observations sur des effectifs plus importants d'animaux de génotypes modernes, de préciser les différences entre les tissus adipeux inter- et intra-musculaires et d'analyser si les variantes sous-cutanées et intermusculaires des tissus adipeux répondent de la même manière aux principaux facteurs de variation de la composition des tissus adipeux chez le porc.

REMERCIEMENTS

A l'ensemble du personnel des installations expérimentales de l'UMR SENAH de l'INRA à St Gilles, et plus particulièrement à Maurice Alix, Jérôme Liger et Jean-François Rouaud qui ont réalisé la dissection des carcasses avec beaucoup d'habileté et de persévérance. Nos remerciements s'adressent également à Alain Mounier pour sa contribution essentielle aux mesures de composition en acides gras.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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.
- Bee G., Gebert S., Messikommer R., 2002. Effect of dietary energy supply and fat source on the fatty acid pattern of adipose and lean tissues and lipogenesis in the pig. *J. Anim. Sci.*, 80, 1564-1574.
- Camara M., 1995. Développement morphologique et métabolique des couches du tissu adipeux sous-cutané dorsal chez le porc : influence de l'âge, de la race et des matières grasses alimentaires. Thèse Univ. Paris VII.
- Camara M., Mourot J., Fevrier C., 1996. Influence of two dairy fats on lipid synthesis in the pig: comparative study of liver, muscle and the two backfat layers. *Ann. Nutr. Metab.*, 40, 287-295.
- Chadwick J.P., 1977. Selection for economy of production and carcass lean content in Large White pigs and its influence on meat quality characteristics. Ph.D. thesis, University of Newcastle-upon-Tyne, Royaume-Uni.
- Clark S.L., Wander R.C., Hu C.Y., 1992. The effect of porcine somatotropin supplementation in pigs on the lipid profile of subcutaneous and intermuscular adipose tissue and longissimus muscle. *J. Anim. Sci.*, 70, 3435-3442.
- Davies A.S., 1983. Growth and development of pigs: a reanalysis of the effects of nutrition on body composition. *J. Agric. Sci., Camb.* 100, 681-687.
- Folch J., Lees M., Stanley G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- Gandemer G., Viau M., Caritez J.C., Legault C., 1992. Lipid composition of adipose tissue and muscle in pigs with an increasing proportion of Meishan genes. *Meat Sci.*, 32, 105-121.
- Girard J.P., Bout J., Salort D., 1988. Lipides et qualités des tissus adipeux et musculaires du porc, facteurs de variations. *Journées Rech. Porcine en France* 20, 255-278.
- Irie M., Sakimoto M., 1992. Fat characteristics of pigs fed fish oil containing eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. *J. Anim. Sci.*, 70, 470-477.
- Kempster J., Evans D.G., 1979. The effects of genotype, sex and feeding regimen on pig carcass development. 2. Tissue weight distribution and fat partition between depots. *J. agric. Sci., Camb.* 93, 349-358.
- Kouba M., Bonneau M., Noblet J., 1999. Relative development of subcutaneous, intermuscular, and kidney fat in growing pigs with different body compositions. *J. Anim. Sci.* 77, 622-629.
- Metayer A., Daumas G., 1998. Estimation par découpe de la teneur en viande maigre des carcasses de porc. *Journées Rech. Porcine*, 30, 7-11.
- Monziols M., 2005. Etude quantitative et qualitative du tissu adipeux intermusculaire chez le porc, en relation avec le degré d'adiposité, par imagerie de résonance magnétique et dissection. Thèse de l'École Nationale Supérieure Agronomique, Agrocampus-Rennes, Juillet 2005.
- Monziols M., Collewet G., Bonneau M., Mariette F., Davenel A., Kouba M., 2004. Quantification des tissus musculaire et adipeux dans les carcasses et les pièces de découpe de porc à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique. *Journées Rech. Porcine*, 37, 159-164.
- Monziols M., Bonneau M., Davenel A., Kouba M., 2005. Tissue distribution in pig carcasses exhibiting large differences in their degree of leanness, with special emphasis on intermuscular fat. *Livest. Prod. Sci.*, 97, 267-274.
- Morrison W.R., Smith L.M., 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl acetals from lipid with boron fluoride methanol. *J. Lipid Res.*, 5, 600-608.
- Mourot J., Kouba M., 1997. Le devenir des lipides dans la viande de porc. *Bulletin de liaison du CTSCCV*, No. 7, p 243-248.
- SAS, 1999. SAS/STAT User's Guide (Release 8.1). SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Wood J.D., Nute G.R., Richardson R.I., Whittington F.M., Southwood O., Plastow G., Mansbridge R., Da Costa N., Chang K.C., 2004. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Sci.*, 67, 651-667.