

Cv 8404

L'EFFET HAMPSHIRE SUR LES QUALITÉS TECHNOLOGIQUES DE LA VIANDE DE PORC

G. MONIN (1), J. GRUAND (2), Dominique LABORDE (3), P. SELLIER (4)

(1) I.N.R.A. - Station de Recherches sur la Viande - Theix - 63122 CEYRAT

(2) I.N.R.A. - Station Expérimentale de Sélection Porcine - 86480 ROUILLE

(3) C.E.M.A.G.R.E.F. - Division Technologie de la Viande - 63200 RIOM

(4) I.N.R.A. - Station de Génétique Quantitative et Appliquée - 78350 JOUY-EN-JOSAS

Avec la collaboration technique de P. VERNIN, R. DAUZAT, J.F. GARDETTE, P. DANDO

INTRODUCTION

Dans la dernière décennie, la race Hampshire a connu une certaine faveur comme composante de la lignée mâle du croisement terminal. Toutefois, cette race a simultanément acquis la réputation de donner des viandes pâles, à bas pH ultime et à tendance exsudative : cette réputation a d'ailleurs été confirmée à plusieurs reprises sur des produits de croisement à base de Hampshire dans le programme I.N.R.A. d'évaluation de lignées mâles porcines (SELLIER et JACQUET, 1973 ; SELLIER, 1975, 1981). Un point particulièrement intéressant est que la médiocrité des aptitudes technologiques de la viande de Hampshire ne peut être imputée à la sensibilité à l'halothane, comme c'est le cas dans d'autres races, le Piétrain par exemple. En outre, l'hypothèse a été faite que le déterminisme héréditaire du caractère exsudatif serait, chez le Hampshire, de nature polygénique additive, alors que la prédisposition à donner une viande exsudative serait monogénique récessive lorsqu'elle provient de la sensibilité à l'halothane (SELLIER, 1982). Il nous est donc apparu intéressant de comparer les caractéristiques de la viande de porcs de race pure Hampshire à celles de viandes exsudatives de porcs Piétrain sensibles à l'halothane, ainsi qu'à celles des viandes de porcs Large White et de porcs Piétrain non-sensibles à l'halothane. L'expérience rapportée ici est une première étape des investigations entreprises pour mieux comprendre les mécanismes responsables du caractère pâle et exsudatif de la viande dans la race Hampshire.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

– Animaux, engraissement et abattage

L'expérience a utilisé un total de 129 porcs dont les caractéristiques (type génétique, sexe, poids d'abattage) sont rapportées dans le tableau 1. Les animaux, achetés dans des élevages privés** ou provenant du troupeau Piétrain de l'I.N.R.A. (Avord, Cher), entraient pour engraissement à la Station Expérimentale de Sélection Porcine de l'I.N.R.A. (Rouillé, Vienne) à un poids voisin de 25-30 kg. Ils étaient alors soumis au test à l'halothane puis engraisés en alimentation à volonté, par loges de 9 à 12 porcs de même race dans un bâtiment de semi-plein air.

** Nous remercions Monsieur THEVENET pour la fourniture d'animaux Piétrain et les responsables des schémas de sélection France-Hybrides et Selpa pour la fourniture des animaux Hampshire.

TABLEAU 1
CARACTÉRISTIQUES DU MATÉRIEL ANIMAL

Type génétique	Effectif par sexe (1)		Effectif total (1)	Poids d'abattage (± écart-type) (kg)
	Femelles	Mâles castrés		
Large White	26 (9)	21 (6)	47 (15)	111 (± 6)
Piétrain (-) (2)	12 (7)	8 (4)	20 (11)	99 (± 4)
Piétrain (+) (2)	14 (6)	13 (7)	27 (13)	99 (± 4)
Hampshire	22 (10)	13 (7)	35 (17)	100 (± 6)
Total	74 (32)	55 (24)	129 (56)	103 (± 8)

(1) : les effectifs de porcs soumis aux mesures de pH₁ (3 séries d'abattage) sont donnés entre parenthèses.

(2) : (-) non-sensibles à l'halothane ; (+) sensibles à l'halothane

Les animaux étaient abattus aux Etablissements SOCOPA-ARCHAIMBAULT (Celle-sur-Belle, Deux-Sèvres) en 6 séries de 16 à 25 porcs, avec les quatre types génétiques représentés dans chaque série. Ils étaient mis à jeûn le mardi après-midi et transportés à l'abattoir (à une quarantaine de kilomètres de l'élevage), le mercredi matin. Dès leur arrivée, les porcs étaient abattus par électronarcose et saignée, tous types génétiques mêlés, puis après les opérations classiques d'habilité, les carcasses étaient placées en chambre froide (température d'environ + 7 °C).

