

Les valeurs nutritionnelles de la viande de porc : les facteurs de variation

version 2

Antoine VAUTIER

Institut Technique du Porc

Sommaire

RÉSUMÉ	3
CONTEXTE	4
1. GÉNÉRALITÉS	5
2. ETUDE DES COMPOSANTS NUTRITIONNELS	6
2.1. Lipides	6
2.1.1. Teneur lipidique de la viande	6
2.1.1.1. Description de la fraction lipidique du muscle	6
2.1.1.2. Facteurs de variation de la teneur lipidique du muscle	7
2.1.1.2.1. Localisation anatomique	7
2.1.1.2.2. Type métabolique de fibre musculaire	7
2.1.1.2.3. Age et poids de l'animal	7
2.1.1.2.4. Type sexuel	8
2.1.1.2.5. Influence de la sélection, de la race et du génotype	8
2.1.1.2.6. Alimentation	9
2.1.1.2.7. Type de conduite	10
2.1.1.2.8. Température ambiante en fin d'engraissement	10
2.1.1.2.9. transformation / cuisson	11
2.1.2. Profil d'acides gras de la viande de porc	11
2.1.2.1. Description des différentes substances lipidiques	11
2.1.2.1.1. Les acides gras poly-insaturés (AGPI)	11
2.1.2.1.1.1. Description	11
2.1.2.1.1.2. Recommandations nutritionnelles	12
2.1.2.1.1.3. Qualité technologique du gras	12
2.1.2.1.2. Les acides gras mono-insaturés (AGMI)	12
2.1.2.1.3. Les acides gras saturés (AGS)	13
2.1.2.1.4. Les acides gras trans	13
2.1.2.1.5. Le cholestérol	13
2.1.2.2. Facteurs de variation du profil des lipides de la viande	13
2.1.2.2.1. Alimentation	13
2.1.2.2.1.1. Niveau de la ration	14
2.1.2.2.1.2. Equilibre entre les principaux nutriments	14
2.1.2.2.1.3. Effets spécifiques de certains aliments	14
2.1.2.2.1.3.1. Généralités	14
2.1.2.2.1.3.2. Aliments faisant varier les AGPI	14
2.1.2.2.1.3.3. Aliments faisant varier les AGMI	15
2.1.2.2.1.4. Promoteurs de croissance	16
2.1.2.2.2. Etat d'engraissement	16
2.1.2.2.3. Influence de la sélection, de la race et du génotype	16
2.1.2.2.4. Type sexuel	18
2.1.2.2.5. Type métabolique de fibre musculaire	18
2.1.2.2.6. Age et poids à l'abattage	18
2.1.2.2.7. Type de conduite	18
2.1.2.2.8. Process de cuisson / transformation	19
2.1.2.2.9. Localisation anatomique du muscle	19
2.2. Minéraux	19
2.2.1. Phosphore	19
2.2.2. Cuivre	19
2.2.3. Fer	20
2.2.4. Magnésium	20
2.2.5. Sélénium	20
2.2.6. Calcium	20
2.2.7. Zinc	21
2.2.8. Sodium et potassium	21

<u>2.3.</u>	<u>Protéines</u>	21
<u>2.3.1.</u>	<u>facteurs de variation du taux de protéines :</u>	21
<u>2.3.1.1.</u>	<u>Mode d'élevage</u>	21
<u>2.3.1.2.</u>	<u>Sexe</u>	21
<u>2.3.1.3.</u>	<u>Localisation anatomique du muscle</u>	21
<u>2.3.1.4.</u>	<u>Type génétique</u>	22
<u>2.3.1.5.</u>	<u>Poids / âge à l'abattage</u>	22
<u>2.3.1.6.</u>	<u>Température lors de l'engraissement</u>	22
<u>2.3.1.7.</u>	<u>Le process de transformation de la viande</u>	22
<u>2.4.</u>	<u>Vitamines</u>	23
<u>2.4.1.</u>	<u>Vitamine E (α tocophérol)</u>	23
<u>CONCLUSION</u>		24
<u>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>		26

Résumé

Ce travail bibliographique, dont le principal objet est la récolte de données nutritionnelles sur la viande de porc, a permis l'identification des facteurs de variation de chaque nutriment d'intérêt. Concernant les lipides, Il est désormais bien connu que des changements dans la composition des acides gras peuvent être facilement occasionnés par des stratégies alimentaires alternatives. Le taux de protéine musculaire bien que relativement stable, varie essentiellement avec le type génétique considéré et avec la localisation anatomique du muscle. Le taux de vitamine E est quant à lui très lié à l'apport vitaminique de l'alimentation. Enfin, le teneur en sels minéraux est très peu variable.

Cette synthèse permet également d'avoir une estimation de la valeur nutritionnelle moyenne (teneur de chaque nutriment) de certains muscle de porcs, le *Longissimus Dorsi* notamment. En complément de ces informations, l'analyse des données a permis de qualifier la teneur en zinc du muscle comme "candidat" à l'allégation nutritionnelle "source de..." correspondant à un apport de 15 % au moins des AJR.

Enfin, il convient de rappeler que ces informations ont été récoltées dans des études où majoritairement les analyses ont été réalisées sur muscles parés et non sur des pièces telles que le consommateur est susceptible d'acheter en GMS ou en boucherie traditionnelle. Une étude sur l'analyse chimique de pièces bouchères permettrait d'apporter un complément d'information.

Contexte

La communication nutritionnelle autour des viandes est un terrain sur lequel les idées reçues dominant souvent la réalité scientifique.

Il est souvent fait état de différences inter-espèces pour qualifier la qualité nutritionnelle des viandes, mais les différences intra-espèces liées par exemple au morceau considéré, à l'alimentation des animaux ou au type génétique ou aux conditions de préparation de la viande peuvent également être étudiées.

De plus en plus d'organisations professionnelles et économiques souhaitent disposer d'informations sur les valeurs nutritionnelles des produits carnés, notamment pour communiquer vers les consommateurs et/ou les prescripteurs.

Les trois Instituts Techniques animaux (Institut de l'Elevage, Institut Technique du Porc, ITAVI) se sont coordonnés pour préciser les conditions méthodologiques de l'établissement de références sur la valeur nutritionnelle. A cette fin, ils se sont conjointement rapprochés du CIQUAL (Centre Informatique sur la Qualité des Aliments) placé sous l'égide de la DERNS de l'AFSSA (Direction de l'Evaluation des Risques Nutritionnels et Sanitaires). Des organisations professionnelles se sont associées à cette démarche (CIV, SNIV, CNTF, FICT). L'objectif est d'estimer d'après les travaux disponibles dans la bibliographie les valeurs nutritionnelles de la viande de chaque espèce et d'en identifier les principaux facteurs de variations.

Les données de composition des produits carnés disponibles dans la base du CIQUAL sont, pour le porc, le plus souvent anciennes, peu nombreuses et mal renseignées au plan de l'origine et des modes de traitement des prélèvements.

Par ailleurs, le CIQUAL estime nécessaire aujourd'hui de publier une table de la composition des viandes et produits carnés et de réévaluer la contribution des viandes aux apports nutritionnels journaliers recommandés.

L'objet de cette étude bibliographique est de répondre de façon coordonnée aux besoins des organisations professionnelles et économiques en termes de mise à disposition de références sur les valeurs nutritionnelles, tout en alimentant la base du CIQUAL, à partir de laquelle l'AFSSA raisonne la contribution des viandes à la couvertures des besoins nutritionnels.

1. Généralités

Les ANC ou "Apports Nutritionnels Conseillés" sont des valeurs de référence utilisées en France pour estimer la qualité nutritionnelle des régimes alimentaires de populations ou de groupes selon leur adéquation à leurs besoins physiologiques. L'ANC est égal au besoin nutritionnel moyen, mesuré sur un groupe d'individus, auquel sont ajoutés deux écarts-types, marge de sécurité statistique pour prendre en compte la variabilité inter-individuelle et permettre de couvrir les besoins de 97.5 % de la population. Pour un nutriment donné, l'ANC varie selon l'âge et le sexe.

Suite à la quasi-disparition des formes cliniques de déficiences nutritionnelles, ce concept évolue actuellement vers des valeurs de référence susceptibles de prévenir, ou au moins de réduire le risque de désordres dégénératifs (pathologies) qui augmentent de façon drastique dans les pays développés, comme le cancer, les maladies cardiovasculaires, les diabètes et l'ostéoporose. C'est pourquoi les ANC doivent être révisés périodiquement (Martin, 2001).

Il serait difficile et sans doute source de confusion pour les consommateurs d'indiquer pour chaque nutriment tous les ANC en fonction de l'âge et du sexe. Les AJR "Apports Journaliers Recommandés", prévus par la réglementation communautaire, ont été choisis comme une valeur moyenne correspondant approximativement aux besoins moyens de la population sans distinction du sexe et de l'âge tel que les ANC les prévoient (sauf pour l'iode et le zinc, qui sont à la valeur des ANC) : ces valeurs, moins élevées que les ANC, sont plus faciles à atteindre et permettent à tout individu de se situer dans une zone d'apport où la probabilité de déficience devient rapidement faible.

Les allégations nutritionnelles de type "source de ..." et "riche en ..." se basent sur les AJR du nutriment considéré. Pour que l'allégation "source de ..." puisse être utilisée, le nutriment doit être en quantité suffisante dans la portion d'aliment ingéré au cours d'un repas pour apporter au moins 15% des AJR. Ce travail bibliographique, dont le principal objet est la récolte de données nutritionnelles sur la viande de porc et l'identification de ses facteurs de variation, prendra davantage de dimension si ces données permettent sur des études récentes (correspondant à de la viande de porc produite dans les conditions actuelles) de mettre en avant des composants dont la quantité présente autorise l'utilisation des allégations nutritionnelles.

2. Etude des composants nutritionnels

2.1. Lipides

Les acides gras interviennent dans le métabolisme à plusieurs niveaux :

- comme source d'énergie (les triglycérides), constituants obligatoires de certaines structures (phospholipides des membranes),
- comme précurseurs de molécules régulant les fonctions cellulaires (prostaglandines, leucotriènes).

Les déficiences humaines en acides gras n'existent apparemment pas dans nos pays (LEGRAND et al., 2002). L'évolution des ANC en acides gras considère ainsi non seulement ces fonctions de nutrition mais aussi les aspects de prévention des grandes pathologies telles que les maladies cardiovasculaires et les cancers.

Il a ainsi été proposé par le CNA (Conseil National de l'Alimentation) la proportion de 30-35 % d'apport d'énergie d'origine lipidique, mais d'autres comités étrangers souhaitent réduire davantage cette part des lipides. La difficulté réside alors dans le fait qu'en deçà de 30 %, l'apport équilibré en acides gras essentiels est difficile à réaliser, compte tenu de la composition des aliments usuels.

Les recommandations faites via les ANC n'ont d'autre part, pas la même importance sur le plan de la santé humaine pour tous les acides gras. Par exemple pour certains acides gras poly-insaturés il est fortement conseillé d'atteindre les ANC alors qu'il est plutôt préconisé de limiter l'apport en acides gras saturés. Les acides gras mono-insaturés (principalement représenté par l'acide oléique) du fait de leur neutralité, permettent de compléter l'apport lipidique une fois les poly-insaturés satisfaits et les saturés limités. La réalité des rôles des différents acides gras est complexe étant donné leurs interactions, notamment la compétition pour les différentes enzymes, et les ANC ne doivent pas être faussement interprétés par une lecture incomplète.

Enfin, il est inutile de réduire le cholestérol dans la population générale qui est non hypercholestérolémique (LEGRAND et al., 2002).

2.1.1. Teneur lipidique de la viande

2.1.1.1. Description de la fraction lipidique du muscle

Dans le muscle, les lipides de structure (phospholipides) sont présents en quantité assez constante, à l'inverse des lipides de réserve (triglycérides) qui permettent d'assurer un équilibre entre les besoins de l'animal et la quantité de lipides apportée par les aliments. Au total, la teneur en lipides intramusculaire (IM) varie de 1 à 5 % (LEGRAND et al., 2002).

Seulement 10 à 20 % des triglycérides totaux du tissu musculaire sont stockés dans le cytosol des fibres sous forme de gouttelettes lipidiques. Leur plus grande part (80 %) se situe dans la vacuole lipidique des adipocytes qui se développent entre les faisceaux de fibres, dans le périnysium. Le nombre et la taille des adipocytes apparaissent comme des paramètres essentiels dans la variabilité de la teneur finale en lipides IM (DAMON et al., 2002 ; GARDAN et al., 2004).

2.1.1.2. Facteurs de variation de la teneur lipidique du muscle

2.1.1.2.1. Localisation anatomique

Si les mécanismes contrôlant l'hypertrophie des adipocytes du tissu adipeux sous-cutané (TASC) sont relativement bien connus, les particularités du métabolisme des adipocytes du muscle restent malgré tout à caractériser davantage (GARDAN et al., 2004). Les caractéristiques des tissus adipeux varient avec la localisation anatomique dans des proportions suffisamment importantes pour pouvoir considérer chaque portion adipeuse de la carcasse comme un tissu particulier (LEBRET et al., 1998). Les adipocytes du muscle ont par exemple un diamètre moyen de 40 à 52 % inférieur à celui des adipocytes du TASC. Sur le plan métabolique, les activités et les niveaux d'expression des enzymes de la lipogénèse et de la lipolyse sont en moyenne vingt fois plus faibles dans les adipocytes du tissu musculaire que dans les adipocytes du TASC. Ces différences observées entre les deux populations adipocytaires peuvent être liées également à l'écart de maturité physiologique des tissus, les adipocytes se développant plus tardivement dans le TASC que dans le muscle. Des études chez l'Homme ou le rat rapportent également une spécificité propre des tissus adipeux en fonction de leur localisation anatomique (GARDAN et al., 2004).

Le contenu lipidique varie de façon importante selon la localisation anatomique des muscles, celui de la longe se situe par exemple autour de 1,5 à 2 % (MOUROT et al., 2001 ; CHESNEAU et al., 2004). La bibliographie en la matière est assez unanime pour décrire une grande variabilité du taux de lipides intramusculaire en fonction des muscles étudiés. Ainsi, les travaux de MINVIELLE et al. (2002) montrent une différence significative et de forte amplitude entre les muscles *Biceps femoris* et *Semimembranosus* (4.18 % vs 2.20 %, respectivement). BOUTTEN et al. (2004) rapporte également un effet hautement significatif de la nature du muscle sur le taux de lipides intramusculaire (4.45 %, 2.00 %, 6.20 %, 3.40 %, 3.03 % et 6.18 %, pour les muscles *Fessier Moyen*, *Adducteur*, *Semi-tendineux*, *Semi-membraneux*, *Quadriceps fémoral* et *Long vaste*, respectivement). Sur quatorze muscles étudiés, la teneur lipidique des muscles peut varier de 1.46% (*Quadriceps*) à 5.26 % (*Serratus Ventralis*) au sein d'une même carcasse (NOLD et al., 1999).