– Prélèvements et mesures

Pour 56 porcs, une heure en moyenne après la saignée, un prélèvement était effectué sur la demi-carcasse droite, dans le muscle *Longissimus dorsi* au niveau de la deuxième vertèbre lombaire, aux fins de mesure du pH et de détermination de divers composés glycolytiques. Le lendemain, sur l'ensemble des 129 porcs, la demi-carcasse droite était découpée selon la méthode parisienne normalisée et diverses caractéristiques physicochimiques mesurées.

Puis la longe et le jambon étaient transférés à Theix, par camion frigorifique, pour de nouvelles mesures et pour transformation du jambon en « jambon de Paris ».

On effectuait les mesures et déterminations suivantes :

- Sur les prélèvements effectués, sur 56 animaux, le jour de l'abattage, pH après broyage dans l'iodoacétate 0,005 M (pH₁), et dosage du glycogène (GIRE, 1976), de l'acide lactique, du glucose-6-phosphate et du glucose (BERGMEYER, 1974).
- Sur la longe et le jambon des 129 animaux, le lendemain de l'abattage :
- pH sur les muscles *Longissimus dorsi* (LD), *Adductor femoris* (AF), *Biceps femoris* (BF), *Gluteus superficialis* (GS), *Gluteus profundus* (GP) (pH₂₄),
- Temps d'imbibition (CHARPENTIER *et al.*, 1971) sur les muscles *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris*, *Gluteus superficialis*,
- Réflectance sur les muscles *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris*, *Gluteus superficialis*, *Gluteus profundus* avec le réflectomètre de VALIN-DAVID (longueur d'onde utilisée : 630 nm),
- Diffusion lumineuse, avec l'appareil à fibre optique de MAC DOUGALL et JONES (1975) sur les muscles *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris*, *Adductor femoris*, *Semi membranousus* (SM).

Le jambon était transformé en jambon de Paris grâce aux opérations suivantes : découpage et parage, injection par 12 % de son poids d'une saumure à 15 % de sel nitrité, moulage et cuisson à 68 °C à cœur. Les rendements suivants étaient déterminés :

$$\text{Rendement anatomique (RA)} : \frac{\text{poids du jambon paré désossé}}{\text{poids du jambon entier}} \times 100$$

$$\text{Rendement de cuisson (RC)} : \frac{\text{poids du jambon cuit}}{\text{poids du jambon saumuré}} \times 100$$

$$\text{Rendement technologique (RT)} : \frac{\text{poids du jambon cuit}}{\text{poids du jambon paré désossé}} \times 100$$

$$\text{Rendement final (RF)} : \frac{\text{poids du jambon cuit}}{\text{poids du jambon entier}} \times 100 = \text{RT} \times \text{RA}$$

– Analyse statistique

Les moyennes des quatre types génétiques ont été déterminées pour l'ensemble des variables par la méthode des moindres carrés, appliquée à un modèle incluant les effets fixés suivants : type génétique (quatre niveaux), sexe (deux niveaux), date d'abattage (six niveaux), interactions type génétique \times sexe et type génétique \times date d'abattage, régression linéaire sur le poids d'abattage (et sur le temps séparant la saignée et la mesure pour le pH₁). La signification des différences entre types génétiques pris deux à deux a été établie à l'aide d'un test t.

RÉSULTATS

Nous n'avons observé aucune réaction positive à l'halothane chez les porcs Large White et Hampshire. Un peu plus de la moitié des porcs Piétrain s'est révélée sensible ; nous appellerons « positifs » les animaux sensibles à l'halothane, et « négatifs » les non-sensibles.

On peut apprécier le « potentiel glycolytique » du muscle par la somme des taux de glycogène, glucose-6-phosphate, glucose et acide lactique (MONIN *et al.*, 1981). Ce potentiel est particulièrement élevé chez le Hampshire, où il atteint presque le double de celui mesuré chez le Large White (tableau 3) ; le Piétrain présente, pour ce caractère, des valeurs intermédiaires, sans qu'il y ait d'effet du type de réaction à l'halothane.

TABLEAU 2

CARACTÉRISTIQUES DE QUALITÉ TECHNOLOGIQUE DE LA VIANDE FRAICHE : ANALYSE DE VARIANCE

Variable	Type génétique (TG)	Sexe (S)	TG \times S	Date d'abattage (D)	TG \times D	Régression sur poids d'abattage	Ecart-type résiduel (100 dl)
Potentiel glycolytique	***	NS	§	NS	NS	NS	17 (27 dl)
pH ₁ LD (1)	***	NS	NS	***	NS	NS	0,28 (39 dl)
pH ₂₄ LD (1)	***	NS	*	***	*	NS	0,08
AF	***	*	NS	**	§	NS	0,16
BF	***	§	NS	***	NS	§	0,10
GS	***	*	NS	***	NS	NS	0,18
GP	***	**	NS	***	NS	NS	0,18
Réflectance LD	***	NS	NS	*	NS	NS	50
BF	***	**	*	§	**	NS	35
GS	***	NS	NS	*	NS	NS	50
GP	***	NS	NS	**	*	NS	32
Indice « bicolore » (2)	***	NS	NS	*	*	NS	51
Imbibition LD	***	NS	NS	§	NS	§	4,5
BF	***	NS	NS	**	NS	*	5,2
GS	***	NS	NS	*	NS	**	4,7
Diffusion lumière (3)	***	NS	*	***	NS	NS	6,9

NS P < 0,10 < 0,05 ** P < 0,01 *** P < 0,001

(1) pH₁ : pH mesuré le jour de l'abattage ; pH₂₄ : pH mesuré le lendemain de l'abattage

(2) Indice « bicolore » : différence entre les valeurs de réflectance mesurées sur les *Gluteus profundus* et *Gluteus superficialis*

(3) Moyenne des valeurs obtenues avec l'appareil à fibre optique sur les quatre muscles LD, BF, AF, SM

Il existe de fortes différences entre types génétiques, tant pour les critères de qualité technologique appréciés sur la viande fraîche que pour les caractéristiques de transformation (tableaux 2 à 5). Les porcs Piétrain positifs montrent une chute de pH *post mortem* très rapide et

diffèrent significativement ($P < 0,001$) des trois autres types génétiques pour le pH_1 ; il n'y a pas, pour ce caractère, de différence entre le Large White et le Hampshire. Le lendemain de l'abattage, les pH ultimes des différents muscles varient grandement selon le type génétique : d'une façon générale, le Large White présente les plus élevés et le Hampshire les plus faibles. Il y a peu de différences de ce point de vue entre les deux types de Piétrain ; notons toutefois que les positifs manifestent un pH_{24} significativement plus faible dans le *Longissimus dorsi* ($P < 0,05$).

TABLEAU 3
CARACTÉRISTIQUES DE QUALITÉ TECHNOLOGIQUE DE LA VIANDE FRAICHE :
MOYENNE \pm ERREUR STANDARD POUR LES DIFFÉRENTS TYPES GÉNÉTIQUES

Variable	Large White	Piétrain (-)	Piétrain (+)	Hampshire
Potentiel glycolytique (μ mole/g) (1)	68 \pm 9 ^a	79 \pm 8 ^a	80 \pm 7 ^a	115 \pm 5 ^b
pH_1 LD	6,39 \pm 0,12 ^a	6,08 \pm 0,10 ^b	5,56 \pm 0,09 ^c	6,36 \pm 0,09 ^a
pH_{24} LD	5,53 \pm 0,02 ^a	5,45 \pm 0,02 ^b	5,41 \pm 0,02 ^c	5,40 \pm 0,01 ^c
AF	5,75 \pm 0,03 ^a	5,65 \pm 0,04 ^a	5,74 \pm 0,03 ^a	5,45 \pm 0,03 ^b
BF	5,61 \pm 0,02 ^a	5,49 \pm 0,02 ^b	5,54 \pm 0,02 ^b	5,36 \pm 0,02 ^c
GS	5,81 \pm 0,04 ^a	5,66 \pm 0,05 ^b	5,66 \pm 0,04 ^b	5,44 \pm 0,04 ^c
GP	6,06 \pm 0,04 ^a	5,93 \pm 0,05 ^{ab}	5,87 \pm 0,04 ^b	5,69 \pm 0,04 ^c
Réflectance LD	309 \pm 11 ^a	315 \pm 13 ^a	412 \pm 11 ^c	346 \pm 10 ^b
BF	353 \pm 7 ^b	314 \pm 9 ^a	375 \pm 8 ^{bc}	376 \pm 7 ^c
GS	342 \pm 10 ^a	330 \pm 13 ^a	417 \pm 11 ^c	389 \pm 10 ^b
GP	304 \pm 7 ^b	278 \pm 8 ^a	290 \pm 7 ^{ab}	325 \pm 6 ^c
Indice « bicoloré »	38 \pm 11 ^a	52 \pm 13 ^a	127 \pm 11 ^b	64 \pm 10 ^a
Imbibition LD	14,9 \pm 0,9 ^a	12,3 \pm 1,1 ^a	4,2 \pm 1,0 ^b	14,0 \pm 0,9 ^a
BF	18,1 \pm 1,1 ^a	11,8 \pm 1,3 ^b	6,2 \pm 1,1 ^c	13,3 \pm 1,0 ^b
GS	18,3 \pm 1,0 ^a	11,9 \pm 1,2 ^b	7,2 \pm 1,0 ^c	12,1 \pm 0,9 ^b
Diffusion lumière	37,4 \pm 1,4 ^a	35,5 \pm 1,7 ^a	44,1 \pm 1,5 ^b	47,0 \pm 1,4 ^b