De nombreux autres travaux ont montré une variation du taux de lipides intramusculaire en fonction de la localisation anatomique des muscles (COBOS et al., 2004 ; RENAUDEAU et al., 2003 ; SERRA et al., 1998 ; BEE et al., 2004).

2.1.1.2.2. Type métabolique de fibre musculaire

Il est légitime de se demander si cette variation est liée au type de fibres musculaires présentes dans les différents muscles, d'autant que l'idée que les fibres glycolytiques contiennent moins de graisses que les fibres oxydatives est répandue. Cependant certains auteurs ont montré que les lipides totaux et les triglycérides intramusculaires ne sont pas strictement relatifs au type métabolique de la fibre et les deux types de fibres peuvent contenir la même quantité de gras IM (DE SMET et al., 2004).

2.1.1.2.3. Age et poids de l'animal

Durant la croissance du porc, le développement des adipocytes a lieu chronologiquement dans les tissus adipeux sous cutanés, puis dans les tissus adipeux intermusculaires et finalement dans le tissu adipeux intramusculaire (MOUROT et al., 2001). D'une façon générale, la teneur en lipides du muscle augmente au cours de la croissance, en fonction de l'âge de l'animal et non pas de son poids (MOUROT et al., 2001). Les activités enzymatiques et les niveaux d'expression des gènes de la lipolyse et de la lipogénèse étudiés dans

l'adipocyte musculaires, ne varient pas significativement avec le poids de l'animal (GARDAN et al., 2004). En revanche le rapport de l'expression relative du gène FAS (Synthase des acides gras) sur celle du gène LHS (Lipase Hormono-Sensible) augmente, ce qui suggère une orientation de la balance lipogénèse/lipolyse dans les adipocytes des muscles en faveur de la synthèse de lipides au cours de la croissance. Ceci pourrait être responsable au moins en partie de l'augmentation de la taille adipocytaire observée pendant cette période (GARDAN et al., 2004).

VIRGILI et al. (2003) met ainsi en évidence une augmentation du taux de lipides intramusculaire de muscles *Longissimus Dorsi* 8 et 10 mois d'âge à l'abattage (2.45 vs 2.90, respectivement). Toutefois, les travaux de MINVIELLE et al. (2002) ne montrent aucune différence de taux de lipides entre des porcs âgés de 155 jours et de 185 jours (3.20 % vs 3.18 %, respectivement). Ces derniers résultats peuvent probablement s'expliquer par la faible différence d'âge (30 jours) de cet essai.

Concernant le poids à l'abattage, ZULLO et al. (2003) ne met pas en évidence de différence de taux de lipides sur le muscle *Semimembranosus* entre des carcasses de porcs de poids variant entre 80-90kg et 120-130 kg (7.3 % vs 7.1 %, respectivement).

2.1.1.2.4. Type sexuel

A poids vif égal, les mâles sont plus maigres que les femelles, leur tissu adipeux contient davantage d'eau et de protéines et moins de lipides. Les tissus adipeux des mâles castrés contiennent plus de lipides et moins d'eau que ceux de mâles entiers ou des femelles (LEBRET et al., 1998 ; DE SMET et al., 2004).

A l'étude de la fraction lipidique des muscles, le type sexuel ne semble pas avoir d'influence sur le taux de lipides intramusculaires. MINVIELLE et al. (2002) rapporte en effet un taux de lipide équivalent pour les deux sexes (3.21 % vs 3.17 %, mâle entier et femelle respectivement). D'autres auteurs ont obtenu des résultats similaires : aucune différence entre mâles entiers, mâles castrés et femelles (HÖDBERG et al., 2004, PUGLIESE et al., 2004). Toutefois, NOLD et al. (1999) montre des résultats contraires, la castration semblant avoir un effet significatif sur le taux de gras intramusculaire de porcs de 100-110 kg de poids vif (2.29 %, 2.94 % et 3.70 %, porcs mâles entiers, femelles et mâles castrés respectivement). ZULLO et al., (2003) montre aussi une différence significative de taux de lipides intramusculaire entre mâle et femelle d'après des résultats exprimés en % d'extrait sec et sur un type génétique peu courant (race locale Casertana, 6.2 % et 8.4 % respectivement).

2.1.1.2.5. Influence de la sélection, de la race et du génotype

- Sélection :

Le dépôt des graisses est un caractère possédant une forte héritabilité (GERBENS et al., 2001). Par ailleurs, il existe une corrélation génétique positive entre l'état d'engraissement de la carcasse et la teneur de lipides intramusculaires, indiquant que la réduction de l'état d'engraissement résultant de la sélection est susceptible d'être accompagnée par une baisse du niveau de gras intramusculaire (DE SMET et al., 2004). Ces dernières années, la sélection porcine sur les critères combinés de performance de croissance, indice de conversion alimentaire et épaisseur de gras dorsal, a effectivement abouti à la réduction de l'importance des tissus adipeux (ALFONSO et al., 2004). Pourtant, les résultats des tests terminaux portant sur les porcs charcutiers montrent une diminution de l'état d'engraissement des carcasses (TVM, épaisseur de lard) mais une augmentation du taux de lipides intramusculaire (ITP, 2004).

- *Race :*

Le pourcentage total de lipides ainsi que la taille des adipocytes intramusculaires sont supérieurs chez les races moins sélectionnées (Duroc, Meishan, basque, gascon, limousin, créole, blanc de l'ouest, Ibérique) que chez les races sélectionnées (large White, Piétrain, Landrace) (LABROUE et al., 2000 ; PUGLIESE et al., 2004 ; LEBRET et al., 2002 ; ALFONSO, 2004 ; RENAUDEAU, 2003 et 2004 ; SERRA et al.,1998 ; ESTEVEZ et al., 2003). Les races locales ont généralement de moindres vitesses de croissance que les races commerciales et davantage de gras.

- *Génotype :*

La fraction lipidique du muscle est également d'une grande variabilité selon le génotype. Le polymorphisme de certains gènes, notamment de ceux qui codent pour des protéines de transport intracellulaire des acides gras, a été étudié dans le but d'expliquer les variations de dépôt de gras intramusculaire chez des porcs hybrides. Malheureusement le mécanisme réel de l'association entre le niveau d'expression de ces protéines et la variation génétique de la teneur en gras intramusculaire n'a pas été élucidé (GERBENS et al., 2001).

Le génotype RN ne semble pas influencer la teneur en gras intramusculaire. LEBRET et al. (1999) ne montre en effet aucune différence entre les analyses du taux de lipides du muscle *Longissimus Dorsi* selon les différentes allèles du gène RN (rn+/rn+ ; Rn-/rn+ ;Rn-/Rn-). Des résultats similaires ont été obtenus par OLSSON et al.(2003).

2.1.1.2.6. Alimentation

- *Restriction alimentaire :*

On observe chez les animaux soumis à une restriction, une diminution de la teneur en lipides du tissu adipeux comparé à une alimentation à volonté (LEBRET et al., 1998).

- *Teneur en protéines :*

Une augmentation de la teneur en protéines du régime avec maintien du niveau d'énergie réduit l'état d'engraissement à l'abattage et chez les porcs à forte musculature, entraîne un accroissement du taux d'acide linoléique et une diminution de l'acide oléique dans le tissu adipeux (LEBRET et al., 1998). D'une manière générale, l'utilisation d'un régime riche en protéines entraîne une diminution de la teneur en lipides intramusculaires (2.71% vs 3.24%, pour un régime riche et adapté en protéines, respectivement ; NOLD et al., 1999).

- *Teneur/profil des matières grasses :*

L'introduction de matières grasses à taux croissant dans des régimes iso-énergétiques augmente l'épaisseur des tissus adipeux (LEBRET et al., 1998).

On sait également que l'augmentation du niveau d'insaturation des lipides du régime, à quantité de lipides totaux identiques, entraîne un accroissement de l'adiposité globale de la carcasse, l'acide linoléique pouvant en être le principal responsable (CAMOES et al., 1995). Ceci peut être mis en relation avec le fait que l'activité des enzymes lipogéniques change selon la source de lipides alimentaires et leur degré de saturation. Cette activité est plus importante avec l'huile de coprah (saturée) qu'avec le suif, et maximale avec l'huile de maïs (MOUROT et al., 2001). A l'inverse, Kouba et al. 2002 n'ont pas observé d'augmentation en lipides totaux du muscle avec un régime contenant des graines de lin, mais au contraire une quantité significativement inférieure à celle des animaux qui avaient reçu le régime témoin pendant 60 jours. La modification du régime n'a d'ailleurs pas eu d'effet sur l'activité des enzymes lipogéniques. D'autres auteurs avaient déjà mentionné que lorsqu'il y a augmentation concomitante de la teneur en lipides totaux et en AGPI (acides gras poly insaturés) du régime expérimental, les activités des enzymes lipogéniques sont identiques dans les deux régimes, expérimental et témoin (Kouba, 2002).

- *Taux de lysine :*

L'utilisation d'un aliment déficient en lysine (4,8 g de lysine/kg au lieu de 6,4 g/kg nécessaires à la couverture des besoins pour cet acide aminé) augmente significativement la teneur en lipides intramusculaires dans la longe de porc. Ce niveau inadéquat de lysine dans l'alimentation du porc à partir de 90 kg et jusqu'à l'abattage, limiterait la synthèse protéique et augmenterait la quantité d'énergie disponible pour le dépôt de gras (WITTE et al., 2000)

- *Supplémentation en vitamine :*

La supplémentation en vitamine E (+200mg/kg) et en Phytase (+1200PTU/kg) n'entraîne pas de modifications significatives du taux de gras intramusculaire (GEBERT et al., 1999). Des résultats similaires sont obtenus par LAURIDSEN et al. (1999).

2.1.1.2.7. Type de conduite

- *Plein-air :*

L'effet de la conduite plein air comparé à l'engraissement en bâtiment sur le taux de lipides intramusculaire des races commerciales n'est pas clairement établi. Certains auteurs n'ont constaté un effet significatif que sur certains muscles (BEE et al., 2004), et d'autres auteurs n'ont constaté aucun effet du mode d'élevage (HÖDBERG et al., 2004).

Par contre des différences sont mises en évidence dans des essais utilisant certaines races locales. En dépit de leur prédisposition génétique au dépôt de gras, l'effet de l'environnement sur ces types génétique est significatif. Ainsi, des porcs de la race Nero Siciliano ont un pourcentage de lipides IM 29 % plus élevé en élevage extensif qu'en bâtiment (4,27 contre 3,32 %, PUGLIESE et al., 2004a). Ceci peut être lié à l'alimentation à base de glands qui sont reconnus comme d'une grande valeur énergétique. Les mêmes observations avaient déjà été faites avec les races Cinta Senese et ibérique (PUGLIESE et al., 2004b).

- *Biologique :*

L'élevage en conditions biologique peut de par les contraintes liées à l'alimentation (alimentation avec les fourrages de l'exploitation, interdiction de l'utilisation d'acides aminés de synthèse) des porcs entraîner des modifications du taux de lipides intramusculaire. En effet, selon OLSSON et al. (2003) le muscle *Longissimus Dorsi* présente un taux de lipides intramusculaire inférieur pour la production sur le mode biologique comparativement au conventionnel (1.6 % vs 2.0 %, respectivement). Ces résultats pourraient être expliqués par le déséquilibre de la ration que l'on peut parfois rencontrer en production biologique.

2.1.1.2.8. Température ambiante en fin d'engraissement

WITTE et al.(2000) ne trouve aucune différence entre le taux de lipides intramusculaire de porcs élevés à 18 ou 32°C pendant les cinq à sept dernières semaines d'engraissement. RINALDO et al. (2001) rapporte quand à lui une diminution du taux de gras intramusculaire avec l'augmentation de température ambiante sur le muscle *Semispinalis* (5.9 %, 6.7 % et 4.6 %, pour une température ambiante moyenne de 20°, 24.8° et 27.9° respectivement). Le taux de gras intramusculaire du muscle *Longissimus Dorsi* n'étant dans cet essai pas variable en fonction de la température extérieure, ces résultats confortent l'hypothèse que les conditions environnementales modifient principalement la composition chimique, le type de fibre et d'activité métabolique des muscles rouges et non des muscles blancs.

2.1.1.2.9. transformation / cuisson

- Cuisson :

Après cuisson sous vide, la teneur en lipides totaux de la longe augmente du fait de la perte en eau et en protéines qui entraîne une concentration des lipides dans la viande (WILFART et al., 2004). COBOS et al. (2004) rapporte également une augmentation de la teneur en lipide de muscles issus d'épaules salées et séchées lors de la transformation culinaire (cuisson à l'eau bouillante 45 min./kg ; 4.14 % vs 8.95% pour les muscles internes, et 7.29 % vs 9.14 % pour les muscles externes).

- Salage / séchage :

Les travaux de VEIGA et al. (2003) ne montre pas d'influence significative du procédé de salage/séchage sur le taux de lipides de l'épaule exprimé en extrait sec (17.64 vs 14.76 % mat. sèche pour l'épaule fraîche et salée/séchée respectivement).

2.1.2. Profil d'acides gras de la viande de porc

2.1.2.1. Description des différentes substances lipidiques

Les acides gras stockés dans le tissu adipeux proviennent, soit directement de l'alimentation, soit de la synthèse de novo à partir des précurseurs non lipidiques.

2.1.2.1.1. Les acides gras poly-insaturés (AGPI)

2.1.2.1.1.1. Description

Il existe deux familles d'acides gras poly-insaturés essentiels, respectivement nommés n-6 et n-3, sans transformation métabolique de l'une à l'autre, et sans substitution fonctionnelle possible de l'une à l'autre. Les deux précurseurs : acide linoléique (18 :2 n-6) et acide α -linoléique (18 :3 n-3), sont dits "indispensables" car nécessaires à la croissance normale et aux fonctions physiologiques de tous les tissus, mais non synthétisables par l'homme ou l'animal (LEGRAND et al., 2002). Ils présentent une première double liaison située respectivement à 6 carbones (n-6) et 3 carbones (n-3) de l'extrémité méthyle, double liaison impossible à insérer par les animaux et l'homme qui sont dépourvus d'activité Δ 12- et Δ 15-désaturase (LIZARDO et al., 2000). Cependant ceux-ci peuvent ajouter aux deux acides gras indispensables des doubles liaisons vers l'extrémité carboxyle, et allonger la chaîne carbonée à cette extrémité. Les autres acides gras poly-insaturés essentiels sont ainsi obtenus, à partir des acides gras précurseurs indispensables :

Δ 6	ϵ	Δ 5	ϵ	Δ 6'							
18 :2	□	18 :3	□	20 :3	□	20 :4	□	22 :4	□	22 :5	n-6
18 :3	□	18 :4	□	20 :4	□	20 :5	□	22 :5	□	22 :6	n-3
18 :1	□	18 :2	□	20 :2	□	20 :3					n-9
16 :1	□	16 :2	□	18 :2	□	18 :3	□	20 :3	□	20 :4	n-7

Δ : indique une désaturation, avec la place de la double liaison introduite repérée à partir du groupe carboxyle COOH.