Les valeurs affectées d'indices différents sont significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %.
(1) Sur 40 animaux dont 10 Large White, 7 Piétrain (-), 9 Piétrain (+) et 14 Hampshire.

Les porcs Piétrain négatifs possèdent les muscles les plus colorés, tandis que les porcs Piétrain positifs ont les plus pâles, sauf pour le *Gluteus profundus*, muscle très rouge situé dans la partie profonde du jambon. Les porcs Large White ont généralement des valeurs de réflectance proches de celles des porcs Piétrain négatifs, tandis que les porcs Hampshire présentent des valeurs intermédiaires. La différence de réflectance entre les deux *Gluteus*, qui constitue un indicateur du caractère « bicoloré » du jambon, est particulièrement élevée chez le Piétrain positif.

Le temps d'imbibition, lié inversement à l'intensité du caractère exsudatif de la viande, est le plus faible chez le Piétrain positif et le plus élevé chez le Large White, quel que soit le muscle considéré. Il présente des valeurs intermédiaires chez le Piétrain négatif et le Hampshire. Enfin, la diffusion lumineuse, qui diminue avec la dénaturation des protéines musculaires, est nettement plus intense chez le Piétrain négatif et le Large White que chez les deux autres types de porcs.

Comme l'on peut s'y attendre, les porcs Piétrain, et surtout les positifs, ont des jambons plus lourds que les porcs des autres races (tableau 5). Ils présentent également un avantage pour le rendement anatomique, lors de la préparation du jambon en vue de sa transformation. Les résultats relatifs aux rendements de cuisson et technologique sont un peu surprenants : le Piétrain négatif se révèle le meilleur de ce point de vue, sans être toutefois significativement supérieur au Large White. Ces rendements sont particulièrement faibles chez le Hampshire. En définitive, ce sont les porcs Piétrain qui présentent, nettement, le meilleur rendement final : en effet, chez les animaux positifs de cette race, la supériorité affirmée du rendement anatomique fait plus que compenser la faiblesse du rendement technologique. Cela se traduit par un net avantage des porcs Piétrain, surtout les positifs, sur les deux autres types génétiques, en termes de poids de jambon cuit produit par porc ; pour ce caractère, le Hampshire et le Large White se retrouvent à égalité, malgré le poids de jambon frais et le rendement anatomique supérieurs du Hampshire.

Il y a peu de différences significatives entre sexes pour les diverses caractéristiques de qualité mesurées (tableaux 2 à 5). Les mâles castrés donnent des jambons de couleur significati-

TABLEAU 4
CARACTÉRISTIQUES DE TRANSFORMATION DU JAMBON : ANALYSE DE VARIANCE

Variable	Type génétique (TG)	Sexe (S)	TG × S	Date d'abattage (D)	TG × D	Régression sur poids d'abattage	Ecart-type résiduel (100 dl)
Poids du jambon frais (kg)	**	*	NS	**	§	***	0,57
Poids du jambon paré désossé (kg)	***	**	NS	NS	NS	***	0,68
Rendement anatomique (%)	***	***	NS	NS	NS	NS	3,9
cuisson (%)	***	NS	*	**	NS	NS	2,8
technologique (%)	**	NS	*	**	NS	NS	3,3
final (%)	***	*	NS	*	NS	NS	3,4
Poids de jambon cuit (kg)	***	**	NS	NS	NS	***	0,53