ϵ : indique une élongation.

Les familles n-9 et n-7 ne sont pas essentielles car leur précurseur est synthétisable.

On nomme "acides gras à longue chaîne" (AGPI-LC) les acides gras essentiels qui ont une chaîne carbonée strictement supérieure à 18 carbones, comme l'acide arachidonique (20 :4 n-6), l'EPA (20 :5 n-3) et le DHA (acide docosahexaénoïque, 22 :6 n-3).

2.1.2.1.1.2. Recommandations nutritionnelles

Les travaux bibliographiques sont nombreux sur le thème de la fraction lipidique de la viande. Ils suggèrent une incorporation des AGPI dans l'alimentation, mais d'une façon équilibrée en ce qui concerne le rapport des n-6 / n-3 (oméga 6 et oméga 3). Un rapport de 5 semble correspondre aux populations qui ont la meilleure espérance de vie, avec un apport total de ces AGPI qui ne doit pas excéder 5% de l'apport énergétique total. Le rapport recommandé est donc de 5, il correspond pour l'homme adulte à un ANC de 10 g/j d'acide linoléique et 2 g/j d'acide α -linoléique. La récente modification de ces ANC apporte une rupture par rapport aux vertus exagérées des n-6 prônés dans le passé en comparaison avec les acides gras saturés, en sous-estimant la nécessité des n-3.

La position des nouveaux ANC est en fait très mesurée si on la compare à certains comités étrangers qui envisagent des valeurs de 2 ou 3 pour ce rapport. Il faut souligner que dans le cas du nouveau-né, à la différence de l'adulte, le rapport doit être compris cette fois entre 5 et 10 (LEGRAND et al., 2002). Ce rapport est de l'ordre de 15 actuellement (VORIN et al., 2002 ; WILFART et al., 2004).

Concernant les AGPI-LC (acides gras poly insaturés à longue chaîne), la valeur de 0,5 g/j est proposée sans distinction des deux familles n-6 et n-3, faute de données suffisantes, avec néanmoins une précision concernant le DHA (ANC = 0,12 g/j) dont l'importance a été récemment démontrée.

2.1.2.1.1.3. Qualité technologique du gras

Mais parallèlement à l'intérêt nutritionnel de la diminution du degré de saturation de la graisse de porc, il faut se poser la question de la sensibilité des lipides de la viande à l'oxydation. La préconisation de Wood en 1984 était de ne pas dépasser la teneur de 15 % d'acide linoléique déposé dans la bardière ; celle-ci semble suffisante et vérifiée expérimentalement (CAMOES et al., 1995). Pour ce même acide, MOUROT et al., 2001 cite la limite de 12 % et un minimum de 12 % d'acide stéarique, sans quoi les pertes en acide linoléique par oxydation durant la conservation pourraient atteindre 10 à 20 % de la quantité présente à l'abattage et ses produits de dégradation s'accumuleraient. En 2002, KOUBA et al. observent effectivement une oxydation lipidique plus forte dans la longe de porcs nourris avec des graines de lin conservée 7 jours à 1°C. Mais cette oxydation restait toutefois très faible avec des valeurs inférieures à 0,2 par la méthode du dosage de l'acide thiobarbiturique (TBA), un jury de consommateurs ne pouvant pas détecter de problème de flaveur quand les valeurs sont inférieures à 0,5.

L'apport alimentaire de vitamine E qui est stockée dans les tissus, ralentit la disparition de l'acide linoléique pendant la conservation et donc protège les AGPI de l'oxydation (LEBRET et al., 1998 ; MOUROT et al., 2001, KOUBA et al., 2002).

Etant donné que les porcs alimentés avec de l'huile de maïs à partir de 70 kg ont à l'abattage un taux d'acide linoléique proche de 20% dans la bardière, il serait souhaitable d'arrêter l'incorporation d'AGPI avant la fin de la finition pour respecter la préconisation de Wood (CAMOES et al., 1995).

2.1.2.1.2. Les acides gras mono-insaturés (AGMI)

Ils sont synthétisables par l'organisme humain. Quantitativement, l'acide oléique (18 :1 n-9) en représente l'élément majeur, ce dernier étant présent en quantités variables dans tous les

corps gras utilisés en nutrition humaine. Les acides gras mono-insaturés font l'objet d'un débat important au niveau du contrôle de la concentration de lipoprotéines plasmatiques (LEGRAND et al., 2002). Chez le porc, les acides gras mono-insaturés représentent près de la moitié des acides gras totaux (ROBINSON et al., 2001 ; KOUBA et al., 2002).

2.1.2.1.3. Les acides gras saturés (AGS)

Ils sont également synthétisés par l'organisme humain. Ils assurent une part importante de la dépense énergétique et sont en partie convertis par désaturation en AGMI. De nombreuses études épidémiologiques ont montré que leur excès était étroitement associé à la mortalité liée aux maladies coronariennes.

Toutefois il est indispensable de distinguer les différents AGS. L'acide stéarique n'est pas hypercholestérolémiant, mais l'acide laurique et surtout l'acide myristique le sont. De plus leur métabolisme est différent, par exemple l'acide myristique (14 :0) est plus rapidement β -oxydé que l'acide palmitique (16 :0). Les AGS à courte chaîne (de 4 à 10 atomes de carbone) n'auraient pas d'influence sur la cholestérolémie. L'acide butyrique (4 :0) qui provient de la dégradation des fibres alimentaires par les bactéries inhiberait la prolifération cellulaire tumorale en induisant l'apoptose (mort programmée) des cellules malignes, par exemple au niveau du côlon.

L'évolution des connaissances conduit à considérer distinctement les différents AGS sans les diaboliser, et à limiter leur apport à 8% de l'apport énergétique soit $\frac{1}{4}$ des acides gras totaux (LEGRAND et al., 2002).

2.1.2.1.4. Les acides gras trans

Ils augmentent la teneur plasmatique en LDL-cholestérol et en lipoprotéine et par conséquent augmentent les risques cardiovasculaires. Ils sont très peu abondants dans les matières grasses naturelles, leur teneur dans les margarines a baissé ces dernières années. Il est souhaitable que soit proposée dans le futur une dose maximale à ne pas dépasser (LEGRAND et al., 2002).

2.1.2.1.5. Le cholestérol

La viande issue de la longe du porc contient moins de 25 mg de cholestérol dans 100 g de Longissimus dorsi, et la viande rouge de porc autour de 50 mg pour 100 g. Ce taux peut monter jusqu'à 150 mg/100g pour certains produits de charcuterie, c'est pourquoi il est important de ne pas confondre viande et charcuterie (MOURROT et al., 2001).

2.1.2.2. Facteurs de variation du profil des lipides de la viande

2.1.2.2.1. Alimentation

Chez le porc comme les autres mono-gastriques, l'alimentation est l'un des facteurs de variation les plus importants de la quantité de lipides et du profil des acides gras.

En effet, chez les animaux mono-gastriques, les acides gras alimentaires sont déposés directement dans les tissus adipeux sans modification. Ainsi, la nature des lipides apportés par l'alimentation influence fortement la composition des acides gras déposés dans les tissus. Toutefois ceci semble concerner essentiellement les acides gras à longues chaînes,

les acides gras à chaîne moyenne étant proportionnellement déposés en moindre quantité dans les tissus et davantage métabolisés (LEBRET et al., 1998). Enfin, au niveau musculaire, on ne reconnaît pas à l'alimentation un effet aussi marqué que celui sur le tissu adipeux sous cutané (TASC), sauf dans des conditions expérimentales d'excès d'un acide gras (CAMOES et al., 1995).

Il est donc possible de modifier partiellement la composition lipidique des tissus musculaires des porcs en fonction des souhaits des spécialistes de la nutrition humaine.

2.1.2.2.1.1. Niveau de la ration

Le niveau énergétique de la ration influence 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 (LEBRET et al., 1998).

2.1.2.2.1.2. Equilibre entre les principaux nutriments

Une augmentation de la teneur en protéines du régime à niveau d'énergie constant entraîne chez les porcs à forte conformation, un accroissement du taux d'acide linoléique et une diminution de l'acide oléique dans le tissu adipeux (LEBRET et al., 1998).

L'introduction de matières grasses à taux croissants dans des régimes iso-énergétiques augmente l'épaisseur des tissus adipeux mais diminue la synthèse *de novo*, sans doute du fait de la diminution de l'apport glucidique alimentaire, qui entraînerait un manque de substrat pour la synthèse des acides gras (LEBRET et al., 1998) ou du fait d'une inhibition directe des enzymes lipogéniques par les lipides alimentaires (MOUROT et al., 2001). Cette réduction de la synthèse lipidique serait surtout importante dans le TASC, et moins dans le tissu adipeux intramusculaire (MOUROT et al., 2001).

2.1.2.2.1.3. Effets spécifiques de certains aliments

2.1.2.2.1.3.1. Généralités

L'effet de l'origine de la matière grasse du régime sur la composition en acides gras du muscle *longissimus dorsi* chez le porc est exprimée en pourcentage des acides gras identifiés dans le tableau en annexe "variation acides gras essentiels".

2.1.2.2.1.3.2. Aliments faisant varier les AGPI

– acides gras n-3 :

L'introduction de matières grasses riches en acides gras n-3, comme l'huile de soja ou l'huile de colza (LEGRAND et al., 2002), dans l'alimentation des animaux est une pratique qui se développe actuellement, notamment avec l'utilisation des graines de lin. La teneur totale en acides gras n-3 est plus élevée chez les porcs recevant un régime à base de lin, que ce soit des graines ou de l'huile, qu'à base d'huile de soja (VORIN et al., 2002), d'huile de coprah, d'huile de tournesol ou d'huile de colza (WILFART et al., 2004). Le colza, bien que riche en acides gras n-3, a un rapport n-6/n-3 élevé du fait de sa forte proportion en acides gras n-6 (WILFART et al., 2004).

La concentration en DHA semble par contre n'être modifiée que dans une moindre mesure par la quantité d'acide linoléique ingérée (KOUBA et al., 2002 ; LEGRAND et al., 2002 ; VORIN et al., 2002 ; WILFART et al., 2004). La capacité à désaturer semble ainsi être un facteur limitant pour le porc.

Le procédé d'extrusion qui permet d'éliminer un certain nombre de facteurs gênants pour l'alimentation des animaux, diminue la quantité d'acide linoléique par rapport aux graines de lin cru. Mais bien que les porcs ayant reçu des graines de lin extrudées déposent une moindre quantité d'acide linoléique dans leurs tissus que ceux ayant reçu des graines de lin crues, on en retrouve davantage en proportion avec les graines de lin extrudées (VORIN et al., 2002). La quantité d'acide linoléique déposée dans les tissus porcins est alors augmentée de façon rapide (KOUBA et al., 2002). Ceci est également

vrai pour la teneur en EPA grâce à la capacité de l'animal à élonguer et désaturer le précurseur qu'est l'acide α -linoléique.

– *acides gras n-6 :*

De la même façon qu'avec les acides gras n-3, la supplémentation en huiles riches en acides gras n-6, comme l'huile de tournesol et de l'huile de maïs (LEGRAND et al., 2002), permet d'augmenter leurs quantités dans la viande de porc (CAMOES et al., 1995 ; MOURROT et al., 2001, WILFART et al., 2004). La vitesse de déposition de l'acide linoléique dans la bardière se situe autour de 1 mg/jour/gramme de lipides totaux du tissu (CAMOES et al., 1995). La vitesse de disparition de l'acide linoléique tissulaire a été estimée en agissant sur les durées de distribution respectives d'un régime alimentaire riche en AGPI ou riche en AGS. La teneur en acide linoléique des tissus diminue dès que le régime riche en AGPI n'est plus distribué. La cinétique de décroissance de la teneur en acide linoléique est évaluée à environ 0,85 mg/g de lipides totaux par jour, soit 0,1% de l'acide linoléique présent (CAMOES et al., 1995 ; COURBOULAY et al., 1996). Toutefois, cette vitesse "d'élimination" de l'acide linoléique n'est pas aussi constante que son accumulation, elle pourrait dépendre de la quantité préexistante lors du changement de régime (CAMOES et al., 1995).

– *rapport n-6/n-3 :*

Globalement avec l'utilisation du lin dans l'alimentation des porcs, le rapport n-6 / n-3 est amélioré et atteint la valeur préconisée par les ANC, alors qu'il est actuellement situé entre 10 et 12 pour le porc nourri avec une alimentation standard (LEGRAND et al., 2005, CHESNEAU et al., 2004, WILFART et al., 2004). La supplémentation des régimes en acides gras n-3 semble donc particulièrement justifiée dans l'alimentation porcine, et la consommation d'une telle viande peut être conseillée (VORIN et al., 2002). Les meilleurs rapports semblent obtenus après 60 jours de consommation du régime enrichi en lin (KOUBA, et al., 2002).

Des porcs d'une race locale sicilienne appelée Nero siciliano élevés de façon extensive dans les bois ont montré au niveau du tissu adipeux sous cutané des taux d'AGPI inférieurs aux mêmes animaux élevés en bâtiment, en raison d'une moindre quantité d'AGPI n-6 et d'une quantité similaire d'AGPI n-3. Par contre leur taux d'AGMI était augmenté et leur taux d'AGS diminué, ce qui va dans le sens d'une meilleure qualité nutritionnelle du gras. Ceci peut être mis en relation avec le type d'aliments qu'ils sont susceptibles d'ingérer (glands, châtaignes..) ; les glands étant précisément caractérisés par un taux élevé d'AGMI et moins d'AGPI au total qu'un aliment commercial (PUGLIESE et al., 2004).

2.1.2.1.3.3. Aliments faisant varier les AGMI

L'enzyme $\Delta 9$ désaturase intervient dans le métabolisme des acides gras saturés (acides palmitique et stéarique) en acides gras mono-insaturés (acides palmitoléique et oléique). Chez le porc, il a été montré qu'un régime alimentaire riche en acide linoléique diminue l'activité de la $\Delta 9$ désaturase, conduisant à une diminution du taux d'AGMI (LEBRET et al., 1998). Le même phénomène est observé avec un régime alimentaire riche en acide linoléique : on retrouve une moindre proportion d'acide oléique dans le muscle de porc ayant reçu un régime à base de graines de lin et une $\Delta 9$ désaturase moins active (KOUBA et al., 2002).

La supplémentation de la ration alimentaire en cuivre, déjà bénéfique sur les performances de croissance des animaux, permet aussi d'augmenter l'activité de désaturation, favorisant ainsi les acides gras insaturés aux acides gras saturés (LEBRET et al., 1998).

Une carence en biotine (vitamine B8) peut conduire à une augmentation du rapport AGMI/AGS dans le tissu adipeux du porc. En effet, la biotine est un coenzyme d'une enzyme clé de la lipogénèse. Une carence en biotine est donc susceptible de limiter la synthèse

d'acides gras synthétisés *de novo*, la part des acides gras alimentaires se trouvant alors augmentée (LEBRET et al., 1998).

2.1.2.2.1.4. Promoteurs de croissance

L'administration aux porcs d'hormones de croissance comme la somatotropine (LEBRET et al., 1998) ou les β -agonistes (LEBRET et al., 1998, MOUROT et al., 2001) augmenterait la proportion des acides gras insaturés, en liaison avec une forte diminution des dépôts gras au profit du muscle. Cependant, ces substances ne sont pas autorisées dans l'Union Européenne pour les animaux producteurs de denrées alimentaires .

2.1.2.2.2. Etat d'engraissement

L'état d'engraissement influence la composition en acides gras des lipides, en particulier leur degré d'insaturation. Lorsque l'état d'engraissement augmente, les phospholipides (lipides polaires constituant de toutes les membranes cellulaires, dont les fibres musculaires) seraient dilués dans les triglycérides (lipides apolaires de réserve essentiellement localisés dans les adipocytes entre les faisceaux de fibres), et la baisse de la proportion relative des AGPI résulterait de la différence de composition entre ces deux fractions. En effet, selon les auteurs, 35 à 50 % des acides gras constituant les phospholipides seraient poly-insaturés et seulement 5 à 15 % de ceux constituant les triglycérides. Du fait de la fonction des phospholipides, la proportion d'AGPI qu'ils contiennent est stable de façon à maintenir les propriétés physiques des membranes cellulaires, alors que celle des triglycérides varie avec l'apport d'acides gras alimentaires (DE SMET et al., 2004). Toutes choses égales par ailleurs, le degré d'insaturation des lipides est donc plus faible chez les animaux gras que chez les maigres, ceci résultant de la dilution plus ou moins importante des AGPI (d'origine strictement alimentaire) au sein d'une masse de lipides d'origine endogène - essentiellement des AGMI et des AGS - ou exogène (LEBRET et al., 1998).

Cependant le rapport acide linoléique / acide linoléique est généralement plus élevé dans les membranes phospholipidiques que dans les triglycérides, reflétant le dépôt préférentiel de l'acide linoléique dans les phospholipides et la répartition plus égale de l'acide linoléique entre les phospholipides et les triglycérides. Etant donné qu'une très faible quantité d'AGPI à longue chaîne est déposée dans les triglycérides, leur rapport acide linoléique / acide linoléique et leur rapport n-6 / n-3 sont très proches. Au contraire, le rapport global n-6 / n-3 des phospholipides membranaires est plus bas que celui acide linoléique / acide linoléique du fait de la synthèse préférentielle d'AGPI à longue chaîne de la série n-3. Ceci signifie que l'effet d'un changement dans le rapport phospholipides / triglycérides, résultant d'une modification de l'état d'engraissement, sur le rapport n-6 / n-3 est variable et dépend de l'alimentation. Avec une alimentation donnée, le rapport n-6 / n-3 sera plus élevé pour une viande très maigre que pour une viande plus grasse, mais une variation de l'état d'engraissement aura un résultat moins marqué sur ce rapport global.

L'impact de l'état d'engraissement sur la composition en acides gras est cependant moins important que celui de la nature de l'alimentation (DE SMET et al., 2004).

2.1.2.2.3. Influence de la sélection, de la race et du génotype

- *Sélection :*

Les différences dans la composition en acides gras entre les races ou les génotypes s'expliquent en grande partie par la variabilité de l'état d'engraissement (DE SMET et al., 2004).

La sélection porcine a récemment conduit à la réduction du tissu adipeux. Cette réduction s'est accompagnée de l'augmentation du pourcentage d'acide linoléique, en relation avec le fait que les lignées maigres déposent une moindre proportion de lipides endogènes synthétisés *de novo* que les lignées grasses (ALFONSO et al., 2004). De même, selon BAZIN et al. (2005) les progrès génétiques entre 1977 et 2000 rapportent une diminution significative du taux de gras intramusculaire.

- *Races :*

La race Duroc par exemple est connue pour son taux élevé de lipides intramusculaire par rapport à son gras dorsal. Comme il a été détaillé dans le paragraphe précédent, dans le tissu musculaire, les proportions d'AGS et d'AGMI sont plus élevées et celle des AGPI moins élevées pour des Duroc que pour des Landrace anglais. Cependant même en introduisant un facteur correctif correspondant au dépôt de gras, des différences entre races pour le rapport AGMI/AGS et pour le métabolisme des acides gras à longue chaîne ont été rapportées, reflétant de possibles différences dans le métabolisme des acides gras. Bien qu'il existe un potentiel génétique pour modifier la composition du gras intramusculaire, l'incorporation de ce critère dans les programmes de sélection génétique ne semble pas intéressante actuellement. La conduite d'études biochimiques et de génétique moléculaire doit être encouragée pour mettre en évidence les mécanismes responsables des différences de métabolisme et d'incorporation d'acides gras spécifiques dans la viande. La même remarque que celle faite sur l'influence de l'état d'engraissement s'applique aussi ici : les lignées de sélection ont un effet sur le profil des acides gras des phospholipides et des triglycérides, mais l'effet de l'alimentation est plus important, surtout sur le rapport n-6 / n-3. Il est intéressant de noter que l'existence d'une interaction entre la lignée et l'alimentation n'est pas évidente (DE SMET et al., 2004).

La teneur en AGPI est plus élevée chez des Large White que chez des porcs basques (ALFONSO et al., 2004, même si non significatif ; LABROUE et al., 2000), ainsi que chez les porcs créoles (RENAUDEAU et al., 2003), les porcs gascons, limousins et blancs de l'ouest (LABROUE et al., 2000). Ces résultats sont conformes aux publications antérieures. L'absence de signification dans l'étude d'ALFONSO et al. (2004) doit être due au fait que dans cette étude les animaux sont abattus à âge constant, alors que dans les autres études ils sont abattus à poids constant, c'est-à-dire avec une différence d'âge importante entre les races. Pourtant plusieurs auteurs ont mentionné une meilleure capacité des races locales de porcs à déposer l'acide linoléique comparé aux populations commerciales. C'est notamment le cas de la race italienne Cinta Sinese dont l'adiposité est plus importante mais le gras de meilleure qualité, surtout lorsqu'ils sont élevés en plein air (PUGLIESE et al., 2004). A l'inverse, les races locales françaises non sélectionnées ont des taux supérieurs d'AGMI que les Large White, mais aussi des taux supérieurs d'AGS ce qui est moins bon d'un point de vue nutritionnel, sauf le Blanc de l'ouest pour lequel le taux d'AGS n'est pas plus élevé que celui des Large White (LABROUE et al., 2000).

- *Génotypes :*

Certains auteurs ont rapporté une augmentation significative du rapport AGPI / AGS dans les muscles de porcs sensibles au stress en comparaison avec des porcs normaux, mais ils ont aussi rapporté une corrélation négative hautement significative de ce paramètre avec la teneur lipidique totale. L'effet du génotype sur la composition en acides gras doit donc également résulter de la différence entre les taux de lipides intramusculaires. D'autres auteurs n'ont révélé que des effets mineurs de la présence du gène de sensibilité au stress ou de l'allèle RN. Enfin, la présence d'un QTL localisé sur le chromosome 4 qui contrôlerait

partiellement le niveau de dépôt de l'acide linoléique, a été supposée récemment (DE SMET et al., 2004).

2.1.2.2.4. Type sexuel

Le potentiel lipogénique des animaux varie dans le même sens que l'état d'engraissement des carcasses selon le type sexuel. Ainsi, à poids vif égal, le degré d'insaturation des lipides est plus élevé chez les mâles entiers que chez les femelles, lui-même plus élevé que chez les mâles castrés (LEBRET et al., 1998). La même observation peut être faite chez les races non sélectionnées (RENAUDEAU et al., 2003). La composition en acides gras des phospholipides ne semble pas différer entre les cochettes et les mâles castrés, mais de plus forts taux en AGPI ont été plusieurs fois mentionnés parmi les lipides totaux ou les constituants des triglycérides des cochettes, même après correction sur la teneur en lipides totale. Ainsi, comme il l'a été supposé pour l'effet souche, des effets résiduels du type sexuel sur le profil d'acides gras semblent exister indépendamment de la teneur lipidique totale (DE SMET et al., 2004).

2.1.2.2.5. Type métabolique de fibre musculaire

Bien que la composition en acides gras des phospholipides et des triglycérides soit peu affectée, il semble que le contenu et la distribution des différentes classes de phospholipides varie selon le type métabolique de la fibre. Le muscle rouge oxydatif contient davantage de phospholipides à haute proportion de phosphatidyléthanolamine et de cardiolipine, comparé au muscle glycolytique blanc. Ces différences peuvent s'expliquer par la présence de nombreux organites dans le muscle rouge, en particulier les mitochondries, et la classe de phospholipides de composition spécifique des membranes mitochondriales.

Bien que le type métabolique des fibres est souvent relié aux différences entre les muscles selon plusieurs critères de qualité, celui-ci ne semble pas expliquer outre mesure les différences de profil d'acides gras entre les muscles. D'autres facteurs en sont davantage responsables (DE SMET et al., 2004)

2.1.2.2.6. Age et poids à l'abattage

D'une façon générale, il est bien connu que la synthèse *de novo* d'acides gras augmente au cours de la croissance, induisant une teneur plus élevée en acides palmitique et stéarique qui sont saturés (NÜRNBERG et al., 1998). Ceci entraîne une diminution du degré d'insaturation des graisses avec l'âge ou le poids. Une augmentation de l'âge à l'abattage, pour le même poids vif peut être obtenue par l'application d'une restriction alimentaire (LEBRET et al., 1998).

2.1.2.2.7. Type de conduite

La proportion d'acide α -linoléique apparaît significativement supérieure chez les porcs engraisés en plein air. La proportion d'acides gras de la série n-3 est significativement supérieure en plein air, mais ne conduit pas à une diminution du rapport n-6/n-3, la proportion d'acides gras n-6 étant également significativement supérieure en plein air. Un effet significatif du mode de conduite est mis en évidence sur la proportion d'AGPI, qui est supérieure en conduite plein air (WAVREILLE et al., 2002).

La conduite en liberté valorisant les ressources forestières renforcerait la supériorité nutritionnelle du gras de porcs de races locales. En effet, que l'origine des modifications constatées dans le profil des acides gras résulte directement de l'aliment par sa composition ou indirectement de la stimulation d'enzymes de désaturation des AGS, ce type de conduite permettrait d'améliorer l'athérogénicité du gras par une diminution des AGS au profit des AGMI considérés comme neutres, tout en conservant de bonnes qualités technologiques par le maintien des AGPI en-deçà du seuil préconisé pour la consistance et la stabilité oxydative (PUGLIESE et al., 2004).

2.1.2.2.8. Process de cuisson / transformation

La cuisson à l'eau réduit de manière significative le taux de cholestérol des muscles de l'épaule (1.17 % et 0.97% vs 0.76 % et 0.78 % pour les muscles internes et externes de l'épaule non-cuits vs cuits ; COBOS et al., 2004).

A l'inverse de la cuisson, le procédé de salage/séchage ne semble pas influencer le taux de cholestérol de l'épaule exprimé en % de matière sèche (1.79% vs 1.50% mat. sèche pour l'épaule fraîche et salée/séchée respectivement ; VEIGA et al., 2003).

2.1.2.2.9. Localisation anatomique du muscle

La localisation anatomique du muscle n'est pas identifiée comme un facteur de variation de la teneur en cholestérol musculaire. COBOS et al. (2004) ne met ainsi pas en évidence de différences entre les muscles internes et externes du jarret.

2.2. Minéraux

Le bibliographie en la matière rapporte l'étude de facteurs de variation lié à l'élevage (alimentation, mode d'élevage, ambiance en salle d'engraissement), mais peu d'information est disponible sur les fluctuations liées à l'origine anatomique du muscle.

2.2.1. Phosphore

La teneur en phosphore des muscles se révèle être stable malgré la fluctuation de certains facteurs d'intérêt. Ainsi, les travaux de MINVIELLE et al. (2002) montrent une absence d'effet du sexe, de la nature du muscle et de l'âge à l'abattage sur le taux de phosphore des muscles non-transformés (0.50 % vs 0.50 %, 0.49 % vs 0.51 %, et 0.50 % vs 0.50 % du poids frais, pour des analyses effectuées sur échantillons provenant de mâles vs femelles, de *Biceps femoris* vs *Semimembranosus* et de porcs de 155 jours vs 185 jours). La transformation de la viande en jambon cuit supérieur entraîne toutefois, d'après ces derniers travaux, une réduction du taux de phosphore (0.50 % vs 0.45 %, pour l'état frais et transformé respectivement).

Les travaux de LEDOUX et al.(1993) et SHELTON et al.(2004) qui ont testé l'effet de la température ambiante et de la variation de l'apport minéral de l'alimentation ont rapporté également une grande stabilité du taux de phosphore (entre 0.86 et 0.88% de l'extrait sec).

2.2.2. Cuivre

La teneur en cuivre des muscles reste stable malgré les suppléments alimentaires. LAURIDSEN et al. (1999) ne rapporte pas de différence significative du taux de cuivre des muscles *Longissimus Dorsi* et *Psoas Major* malgré des suppléments de 35 et 175mg/kg dans la ration. Conformément à ces résultats, REY et al. (2001) ne met pas non plus en évidence d'effet significatif d'une supplémentation pendant l'engraissement à hauteur de 35

mg/kg sur le taux de cuivre du muscle *Longissimus Dorsi* (1.63 vs 1.73µg/g , pour le régime de base et supplémenté respectivement).

La température ambiante pendant l'engraissement n'a pas d'influence significative sur la teneur en cuivre du muscle *Semimembranosus* (9.11 vs 6.89 mg/kg d'extrait sec, pour la thermoneutralité et une température froide, respectivement ; LEDOUX et al. (1993)).

L'ajout de phytase dans le régime alimentaire semble augmenter la teneur en Cuivre des muscles (2.31 vs 2.04 ppm sur l'extrait sec pour un régime témoin et additionné de phytase, respectivement ; SHELTON et al. (2004)).

2.2.3. Fer

Le fer est présent dans les muscles sous différentes formes : le fer héminique et le fer non-héminique. La forme biodisponible du fer est la forme héminique. La teneur en fer total (fer héminique + fer non-héminique) varie de façon significative en fonction du mode d'élevage : les porcs élevés en plein-air présentent une teneur en fer total dans le muscle *Longissimus Dorsi* (ESTEVEZ et al., 2003) et *Quadriceps Femoris* (ESTEVEZ et al., 2004) très nettement supérieure à l'élevage en bâtiment. Cette différence est en liaison directe avec l'augmentation du fer héminique (6.01 vs 3.6 ppm dans l'extrait sec (ESTEVEZ et al. 2003) ; 57.15 vs 16.20 mg/100g de viande (ESTEVEZ et al.2004), pour des porcs élevés en plein air et en bâtiment, respectivement).

La température ambiante pendant l'engraissement n'a pas d'influence significative sur la teneur en fer total du muscle *Semimembranosus* (26 vs 26 mg/kg d'extrait sec, pour la thermoneutralité et une température froide, respectivement ; LEDOUX et al. (1993)).

L'ajout de phytase dans le régime alimentaire ne modifie pas la teneur en fer total des muscles (20.4 vs 21.6 ppm sur l'extrait sec pour un régime témoin et additionné de phytase, respectivement ; SHELTON et al. (2004)).

2.2.4. Magnésium

La teneur en magnésium des muscles reste très stable malgré les modifications de l'apport minéral de la ration. En effet, SHELTON et al.(2004) ne rapporte pas de différence significative entre des porcs alimentés avec un aliment industriel standard ou un aliment sans ajout de prémix minéral (0.41 vs 0.44 ppm dans l'extrait sec, respectivement).

De même, la variation de la température ambiante pendant l'engraissement ne semble pas modifier la teneur en magnésium du muscle *Semimembranosus* (0.105 vs 0.100 % du poids sec, pour la thermoneutralité et une température froide, respectivement ; LEDOUX et al. (1993)).

2.2.5. Sélénium

La quantité de sélénium présent dans le muscle *Longissimus dorsi* de l'ordre de 115 ng/g de viande fraîche, ne semble pas varier avec le génotype RN. En effet, selon DAUN et al. (2001), les taux de sélénium sont respectivement de 115 ng/g et 116ng/g pour des porcs porteurs et non-porteur de l'allèle RN-. Par ailleurs, la fraction de sélénium soluble représente environ 50% du sélénium total.

2.2.6. Calcium

Le taux de calcium dans les muscles ne varie pas de façon significative avec la modification de l'apport minéral dans l'alimentation : de 0.019 à 0.021 % de l'extrait sec selon l'aliment (SHELTON et al., 2004). L'abaissement de la température ambiante pendant l'engraissement a tendance à diminuer la teneur en calcium du muscle *Semimembranosus*

(152 vs 136mg/kg pour la thermoneutralité et une température froide, respectivement ; LEDOUX et al. (1993).

2.2.7. Zinc

La teneur en zinc des muscles n'est pas modifiée de façon significative par la suppression de prémix minéral dans l'alimentation, ni par l'addition de phytase au régime : de 51.04 à 56.40 ppm de l'extrait sec selon les régimes (SHELTON et al., 2004). La variation de la température ambiante pendant l'engraissement ne modifie pas non plus la teneur en zinc du muscle *Semimembranosus* (entre 67 et 71 mg/kg d'extrait sec ; LEDOUX et al., 1993).

2.2.8. Sodium et potassium

La température ambiante de la salle d'engraissement n'a pas d'influence sur les taux de sodium et de potassium du muscle *Semimembranosus* : Na (0.19 % mat. Sèche), K (de 154 à 159mg/kg mat. Sèche) (LEDOUX et al., 1993).

2.3. Protéines

2.3.1. facteurs de variation du taux de protéines :

2.3.1.1. Mode d'élevage

L'effet du mode d'élevage sur la teneur en protéine musculaire n'est pas clairement établi. Selon PUGLIESE et al., 2004a, l'élevage de porcs en plein-air conduit à la diminution du taux de protéines musculaires du muscle *Longissimus Lumborum* comparativement à l'élevage en bâtiment (22.24 % vs 23.42 %, $p < 0.05$). Ce même auteur a relevé l'effet inverse dans une seconde étude (PUGLIESE et al., 2004b). D'autres travaux n'ont pas mis en évidence de différence significative du taux de protéine dans le muscle *Longissimus* entre des porcs engraisés en plein-air et en bâtiments (17.22 % vs 16.92 %, REY et al., 2001 ; 24.9 % vs 24.6 %, LEBRET 2002).

2.3.1.2. Sexe

Le taux de protéines musculaire ne semble pas varier avec le sexe de l'animal (22.78 % vs 22.87 %, mâles et femelles respectivement ; PUGLIESE et al., 2004). De même, les résultats de MINVIELLE et al. (2002) montrent des taux de protéines très proches bien que significativement différents (21.09 % vs 21.27 %, mâle et femelle respectivement). A l'inverse de ce dernier, ZULLO et al. (2004) met en évidence un taux de protéines (exprimé en pourcentage d'extrait sec) significativement plus élevé ($p < 0.001$) chez les mâles que les femelles (88.7 % vs 86.5 %).

2.3.1.3. Localisation anatomique du muscle

Le taux de protéines varie de façon significative avec le type de muscle étudié. Cette influence est retrouvée pour la plupart des muscles analysés et correspond à la variabilité histologique (type de fibres) et fonctionnelle des muscles de la carcasse.

Sur 8 muscles étudiés, ZULLO et al. (2004) rapporte une différence significative de taux de protéines (% de l'extrait sec) allant de 83.5 % pour le muscle *Semi Tendinosus* à 90.7 % pour le muscle *Rectus Femoris*. RINALDO et al. met également en évidence un taux de protéines (rapporté au poids frais) plus élevé pour le muscle *Longissimus Dorsi* (22.4 %) que pour le muscle *Semispinalis* (18.2 %). L'effet du type de muscle sur le taux de protéines est

ainsi mis en évidence chez de nombreux auteurs (MINVIELLE et al., 2002 ; BOUTTEN et al., 2004).

Dans d'autres travaux, COBOS et al. (2004) relèvent également un effet du type de muscle sur le taux de protéines d'après des analyses effectuées sur les muscles issus du salage et séchage d'épaule (23.9 % vs 28.3 %, pour les groupes musculaires internes et externes, respectivement).

Certains auteurs ne révèlent par contre pas de différence de taux de protéines entre certains couples de comparaisons musculaires. Ainsi, SANS et al. (2004) ne met pas en évidence de différence significative du taux de protéines entre les muscles *Longissimus Dorsi* et *Biceps Femoris* (23.64 % et 22.14 %, respectivement).

2.3.1.4. Type génétique

Le type génétique est identifié comme un facteur de variation du taux de protéines du muscle. Dans une étude comparant huit combinaisons génétiques différentes des races pures Casertana (Ca), Large White (LW), Landrace (L), Duroc (Du) et "Spotted Poland" (Sp), ZULLO et al. (2003) a montré des écarts allant de 85.7 % de protéines de l'extrait sec pour les porcs Casertana de race pure, à 89.5 % pour le croisement L × (L × LW). D'autres auteurs rapportent des résultats similaires (ESTEVEZ et al., 2004).

Le génotype RN est également identifié par LEBRET et al. (1999) comme étant un facteur de variation du taux de protéines dans le muscle *Longissimus* (22.2 % vs 20.5 % et 20.6 %, pour les génotypes rn+/rn+, RN-/rn+, et RN-/RN- respectivement).

2.3.1.5. Poids / âge à l'abattage

Le poids et l'âge à l'abattage ne semblent pas modifier de manière importante le taux de protéines musculaires. D'après les résultats de ZULLO et al. (2003) la comparaison des carcasses issues de porcs de poids vif de 80-90kg et 120-130 kg révèle une augmentation significative du taux de protéines, mais de faible amplitude (87.4 vs 87.8 % de l'extrait sec). De même, l'augmentation de l'âge à l'abattage entraîne une augmentation de faible amplitude mais significative du taux de protéines (21.30 % vs 21.06 %, pour 185 et 155 jours d'âge à l'abattage ; MINVIELLE et al., 2002).

2.3.1.6. Température lors de l'engraissement

Le taux de protéines musculaire ne semble pas évoluer de façon significative avec la température observée en salle d'engraissement. RINALDO et al. (2001) n'a en effet pas révélé de différence significative cohérente du taux de protéine pour les muscles *Longissimus Dorsi* et *Semispinalis* lorsque la température de la salle d'engraissement augmente (20° vs 24.8° vs 27.9°).

2.3.1.7. Le process de transformation de la viande

La cuisson a tendance à augmenter la teneur en protéines du muscle. Ce phénomène serait lié à l'augmentation du pourcentage de matière sèche et à la diminution de la teneur en cendres lors de la cuisson. COBOS met ainsi en évidence une différence significative de taux de protéines des muscles issus d'épaules salées et séchées lors de la cuisson à l'eau (23.9 % vs 31.3 % après cuisson pour les muscles internes du jarret, 28.3 % vs 33.3 % pour les muscles externes).

Les travaux de MINVIELLE et al. (2002) ne montrent toutefois pas d'effet majeur de la transformation en jambon cuit supérieur sur le taux de protéines des muscles de la cuisse (21.11 % vs 21.30 % pour des porcs de 155 et 185 jours, respectivement).

Le procédé de salage / séchage diminue de manière significative le taux de protéines de l'épaule exprimé en pourcentage de la matière sèche de l'échantillon. En effet, VEIGA et al.

(2003) rapporte un taux de protéines de 76.9 % mat. sèche pour l'épaule fraîche contre 63.4% pour l'épaule salée/séchée.

2.4. Vitamines

Très peu de données sont disponibles sur les teneurs en vitamines (autres que la vitamine E) du muscle. Par contre, la vitamine E de par ses propriétés antioxydante fait le sujet de nombreuses publications.

2.4.1. Vitamine E (α tocophérol)

La teneur en vitamine E du muscle augmente de manière significative avec une supplémentation alimentaire en vitamine E pendant la phase d'engraissement. Une augmentation de la concentration en vitamine E dans l'aliment de 9mg/kg à 18, 100 et 200mg/kg entraîne, selon LAURIDSEN et al. (1999) une augmentation de la teneur en vitamine E du muscle *Longissimus Dorsi* (1.37, 3.21, 5.17, 5.83 μ g/g de muscle frais, respectivement). GEBERT et al. (1999) a également démontré dans ses travaux qu'une supplémentation de 200mg de vitamine E/kg d'aliment augmente la teneur en vitamine E de ce même muscle de 2.40 μ g/g à 5.07 μ g/g. Des résultats similaires ont été obtenus par REY et al. (2001, 2003) et ROSENVOLD et al., (2002).

Il semble que le sexe de l'animal soit un facteur de variation du taux de vitamine E. En effet, HÖDBERG et al. (2004) met en évidence une différence significative entre le *Longissimus* issu de femelles et de mâles entiers (282.3 vs 196.9 μ g/100g de muscle frais). Toutefois cette même étude ne relève pas de différences de taux de vitamine E entre les échantillons de femelles et de mâles castrés.

Le mode d'élevage (plein-air vs bâtiments) n'est pas identifié comme un facteur de variation de la teneur en vitamine E (HÖDBERG et al., 2004). ESTEVEZ et al. (2004) rapporte toutefois une teneur en vitamine E supérieure pour des porcs Ibériques élevés en plein air (6.18 vs 1.94mg/kg, plein air et bâtiment, respectivement), mais la ration alimentaire varie dans cette étude de façon très significative entre les deux modes (alimentation traditionnelle vs aliment industriel).

Conclusion

L'étude bibliographique des travaux de recherche traitant des valeurs nutritionnelles de la viande de porc a permis d'identifier les facteurs de variation de chaque nutriment d'intérêt. Concernant les lipides, il est désormais bien connu que des changements dans la composition des acides gras peuvent être facilement occasionnés par des stratégies alimentaires alternatives. Le taux de protéine musculaire bien que relativement stable, varie essentiellement avec le type génétique considéré et avec la localisation anatomique du muscle. Le taux de vitamine E est quant à lui très lié à l'apport vitaminique de l'alimentation. Enfin, le teneur en sels minéraux est très peu variable.

Cette synthèse permet également d'avoir une estimation de la valeur nutritionnelle moyenne (teneur de chaque nutriment) de certains muscle de porcs, le *Longissimus Dorsi* notamment. En complément de ces informations il paraît intéressant de se rapporter aux valeurs des AJR (Apports Journaliers Recommandés) afin de dégager les nutriments pour lesquels l'allégation "source de...", correspondant à un apport de 15 % au moins des AJR en la matière, peut être utilisée.

A cet effet et si l'on se base sur la prise alimentaire au cours du repas de 100 g de muscle, seul le phosphore (0.5% du poids frais, environ) et les protéines (de 17 à 25g/100g de muscle) se placent comme « candidat » à l'allégation nutritionnelle « Riche en... » (soit un apport > 30% des VNR/100g). Le sucre (0.4% du poids frais, environ) peut prétendre à l'allégation « Exempt de sucre... » (< 0.5g/100g). Enfin, les taux de zinc rapportés dans cette synthèse (de 1.5 à 2.1mg/100g) peuvent peut être autoriser l'utilisation de l'allégation « Source de ... » (apport > 15% des VNR/100g, soit 2.25 mg/100g).

Il convient de rappeler que ces informations ont été récoltées dans des études où majoritairement les analyses ont été réalisées sur muscles parés et non sur des pièces telles que le consommateur est susceptible d'acheter en GMS ou en boucherie traditionnelle. Une étude complémentaire est en cours de réalisation pour définir des valeurs nutritionnelles de référence à l'issue de l'analyse de 9 pièces bouchères provenant de porcs représentatifs de l'abattage français actuel.

Références bibliographiques

- Alfonso L., Mourot J., Insausti K., Mendizabal J.A., 2004. Comparaison des tissus adipeux sous-cutanés et intramusculaires chez les porcs basques et large white. 10èmes JSMTV, Rennes, 25-26/10/04.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- ASPA, 1996. Metodiche per la determinazione delle caratteristiche qualitative della carne. Università degli studi di Perugia. Commissione di studio valutazione della produzione quanti-qualitativa della carne.
- Bazin C., 2005. Estimation, par utilisation de semence congelée en élevage de sélection, des évolutions génétiques réalisées entre 1977 et 2000 dans les populations Landrace Français et Large White. Caractères de production, de qualité technologique des tissus et d'évaluation sensorielle. Communication personnelle.
- Bee G., Guex G., Herzog W., 2004. Free-range rearing of pigs during the winter: adaptations in muscle fiber characteristics and effects on adipose tissue composition and meat quality traits. *J. Anim. Science*. 82:1206-1218.
- Bergman I., Loxley R., 1963. *Anal. Chem.* 35, 1961-1965.
- Bligh E.C. and Dyer W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Phys.*, 37, 911-917.
- B.O.E., 1979. Metodos oficiales de analisis. Metodos quimicos. 29th august.
- Boutten B., 2004. Composition chimique de la cuisse de porc et du jambon cuit : influence du type de muscle. *Bulletin de liaison du CTSCCV*, vol 14, n°3, 13-20.
- Bradford M., 1976. *Anal. Biochem*, 72, 248.
- Buttris J., Diplock A., 1984. High performance liquid chromatography methods for vitamine E in tissues. *Methods in Enzymology*. 5:131-138.
- Camoes J., Mourot J., Kouba M., Cherot P., Mounier A., 1995. Effets de régimes à teneurs variables en acide linoléique sur les caractéristiques des tissus adipeux. *Journées Rech. Porcine en France*, 27, 291-296.
- Chesneau G., Quemener B., Weill P., 2004. Qualité nutritionnelle des lipides de viandes : écart liés à l'espèce, écarts liés à l'alimentation : quelques observations. 10èmes JSMTV, Rennes, 25-26/10/04.
- Cobos A., Veiga A., Díaz O., 2004. Effects of culinary treatment (desalting and boiling) on chemical and lipid composition of dry-cured pork forelegs. *Meat Science*, 68, 411-418.
- Courboulay V., Massabie P., 1996. Répercussion de la durée d'utilisation d'un aliment riche en acide linoléique sur la qualité des gras du porc. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 157-162.

- Daun C., Johansson M., Onning G., 2001. Glutathione peroxidase activity, tissue and soluble selenium content in beef and pork in relation to meat ageing and pig RN phenotype. *Food Chemistry*. 73:313-319.
- De Smet S., Raes K., Demeyer D., 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors : a review. *Anim. Res.*, 53, 81-98.
- Estevez M., Morcuende D., Ramirez R., Ventanas J., 2004. Extensively reared iberian pigs versus intensively reared white pigs for the manufacture of liver pâté. *Meat Science*. 76:453-461.
- Estevez M., Morcuende D., Ramon Cava Lopez, 2004. Physicochemical characteristics of Longissimus Dorsi from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live-weight and commercial pigs. *Meat Science*. 64:499-506.
- Folch J., Lee M., Sloane Stanley G.H., 1957. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- Friesen K., Nelssen J., Gooldband R., 1995. The effect of dietary lysine on growth, carcass composition, and lipid metabolism in high-lean growth gilts fed from 72 to 136 kg. *J. Anim. Science*. 73 :3392-3401.
- Gardan D., Louveau I., Gondret F., 2004. Teneur en lipides et métabolisme des adipocytes dans le muscle chez le porc en croissance. 10èmes JSMTV, Rennes, 25-26/10/04.
- Gebert S., Bee G., Pfirter H.P., Wenk C., 1998. Phytase and vitamin E in the feed of growing pigs : 2. Influence on carcass characteristics, meat and fat quality. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.*, 81, 20-30.
- Gerbens F., Verburg F.J., Van moerkerk H.T.B., Engel B., Buist W., Veerkamp J.H. and Te Pas M.F.W., 2001. Associations of heart and adipocyte fatty acid-binding protein gene expression with intramuscular fat content in pigs. *J. Anim. Sci*, 79, 347-354.
- Gilman L., 1989. Microwave sample preparation. CEM corporation, Matthews, NC28106.
- Hara A., Radin N.S., 1978. Lipid extraction of tissues with low toxicity solvent. *Analytical Biochemistry*, 90, 420-426.
- Hensen E., Juncher D., Henckel P., 2004. Oxidative stability of chilled pork chops following long term freeze storage. *Meat Science*.68:479-484.
- Hogberg A., Pickova J., Stern S., Lundstrom K., Bylund A.C., 2004. Fatty acid composition and tocopherol concentrations in muscle of entire male, castrated male and female pigs, reared in an indoor or outdoor housing system. *Meat Science*, 68, 659-665.
- ITP, 2004. Résultats des 26èmes tests de contrôle des produits terminaux. *Techniporc*, 27 :3-14.
- Jensen C., Lauridsen C. and Bertelsen G., 1998b. Dietary vitamin E : quality and storage stability of pork and poultry. *Food Sci. Technolo*, 9, 62-72.
- Jensen S.K., Jensen C., Jakobsen K., Engberg R.M., Andersen J.O., Lauridsen C., Sorensen P., Skibsted L.H. and Bertelsen G., 1998. Supplementation of broiler diets with retinol acetate, beta-carotene or canthaxanthin : effect on vitamin status of broilers in vivo and on meat stability. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 48, 28-37.
- Juncher D., Ronn B., Mortensen E., Henckel P., 2001. Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during during chill storage of pork. *Meat Science*. 58: 347-357.

- Kouba M., Enser M., Whittington F.M., Nute G.R., Wood J.D., 2002. Effet d'un régime riche en acide linoléique sur les activités d'enzymes lipogéniques, la composition en acides gras et la qualité de la viande chez le porc en croissance. 9èmes JSMTV Clermont-Ferrand, 15-16/10/02.
- Labroue F., Goumy S., Gruand J., Mourot J., Neelz V., Legault C., 2000. Comparaison au Large White de quatre races locales porcines françaises pour les performances de croissance, de carcasse et de qualité de la viande. 32, 403-411.
- Lauridsen C., Nielsen J.H., Henskel P., Sorensen M.T., 1999. Antioxisative and oxidative status in muscles of pigs fed rapeseed oil, vitamin E., and copper. J. Anim. Sci., 77, 105-115.
- Lebret B., Guillard A.S., Berger F., 2002. Influence du mode d'élevage (bâtiment ou plein air) sur les qualités des carcasses et des viandes de truies de réforme. Journées de la Recherche Porcine, 34, 31-37.
- Lebret B., Le Roy P., Monin G., Lefaucheur L., Caritez J.C., Talmant A., Elsen J.M. and Sellier P., 1999. Influence of the three RN genotypes on chemical composition, enzyme activities, and myofiber characteristics of porcine skeletal muscle. J. Anim. Sci., 77, 1482-1489.
- Lebret B., Mourot J., 1998. Caractéristiques et qualité des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non génétiques. INRA Prod. Anim, 11 (2), 131-143.
- Ledoux D., Knight C., Becker B., Baile C., 1993. Effects of a porcine somatotrophin implant on tissue mineral status of finishing pigs exposed to thermoneutral or cold environment. J. Animal Science. 71 :2180-2186.
- Legrand P., Mourot J., 2002. Le point sur les apports nutritionnels conseillés en acides gras, implication sur les lipides de la viande. 9èmes JSMTV, Clermont-Ferrand, 15-16/10/02.
- Lizardo R., Van Milgen J., Mourot J., Noblet J., Bonneau M., 2000. Modélisation du dépôt de lipides et de la composition en acides gras du tissu adipeux au cours de la croissance du porc. Journées Rech. Porcine en France, 32, 305-309.
- Martin A., 2001. The "apports nutritionnels conseillés (ANC)" for the French population. Reprod. Nutr. Dev., 41, 119-128.
- Miller D., Smith V., Kanner J., 1994. Lipid oxidation and warmed-over flavor aroma in cooked ground pork from swine fed increasing levels of iron. J. of Food Science. 59:751-756.
- Minvielle B., Boutten B., Alviset G., Deschodt G., Goureau L., Boulard J., Le Strat P., Houix Y., 2002. Composition chimique des muscles de jambons frais et des jambons cuits : influence de l'âge à l'abattage et de la classe de pH ultime. Journées de la Recherche Porcine, 34, 7-13.
- Mourot J., Hermier D., 2001. Lipids in monogastric animal meat. Reprod. Nutr. Dev., 41,109-118.
- Nold R.A., Romans J.R., Costello W.J., Libal G.W., 1999. Characterization of muscles from boars, barrows, and gilts slaughtered at 100 or 110 kilograms : differences in fat, moisture, color, water-holding capacity, and collagen. J. Anim. Sci., 77, 1746-1754.
- Nurnberg K., Wegner J., Ender K., 1998. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. Livest. Prod. Sci., 56, 145-156.
- Olsson V., Andersson K., Hansson I., 2003. Differences in meat quality between organically and conventionally produced pigs. Meat Science. 64:287-297.

- Pugliese C., Calagna G., Chiofalo V., Moretti V.M., Margiotta S., Franci O., Gandini G.. 2004. Comparison of the performances of nero siciliano pigs reared indoors and outdoors : 2. joints composition, meat and fat traits. *Meat Science* 2004, 68, 523-528.
- Pugliese C., Bozzi R., Campodoni G., 2004. Performance of Cinta Senese pigs reared outdoors and indoors. 1: Meat and subcutaneous fat characteristics. *Meat Science*. Article in press.
- Renaudeau D., Mouro J., 2004. Comparaison des qualités de carcasse et de viande du porc large White et créole. 10èmes JSMTV, Rennes, 25-26/10/04.
- Renerre W., 2002. Les oxydations lipidiques dans la viande. 9èmes JSMTV, Clermont-Ferrand, 15-16/10/02.
- Rey A., López-Bote C., Soares M., 1997. Determination of α -tocophérol in pork with high intramuscular fat content. *Grasas y Aceites*. 47:331-334.
- Rey A.I., López-Bote C.J., 2001. Effect of dietary copper and vitamin E supplementation, and extensive feeding with acorn and grass on longissimus muscle composition and susceptibility to oxidation in Iberian pigs. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.*, 85, 281-292.
- Rey A., López-Bote C., Kerry J., 2004. Modification of lipid composition and oxidation in porcine muscle and muscle microsomes as affected by dietary supplementation of n-3 with either n-9 or n-6 fatty acids and α -tocopheryl acetate. *Animal Feed Science and Technology*. 113:223-238.
- Rinaldo D., Mouro J., 2002. Effects of tropical climate and season on growth, chemical composition of muscle and adipose tissue and meat quality in pigs. *Anim. Res.*, 50, 507-521.
- Rhee K., Ziprin Y., 1987. Modification of the schricker nonheme iron method to minimize pigment effects for red meats. *Journal of Food Science*. 52:1174-1176.
- Robinson F., 2001. The nutritional contribution of meat to the British diet : recent trends and analyses. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, 26, 283-293.
- Rosenvold K., Laerke H., Jensen S., 2002. Manipulation of critical quality indicators and attributes in pork through vitamin E supplementation, muscle glycogen reducing finishing feeding and pre-slaughter stress. *Meat Science*. 62:485-496.
- Rock E., 2002. Les apports en micro-nutriments par la viande. 9èmes JSMTV, Clermont-Ferrand, 15-16/10/02.
- Rudel L., Morris, 1973. Determination of cholesterol using O-phtalaldehyde. *J. Lipid Res*. 14:364.
- Sans P., Andrade M.J., Ventanas S., Ruiz J., 2004. Quality characteristics of fresh meat from pigs of the gascon breed. *Food Sci. Tech. Inst*, 10 (1), 029-034.
- Serra X., Gil F., Perez-Enciso M., 1998. A comparison of carcass, meat quality and histochemical characteristics of Iberian and Landrace pigs. *Livestock Production Science*. 56:215-223.
- Schüep W., Steiner K., 1988. Analytical methods for vitamins and Caroteinoids in feed, H.E. Kelmler (Ed), ROCHE Animal Nutrition and Health.
- Sheehy Heehy P., Morrissey P., Flynn A., 1994. Consumption of thermally-oxidised sunflower oil by chicks reduces α -tocopherol status and increases susceptibility of tissues to lipid oxidation. *Br. J. Nutr.* 71:53-65.

- Shelton J., Southern L., Lemieux F., 2004. Effects of microbiological phytase, low calcium and phosphorus, and removing the dietary mineral premix on carcass traits, pork quality, plasma metabolites, and tissue mineral content in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 82:2630-2639.
- Veiga A., Cobos A., Ros C., 2003. Chemical and fatty acid composition of "Lacon Gallego" (dry-cured pork foreleg): differences between external and internal muscles. *Journal of food composition and analysis.*16:121-132.
- Virgili R., Degni M., Schivazappa C., 2003. effect of age at slaughter on carcass traits and meat quality of italian heavy pigs. *J. Anim. Science.* 81 :2448-2456.
- Vorin V., Mourot J., Delion M., Weill P., Robin G., Mounier A., Peiniau P., 2002. Effet de l'apport de différentes formes d'acides gras oméga 3 dans l'alimentation du porc sur les performances de croissance et la qualité de la viande. 9èmes JSMTV, Clermont-Ferrand, 15-16/10/02.
- Wavreille J., Dehareng F., Sindic M., Lognay G., Bartiaux-Thill N., 2002. Effet du mode d'engraissement (plein air *versus* bâtiment) sur la composition en acides gras des lipides intramusculaires de la viande de porcs. Influence de la méthode d'analyse. 9èmes JSMTV, Clermont-Ferrand, 15-16/10/02.
- Witte D.P., Ellis M., Mc Keith F.K., Wilson E.R.,2000. Effect of dietary lysine level and environmental temperature during the finishing phase on the intramuscular fat content of pork. *J. Anim. Sci.*, 78:1272-1276.
- Zullo A., Barone C.M.A., Colatruglio P., Girolami A., Matassino D., 2003 Chemical composition of pig meat from the genetic type "Casertana" and its crossbreeds. *Meat Science*, 63, 89-10

Annexes

Annexe 1

ANNEXE1: DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES DES TAUX DE LIPIDES, PROTEINES, VITAMINE ET SELS (PARTIE 1)

AUTEUR	ELEMENT	EFFECTIF / POPULATIONS	TYPE GENETIQUE	ECHANTILLON	METHODE ANALYSE	UNITE	FACTEUR TESTE				RESULTATS						
PUGLIESE (2004)	Protéines	78 / 2	Nero Siciliano	Longissimus L.	ASPA (1996)	% poids frais	Mode d'élevage	Plein-air / Bâtiment		22,24a	23,42b						
						Sexe	mâle / Femelle		22,78	22,87							
	Lipides					% poids frais	Mode d'élevage	Plein-air / Bâtiment		4,27a	3,32b						
							Sexe	mâle / Femelle		3,75	3,86						
SANS (2004)	Protéines	12 / 2	Gascon	Muscles	Lowry (1951)	% poids frais	Muscle	Long Dorsal / Biceps Femoris	23,64	22,14							
									Bligh, Dyer (1959)	2,6	2,84						
									Homsey (1956)	1,34a	4,63b						
ZULLO (2003)	Protéines	143 / 6	6 croisements Casertana	Muscles	Matassino (1975)	% extrait sec	Type Génétique	Ca / Ca* <i>LW</i> / Ca*(<i>L*<i>LW</i></i>) / Ca* <i>Du</i> / Ca* <i>Sp</i> / <i>L*(L*<i>LW</i></i>)	85,7	88,1	89,5	86,3	86,5	89,5			
							Muscle	Cl tb / G b / L dt / L dl / P m / R f / S m / S t / S s	88,1	84,1	90,7	88,8	83,5	89,9	86,4	88,8	88,1
							Poids vif abattu	80-90 / 100-110 / 120-130	87,4	87,6	87,8						
	Sexe						mâle / Femelle	88,7	86,5								
	Lipides						Type Génétique	Ca / Ca* <i>LW</i> / Ca*(<i>L*<i>LW</i></i>) / Ca* <i>Du</i> / Ca* <i>Sp</i> / <i>L*(L*<i>LW</i></i>)	9,5	6,7	5,2	8,4	8,3	5,5			
							Muscle	Cl tb / G b / L dt / L dl / P m / R f / S m / S t / S s	6,8	10,7	3,6	6	11,6	4,9	8,7	6,4	6,8
Poids vif abattu		80-90 / 100-110 / 120-130	7,3	7,4	7,1												
	Sexe	mâle / Femelle	6,2	8,4													
RINALDO (2001)	Protéines	40 / 3	Large White	Muscles	?	% poids frais	température	20° / 24,8° / 27,9° (<i>Longissimus Dorsi</i>)	22,4	23	22,6						
								20° / 24,8° / 27,9° (<i>Semispinalis</i>)	18,2a	19,4b	16,0c						
								20° / 24,8° / 27,9° (<i>Longissimus Dorsi</i>)	1,8	1,9	1,9						
	Lipides						20° / 24,8° / 27,9° (<i>Semispinalis</i>)	5,9ab	6,7b	4,6a							
REY (2001)	Protéines	125 / 5	Ibérique	Longissimus D.	Bradford (1976)	% poids frais	Mode d'élevage	Plein-air / Bâtiment		17,22	16,92						
							aliment supplémenté	Témoïn / + <i>ViE</i> / + <i>Cu</i> / + <i>ViE</i> + <i>Cu</i>		16,92	17,32	17,42	16,64				
	Vitamine E						Rey (1996)	µg / g muscle frais	Mode d'élevage	Plein-air / Bâtiment		2,97	2,16				
								aliment supplémenté	Témoïn / + <i>ViE</i> / + <i>Cu</i> / + <i>ViE</i> + <i>Cu</i>		2,16	3,81	2,64	3,6			
	Cuivre			Spectrophotometre	mg / g muscle frais	Mode d'élevage	Plein-air / Bâtiment		1,67	1,63							
						aliment supplémenté	Témoïn / + <i>ViE</i> / + <i>Cu</i> / + <i>ViE</i> + <i>Cu</i>		1,63	1,66	1,73	1,7					
LEBRET (1999)	Protéines	114 / 3	H* <i>P</i> * <i>LW</i>	Longissimus D.	Ferrari (1960)	% poids frais	génétype RN	m+ <i>rn</i> + / RN-m+ / RN-RN-		22,2a	20,6b	20,5b					
	Lipides						?	génétype RN	m+ <i>rn</i> + / RN-m+ / RN-RN-		1,42	1,34	1,31				
COBOS (2004)	Protéines	37 / 2	?	pièces élaborées (saumurés + séchage 15 jours)	AOAC (1995)	% poids frais	Muscle	Tb / Pp+Cb+Bb	23,9(2,9)a	28,3(4,9)b							
							Process	Tb : saumuré et séché / +désallage+cuisson	23,9(2,9)a	31,3(1,3)b							
								Pp+Cb+Bb : saumuré et séché / +désallage+cuisson	28,3(4,9)a	33,3(3,6)b							
	Lipides				Muscle	Tb / Pp+Cb+Bb	4,14(1,2)a	7,29(3,1)b									
						Process	Tb : saumuré et séché / +désallage+cuisson	4,14(1,2)a	8,95(2,0)b								
							Pp+Cb+Bb : saumuré et séché / +désallage+cuisson	7,29(3,1)a	9,14(2,0)b								
Cholestérol	Muscle	Tb / Pp+Cb+Bb	1,17(0,4)a	0,97(0,3)a													
		Process	Tb : saumuré et séché / +désallage+cuisson	1,17(0,4)a	0,76(0,2)a												
			Pp+Cb+Bb : saumuré et séché / +désallage+cuisson	0,97(0,3)a	0,78(0,2)a												
LEBRET (2002)	Protéines	12 / 2	Truies de réformes (200kg carcasse) Lw*L	Longissimus	Bergman, Loxley (1963)	% poids frais	Mode d'élevage	Plein-air / Bâtiment		24,9	24,6						
							Triceps Brachii	22,7	22,9								
	Lipides						Longissimus	1,6	1,69								
							Triceps Brachii	2,32	2,15								
	Vitamine E		Longissimus	Schuep, Steiner (1988)	µg / g muscle frais	Mode d'élevage	Plein-air / Bâtiment		1,35	1,98							
			Triceps Brachii				Plein-air / Bâtiment		2,25	1,81							
MINVIELLE (2002)	Protéines	180 / 2	(LW*L)*(LW*P)	Muscles	?	% poids frais	Sexe	mâle / Femelle		21,09a	21,27b						
							Muscle	<i>Biceps Femoris</i> / <i>Semimembranosus</i>		20,55a	21,81b						
							Age à l'abattage	155 jours / 185 jours		21,06a	21,30b						
							Sexe	mâle / Femelle		3,21a	3,17a						
							Muscle	<i>Biceps Femoris</i> / <i>Semimembranosus</i>		4,18a	2,20b						
							Age à l'abattage	155 jours / 185 jours		3,20a	3,18b						
	Lipides			Muscle			Sexe	mâle / Femelle		0,5a	0,5a						
							Muscle	<i>Biceps Femoris</i> / <i>Semimembranosus</i>		0,49a	0,51b						
							Age à l'abattage	155 jours / 185 jours		0,5a	0,5a						
							Sexe	mâle / Femelle		0,42a	0,44a						
							Muscle	<i>Biceps Femoris</i> / <i>Semimembranosus</i>		0,41a	0,46b						
							Age à l'abattage	155 jours / 185 jours		0,41a	0,46b						
Glucides totaux	Jambon cuit supérieur	% poids jambon cuit	Age à l'abattage	155 jours / 185 jours		20,82a	21,11b										
			Age à l'abattage	155 jours / 185 jours		2,49a	2,98b										
			Age à l'abattage	155 jours / 185 jours		0,45a	0,45a										
			Age à l'abattage	155 jours / 185 jours		0,58a	0,60a										
			Muscle	Fm / Ad / St / Sm / Qf / Lv		21,92(0,47)	22,35(0,23)	20,15(0,56)	21,84(0,44)	20,58(0,61)	20,68(0,29)						
			Pièce	Nerveux / Jarret		20,97(0,39)	20,02(0,38)										
BOUITTEN (2004)	Protéines	6 / 1	(LW*L)*(LW*P)	Muscles	?	% poids frais	Muscle	Fm / Ad / St / Sm / Qf / Lv		4,45(1,11)	2,0(0,33)	6,20(3,15)	3,40(0,88)	3,03(0,77)	6,18(2,09)		
							Pièce	Nerveux / Jarret		3,40(0,77)	5,52(1,91)						
NOLD (1999)	Lipides	48 / 2	(Lw*L)*(H* <i>Du</i>)	Muscles	AOAC (1990)	% poids frais	Muscle	Sv / St / If / Ss / Vi / Ldt / Tbl		5,26	4,67	3,97	3,93	3,39	3,28	2,41	
								Bf / Tbla / Sm / Gm / Pm / Pp / Rf		2,41	2,39	2,12	2,11	1,99	1,96	1,76	
							Sexe	mâle entier / mâle castré / femelle		2,29a	3,70c	2,94b					
				Régime alimentaire	riche en protéines / adapté	2,71a	3,24b										

ANNEXE1: DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES DES TAUX DE LIPIDES, PROTEINES, VITAMINE ET SELS (PARTIE 2)

Author (Year)	Parameter	Value	Genotype	Species	Source	Unit	Method	Notes	Value 1	Value 2	Value 3	Value 4	Value 5
GEBERT (1999)	Lipides	10 / 4	LW	<i>Longissimus D.</i>	?	% poids frais	aliment supplémenté	contrôle / +phytase +vitE / +Phytase+vitE	3,42(1,29)	2,75(0,48)	2,84(0,68)	2,49(0,69)	
	Vitamine E					contrôle / +phytase +vitE / +Phytase+vitE	2,4(0,9)a	2,76(1,1)ab	5,07(2,1)b	4,3(1,4)ab			
LAURIDSEN (1999)	Vitamine E	82 / 9	?	<i>Psoas Major</i>	Jensen (1998)	µg / g muscle frais	aliment supplémenté	Contrôle / +100mgvitE / +200mgvitE par Kg aliment	3,37a	5,17b	5,83b		
	Lipides				Bligh, Dyer (1959)	% poids frais	aliment supplémenté	Contrôle / +100mgvitE / +200mgvitE par Kg aliment	4,98a	7,64b	9,78c		
					<i>Longissimus</i>			1,72	1,56	1,42			
					<i>Psoas Major</i>			1,5	1,23	1,4			
					<i>Longissimus</i>			2,3	2,23	2,41			
Cuivre	Spectrophotometre	mg / kg frais	aliment supplémenté	Contrôle / +35mgCu / +175mgCu par Kg aliment	3,98	3,81	3,99						
HÖDBERG (2004)	Lipides	39 / 2	H*(LW*Du)	<i>Longissimus D.</i>	Hara, Radin (1978)	% poids frais	Mode d'élevage	Mâles castrés Plein-air / Bâtiment	1,88	1,94			
						Femelles Plein-air / Bâtiment	1,88	1,94					
	Vitamine E				HPLC Jensen (1998)	µg / 100g muscle	Mode d'élevage	Mâles entiers Plein-air / Bâtiment	2,04	1,86			
					Mâles castrés Plein-air / Bâtiment	212,77a	236,15ab						
					Femelles Plein-air / Bâtiment	245,9ab	282,29b						
Mâles entiers Plein-air / Bâtiment	222,5a	196,9a											
REY (2003)	Vitamine E	80 / 10	LW*L	<i>Longissimus</i>	HPLC Sheehy (1994)	mg / kg frais	aliment supplémenté	huile tournesol + 10mgvitE / huile tournesol + 200mgvitE	1,14a	2,63b			
ESTEVEZ (2004)	Lipides	14 / 2	LW vs Ibérique	<i>Quadriceps Femoris</i>	Bligh, Dyer (1959)	% poids frais	mode + race	Ibérique plein-air / Large white bâtiment	AOAC (2000)	2,74	2,62		
						Miller (1994)			18,44a	17,93b			
						Rhee (1987)			65,85a	23,44b			
						Rey (1997)			8,69	7,24			
									57,15a	16,20b			
PUGLIESE (2004)	Protéines	46 / 2	Cinta Senese	<i>Longissimus L.</i>	ASPA (1996)	% poids frais	Mode d'élevage	Plein-air / Bâtiment	23,5a	22,8b			
Lipides	Sexe					mâle castré / femelle	23,1	23,2					
FRIESEN (1995)	Cholestérol	114 / 2	?	<i>Longissimus</i>	Rudel (1973)	mg/g muscle	Poids vif abattu	104kg / 136kg	1,51	1,56			
OLSSON (2003)	Lipides	80 / 2	(L*Y)*H	<i>Longissimus D.</i>	?	% poids frais	mode d'élevage	conventionnel / biologique	2,0(0,1)a	1,6(0,1)b			
HANSEN (2004)	Lipides	6 / 1	?	<i>Longissimus D.</i>	Juncher (2001)	% poids frais	aucun	aucun	1,63				
						Buttris (1984)			3,83				
VEIGA (2003)	Lipides	40 / 2	?	<i>Pièce</i>	Hanson (1963)	% extrait sec	salage séchage	épaule fraîche / épaule salée et séchée	17,6	14,8			
Cholestérol	Kit Sigma					g / kg extrait sec			1,79	1,5			
ROSENVOLD (2002)	Protéines	28 / 2	(L*Y)*Du	<i>Longissimus D.</i>	AOAC (1995)	% extrait sec			76,9	63,4			
SERRA (1998)	Lipides	31 / 2	L vs Ibérique	<i>Longissimus L.</i>	B.O.E (1979)	% poids frais	Type Génétique	Ibérique / Landrace	22,6(0,2)	22,6(0,1)			
ESTEVEZ (2003)	Lipides	26 / 4	(LW*L)*LW vs Ibérique	<i>Longissimus D.</i>	Bligh, Dyer (1959)	% poids frais	Type Génétique	Ibérique 1 p.air / Ibérique2 p.air / Ibérique3 p.air / (LW*L)*LW bâtiment	3,3(0,5)a	3,2(1,4)a	2,5(0,4)a	1,4(0,2)b	
Fer hémistique	Hornsey (1956)					6,1(1,5)a			5,9(1,4)a	6,0(1,7)a	3,6(0,8)b		
DAUN (2001)	Sélénium total	14 / 2	croisement Hampshire	<i>Longissimus D.</i>	Spectrometrie	ng / g frais	génotype RN	m+ m+ / RN- rn+	115(5)	116(19)			
Sélénium soluble						58(5)			60(11)				
LEDOUX (1993)	Calcium	24 / 4	(L*Y)*Du	<i>Semimembran-osus</i>	Spectrophotometre	mg/kg extrait sec	température	thermoneutralité / froid	AOAC (1984)	0,89	0,86		
						% extrait sec			0,105	0,1			
						0,19			0,19				
						159			154				
						9,11			6,89				
						71			67				
						26			26				
SHELTON (2004)	Phosphore	120 / 5	(Y*L)*(Y*Du)	<i>Longissimus D.</i>	Spectrophotometre	% extrait sec	aliment supplémenté	1=fémoin / 2=faible taux Ca et P / 3=2 + phytase / 4=1 sans prémix / 5=4+phytase	0,02	0,019	0,021	0,019	0,019
						0,89			0,88	0,88	0,88	0,88	
						2,0a			2,04ab	2,31b	1,78	2,15	
						21,7			20,4	21,6	20,8	20,4	
						0,41			0,4	0,4	0,44	0,4	
						56,4			54,4	53,4	51,2	51	
BEE (2004)	Lipides	40 / 2	LW	<i>Rectus Femoris</i>	AOAC (1995)	% poids frais	Mode d'élevage	Plein-air mâle / P.a. femelle / Bâtiment mâle / B. femelle	2,2	1,6	2,6	2,2	
						1,6			1,4	1,4	1,4		
						5,5			3,7	5,5	3,7		
VIRGLI (2003)	Protéines	128 / 2	LW*L*Du	<i>S.membranosus</i>	AOAC (1990)	% poids frais	Age à l'abattage	8 mois / 10 mois	22,7	22,52			
						23,13			23,27				
	2,87					3							
	2,45a					2,90b							

ANNEXE1: DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES DES TAUX DE LIPIDES, PROTEINES, VITAMINE ET SELS (PARTIE 3)

AUTEUR	ELEMENT	EFFECTIF / POPULATIONS	TYPE GENETIQUE	ECHANTILLON	METHODE ANALYSE	UNITE	FACTEUR TESTE	RESULTATS					
WILFART (2004)	Lipides	48 / 4	Lw*L*P	<i>Longissimus dorsi</i>	Folch (1957)	% poids frais	alimentation avec huile de coprah / de tournesol / de colza / graines de lin extrudées	1,9	2,1	2,1	2,1		
RENAUDEAU	Lipides	140 / 2	LW ou créole	<i>Longissimus dorsi</i>	ND	% poids frais	race Lw / Cr	3,5	2,4				
WITTE (2000)	Lipides	72 / 4	PIC326*C15	Longissimus	extraction (chloroforme,	% poids frais	lysine alimentaire à 4,8 g/kg / 6,4 g/kg / température 18°C / 32°C	3,48	2,93	3,25	3,15		
KOUBA (2002)	Lipides	48 / 2	Duroc*L	Longissimus	Folch (1957)	% poids frais	régime témoin T 20j / avec graines de lin L 20j / T 60j / L 60j / T 100j / L 100j	0,98a	0,97a	1,25b	1a	1,28b	1,23b
GARDAN (2004)	Lipides	32 / 4	P*(Lw*L), femelles	trapèze	Folch (1957)	% poids frais	abattage à 30 / 70 / 110 / 150 kg	2,6a	4,1b	5,6c	6,1c		
ALFONSO (2004)	Lipides	40 / 2	Lw ou basque	Longissimus broyé	Soxhlet (ISO-1443-	% poids frais	basque / Lw	15	8				
VORIN (2002)	Lipides	40 / 4	P*(Lw*L,R)	<i>Longissimus dorsi</i>	Folch (1957)	% poids frais	alimentation avec huile de soja / graines lin extrudées / graines lin crues / huile de lin	1,93	1,89	1,99	2,05		
CHESNEAU (2004)	Lipides	20 / 2	nd	nd	extraction /	% poids frais	alimentation témoin / graines de lin extrudées	1,7	2,2				

Liste des abréviations

P Piétrain
 H Hampshire
 LW Large White
 L Landrace
 Du Duroc

Cltb Caput Longum Tricipitis Brachii
 Gb Gluteobiceps
 Ldt Longissimus Dorsi Thoracic
 Ldl Longissimus Dorsi Lumbar
 Pm Psoas Major
 Rf Rectus Femoris
 Sm Semimembranosus
 St Semitendinosus
 Ss Supraspinatus
 Pp Pectoris profundus
 Cb Coracobrachialis
 Bb Biceps Brachii
 Tb Triceps Brachii
 Fm Fessier moyen
 Ad Adducteur
 Qf Quadriceps fémoral
 Lv long vaste
 Sv Serratus Ventralis
 If Infraspinaus
 Vi Vaste intermédiaire
 Tbl Triceps Brachii (Long)
 Tbla Triceps Brachii (latéral)
 Gm Gluteus medius

Annexe 2

ANNEXE2: DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES DES PROFILS D' ACIDES GRAS (PARTIE 1 EFFET DE LA RACE)

Acide		Alfonso, 2004	
		basque	Large White
myristique	C14:0	1,3	1,27
palmitique	C16:0	24,01	23,69
stéarique	C18:0	13,12	13,56
arachidique	C20:0	0,22	0,23
myristoléique	C14:1		
palmitoléique	C16:1, n-7	2,91	2,58
oléique	C18:1, n-9		
vaccénique	C18:1, n-7	35,8	33,7
eicosénoïque	C20:1	0,76	0,73
linoléique	C18:2, n-6		
linoléiques conjugués	C18:2 conj	7,82	10,06
eicosadiénoïque	C20:2, n-6	1,28	1,71
a-linolénique	C18:3, n-3		
g-linolénique	C18:3, n-6	0,79	0,86
	C20:3	0,08	0,11
arachidonique	C20:4, n-6	2,35	2,34
EPA = eicosapentaénoïque = timnodonique	C20:5, n-3		
	C22:5, n-3		
DHA = docohexaénoïque	C22:6, n-3		
AGS		40,5	40,81
AGMI		44,99	41,78
AGPI		14,52	17,41
Total n-3			
Total n-6			
Rapport n-6 / n-3			

ANNEXE2: DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES DES PROFILS D' ACIDES GRAS (PARTIE 2 EFFET DE L'ALIMENTATION)

Référence		Mourot 2001			Legrand, 2002	Wilfart 2004				Vorin, 2002				Chesneau 2004	
Effectif / Populations		nd			nd	48 / 4				20 / 4				20 / 2	
Type génétique						Lw*L*P				P*(Lw*LR)				nd	
Echantillon						Longissimus dorsi				Longissimus dorsi				nd	
Méthode analyse						chromatographie en phase gazeuse après dérivation au trifluorure de bore (BF3) (Morrisson et Smith, 1964)				chromatographie en phase gazeuse après dérivation au BF3 (Morrisson 1964)				chromatographie en phase gazeuse	
Facteur testé		suif	huile de colza	huile de maïs	huile de lin	huile de coprah	huile de tournesol	huile de colza	graines de lin extrudées	huile de soja	graines lin extrudées	graines lin crues	huile de lin	régime standard	5% de graines de lin extrudées, régime iso-protéique et iso-vitaminique
acides	myristique	C14:0													
	palmitique	C16:0	23,9	24,6	24,5	20,6				26,6	27	26,6	27,6	24,2	23,7
	stéarique	C18:0	11,9	11,6	11,7	11,1				13,8	13,4	13,3	14,1		
	arachidique	C20:0													
	myristoléique	C14:1													
	palmitoléique	C16:1, n-7													
	oléique	C18:1, n-9	44,6	42,8	41,4	26,9				33,8	32,2	32,9	33,5		
	vaccénique	C18:1, n-7													
	eicosénoïque	C20:1													
	linoléique	C18:2, n-6	11,1	11,8	13,8	23,2				14,2	15,4	14,3	13,2		
	linoléiques conjugués	C18:2 conj													
	eicosadiénoïque	C20:2, n-6													
	α-linolénique	C18:3, n-3	0,5	1	0,4	3,9				1	1,5	2	1,4		
	γ-linolénique	C18:3, n-6													
	arachidonique	C20:4, n-6	0,1	0,2	0,2	3,2									
	EPA = eicosapentaénoïque = timnodonique	C20:5, n-3	0,1	0,2	0,1	1,9	0,16	0,15	0,2	0,33	0,3	0,5	0,8	0,5	
	C22:5, n-3	0,1	0,1	0,1	2										
DHA = docohexaénoïque	C22:6, n-3	0,1	0,1	0,1	0,7	0,15	0,13	0,12	0,15	0,1	0,1	0,2	0,1		
AGS						39,3	39,3	39,5	38,3	42	41,8	41,7	43,5	39	37,9
AGMI						42,7	42,3	45,4	45,3	38	36,2	36,9	37,5	43	44
AGPI						18	18,4	15,1	16,4	20	22	21,4	19		
Total n-3		0,8	1,4	0,7	8,5	1,56	1,29	1,69	2,99	16,9	18,2	16,7	15,5	1,5	3,3
Total n-6		11,2	12	14	26,4	16,2	16,9	13,2	13,2	2,6	3,4	4,3	3,1	16,3	14,5
Rapport n-6 / n-3		14	8,6	20	3,1	10,6	13,1	8	4,5	6,6	5,5	4,2	5	10,3	4,4

ANNEXE2: DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES DES PROFILS D' ACIDES GRAS (PARTIE 3 EFFET DU MODE D'ELEVAGE)

Acide		Wavreille, 2002		
		conduite plein air	conduite porcherie	effet
myristique	C14:0	2,3	2,3	
palmitique	C16:0	25,3	25,7	G, S
stéarique	C18:0	11,1	11,8	C, CxG
arachidique	C20:0	0,1	0,1	C, G, S
myristoléique	C14:1	0,9	0,7	C, G
palmitoléique	C16:1, n-7	4,2	4	
oléique	C18:1, n-9	34,3	35,5	
vaccénique	C18:1, n-7	5,5	5,2	S
eicosénoïque	C20:1	0,2	0,2	G
linoléique	C18:2, n-6	11,5	10,2	C, S
linoléiques conjugués	C18:2 conj	0,5	0,6	
eicosadiénoïque	C20:2, n-6	0,3	0,3	S
α-linolénique	C18:3, n-3	0,6	0,6	C, S, GxS
γ-linolénique	C18:3, n-6	0,1	0,1	
arachidonique	C20:4, n-6	2,8	2,4	S
EPA = eicosapentaénoïque = timnodonique	C20:5, n-3	0,3	0,3	S
	C22:5, n-3			
DHA = docohexaénoïque	C22:6, n-3			
AGS		38,8	40	G, S
AGMI		45	45,6	
AGPI		16,2	14,4	C, S
Rapport n-6 / n-3				

Annexe 3

AVIS RELATIF AUX ALLEGATIONS NUTRITIONNELLES

BOCCRF n° 15 du 31 août 1999

Avis de la commission interministérielle d'étude des produits destinés à une alimentation particulière en date du 8 juillet 1998 relatif au caractère non trompeur des seuils des allégations nutritionnelles

NOR : ECOC9910234V

Cet avis permet à l'administration d'apprécier le caractère non trompeur pour le consommateur des seuils utilisés pour établir des allégations nutritionnelles.

L'administration rappelle qu'en ce qui concerne les vitamines et les minéraux, le seuil à prendre en compte pour les liquides doit être de nature à assurer la conformité aux dispositions de l'article 2 de l'arrêté du 3 décembre 1993 portant application du décret n° 93-1130 du 27 septembre 1993 concernant l'étiquetage relatif aux qualités nutritionnelles des denrées alimentaires.

Ces recommandations modifient et remplacent l'avis du 8 octobre 1997 publié au *Bulletin officiel de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes* du 28 février 1998.

Considérant :

La définition des allégations nutritionnelles donnée par la directive du Conseil du 24 septembre 1990 relative à l'étiquetage nutritionnel des denrées alimentaires (90/496/CEE), transposée dans le droit national par le décret n° 93-1130 du 27 septembre 1993 et son arrêté d'application du 3 décembre 1993 ;

La nécessité d'assurer aux consommateurs une bonne compréhension de la signification des valeurs nutritionnelles mentionnées sur les produits ;

La nécessité d'une cohérence entre les Etats ;

La nécessité d'une contribution significative d'un nutriment présent dans un aliment pour faire état d'une teneur réduite ou accrue ;

L'intérêt de définir les seuils de ces allégations nutritionnelles par rapport à la densité nutritionnelle afin de fournir une information au consommateur lui permettant de comparer plus aisément la composition nutritionnelle des denrées ;

L'intérêt de dispositions particulières pour l'information des personnes qui souhaitent une réduction de leurs apports en graisses et/ou en sel ;

La CEDAP est d'avis que :

1° Les valeurs limites retenues pour toute allégation nutritionnelle soient exprimées préférentiellement par rapport à l'énergie.

2° Les allégations relatives à la valeur calorique ou à la teneur en éléments nutritifs considérées comme non trompeuses pour le consommateur, en tenant compte des travaux du *Codex Alimentarius*, sont précisées ci-après :

a) Allégations comparatives :

« Teneur accrue en » : si la teneur du nutriment en question est augmentée d'au moins 25 % en poids par rapport au produit de référence, sous réserve que cette teneur permette d'atteindre au moins 5 %/100 kcal des valeurs nutritionnelles de référence pour l'étiquetage ;

« Teneur réduite en » : si la teneur du nutriment en question est diminuée d'au moins 25 % en poids par rapport au produit de référence ;

« Teneur réduite en graisses » : si la teneur du produit en graisses est diminuée de sorte à réduire de 50 % l'énergie provenant des lipides par rapport au produit de référence sans préjudice des dispositions réglementaires spécifiques en vigueur en matière de définition de produits ;

« A teneur réduite en sodium » : si la teneur du produit en sodium est diminuée d'au moins 50 % en poids par rapport au produit de référence ;

b) Allégations relatives à la valeur calorique ou à la teneur en élément nutritifs :

COMPOSANT	ALLÉGATION	CONDITIONS
Energie.	Pauvre ou faible.	≤ 40 kcal (170 kJ)/100 g (solides) ou ≤ 20 kcal (80 kJ)/100 ml (liquides).
	Exempt.	≤ 4 kcal/100 ml (liquides).
Graisses.	Pauvre ou faible.	≤ 3 g/100 g (solides), ≤ 1,5 g/100 ml (liquides) ou ≤ 2 g/100 kcal.
	Exempt.	≤ 0,5 g/100 g ≤ 0,5 g/100 ml.
Graisses saturées.	Pauvre ou faible.	≤ 1,5 g/100 g (solides), ≤ 0,75 g par 100 ml (liquides) et 10 % d'énergie ou ≤ 1 g/100 kcal provenant de ces graisses saturées. (Pour l'allégation « à faible teneur en graisses saturées », les acides gras trans doivent être pris en compte.)
	Exempt.	≤ 0,1 g/100 g (solides), ≤ 0,1 g/100 ml (liquides).
Cholestérol.	Pauvre ou faible.	≤ 20 mg/100 g (solides), ≤ 10 mg/100 ml (liquides).
	Exempt.	≤ 5 mg/100 g (solides), ≤ 5 mg/100 ml (liquides) et pour les deux allégations, moins de : 1,5 g de graisses saturées par 100 g (solides), 0,75 g de graisses saturées par 100 ml (liquides) et 10 % d'énergie ou ≤ 1g/100 kcal provenant des acides gras saturés. (Pour ces deux allégations, les acides gras trans doivent le cas échéant être pris en compte.)
Sucres.	Exempt.	≤ 0,5 g/100 g (solides), ≤ 0,5 g/100 ml (liquides).
Sodium (à l'exclusion des eaux embouteillées).	Pauvre ou faible.	≤ 120 mg/100 g/100 ml ou ≤ 200 mg/100 kcal.
	Très faible.	≤ 40 mg/100 g/100 ml.
	Exempt.	≤ 5 mg/100 g/100 ml.
Fibres.	Source.	≥ 3 g/100 g ou ≥ 1,5 g/100 kcal.
	Riche.	≥ 6 g/100 g ou ≥ 3 g/100 kcal.
Protéines.	Source.	≥ 10 % des VNR/100 g (solides), ≥ 5 % des VNR/100 ml (liquides) ou ≥ 5 % des VNR/100 kcal.
	Riche.	≥ 20 % des VNR/100 g (solides), ≥ 10 % des VNR/100 ml (liquides) ou ≥ 10 % des VNR/100 kcal.
Vitamines et minéraux.	Source.	≥ 15 % des VNR/100 g (solides), ≥ 7,5 % des VNR/100 ml (liquides) ou 5 % des VNR/100 kcal.
	Riche.	≥ 2 fois la valeur de « source ».

A N N E X E
**Valeurs nutritionnelles de référence
pour l'étiquetage (VNR)**

1. *Vitamines et minéraux : données figurant à l'annexe de l'arrêté du 3 décembre 1993 portant application du décret n° 93-1130 du 27 septembre 1993 concernant l'étiquetage relatif aux qualités nutritionnelles des denrées alimentaires*

Vitamines et sels minéraux pouvant être déclarés et apport journalier recommandé (AJR) :

Vitamines A (µg) : 800 ;

Vitamine D(µg) : 5 ;

Vitamine E (mg) : 10 ;

Vitamine C (mg) : 60 ;

Thiamine (mg) : 1,4 ;

Riboflavine (mg) : 1,6 ;

Niacine (mg) : 18 ;

Vitamine B6 (mg) : 2 ;

Folacine (µg) : 200 ;

Vitamine B12 (µg) : 1 ;

Biotine (mg) : 0,15 ;

Acide pantothénique (mg) : 6 ;

Calcium (mg) : 800 ;

Phosphore (mg) : 800 ;

Fer (mg) : 14 ;

Magnésium (mg) : 300 ;

Zinc (mg) : 15 ;

Iode (µg) : 150.

2. *Protéines*

Pour les protéines, sera considéré comme valeur nutritionnelle de référence pour l'étiquetage l'apport de référence pour une population précisé dans le rapport du 11 décembre 1992 du comité scientifique de l'alimentation sur les substances nutritives et consommation énergétique pour la Communauté européenne : 50 g par jour.