TABLEAU 5
CARACTÉRISTIQUES DE TRANSFORMATION DU JAMBON : MOYENNE ± ERREUR STANDARD POUR LES DIFFÉRENTS TYPES GÉNÉTIQUES

Variables	Large White	Piétrain (-)	Piétrain (+)	Hampshire
Poids du jambon frais (kg)	8,90 ± 0,12 ^a	9,23 ± 0,14 ^a	9,61 ± 0,12 ^b	9,21 ± 0,11 ^a
Poids du jambon paré désossé (kg)	5,73 ± 0,14 ^a	6,09 ± 0,17 ^a	6,77 ± 0,15 ^b	6,00 ± 0,13 ^a
Rendement anatomique (%)	64,3 ± 0,8 ^a	65,8 ± 1,0	70,4 ± 0,8	65,1 ± 0,8 ^a
cuisson (%)	72,3 ± 0,6 ^{ab}	74,1 ± 0,7 ^a	72,1 ± 0,6 ^b	70,6 ± 0,5 ^c
technologique (%)	82,7 ± 0,7 ^{ab}	84,7 ± 0,8 ^a	81,5 ± 0,7 ^b	81,2 ± 0,7 ^b
final (%)	53,2 ± 0,7 ^a	55,6 ± 0,9 ^b	57,3 ± 0,7 ^b	52,8 ± 0,7 ^a
Poids du jambon cuit (kg)	4,74 ± 0,11 ^a	5,14 ± 0,13 ^b	5,51 ± 0,11 ^c	4,87 ± 0,11 ^{ab}

vement plus pâle ($P < 0,01$ pour le muscle BF), malgré un pH significativement plus élevé ($P < 0,01$ pour le muscle GP, $P < 0,05$ pour les muscles AF et GS). Une interaction significative entre le sexe et le type génétique est trouvée pour plusieurs variables, dont le rendement technologique, le rendement de cuisson et le pH ultime du muscle LD : dans tous les cas, l'interaction traduit le fait que les différences de qualité de viande entre types génétiques, et en particulier l'infériorité du Hampshire, sont plus marquées chez les femelles que chez les mâles castrés. Ainsi pour le rendement technologique, l'avantage du Large White sur le Hampshire est minime chez les mâles castrés (83,0 contre 83,5 p. cent, différence non significative) alors qu'il est de 4 points (82,4 contre 78,9 p. cent) chez les femelles. L'influence du poids d'abattage sur la qualité de viande est non significative, sauf pour les temps d'imbibition des muscles du jambon. Par contre, la date d'abattage affecte très nettement la plupart des caractéristiques étudiées, notamment les mesures de pH et de diffusion lumineuse ($P < 0,001$).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Schématiquement, il est possible de diviser les animaux de cette étude en deux groupes d'après les qualités technologiques de leur viande : d'une part les porcs Large White et Piétrain négatifs, d'autre part les porcs Hampshire et Piétrain positifs. Ces derniers souffrent d'insuffisances au niveau de caractéristiques diverses : couleur (Piétrain positifs et Hampshire), pouvoir de rétention d'eau (Piétrain positifs), rendement technologique de fabrication du jambon de Paris (Hampshire et Piétrain positifs). Cependant, il apparaît que les mécanismes responsables de ces insuffisances diffèrent notablement entre ces deux types génétiques.

La médiocrité des porcs Piétrain positifs résulte d'une chute rapide du pH *post mortem*, phénomène bien connu chez ce type d'animaux (EIKELENBOOM et MINKEMA, 1974). Il s'ensuit une dénaturation des protéines musculaires, responsable d'un affaiblissement de la couleur, d'une diminution drastique du pouvoir de rétention d'eau et, dans une moindre mesure, du rendement technologique de transformation du jambon. Chez le Hampshire, la chute du pH a lieu à une vitesse tout à fait normale, comparable à celle observée chez le Large White, animal classiquement considéré comme le type même du porc à chute de pH lente. Il faut voir la cause de la faiblesse du rendement technologique de transformation dans le pH ultime très bas des muscles du jambon. L'existence d'une relation relativement étroite (r de l'ordre de 0,7) entre pH ultime du jambon et rendement technologique est bien établie (JACQUET et OLLIVIER, 1971). Le bas pH ultime des muscles des porcs Hampshire résulte très probablement d'un « potentiel glycolytique » très élevé, qu'autorise une glycogénolyse prolongée, car on peut penser que ce fort « potentiel », démontré ici sur le *Longissimus dorsi*, existe également dans les muscles du jambon. SAYRE *et al.*, (1963) avaient déjà observé un taux de glycogène - composé qui constitue de loin la plus grande part du « potentiel glycolytique » - nettement plus élevé chez le Hampshire que chez d'autres races américaines ; cependant cette caractéristique n'était pas associée à des valeurs très faibles du pH ultime, telles que nous les rapportons ici. Il est vrai que ces auteurs travaillaient seulement sur le *Longissimus dorsi*, pour lequel nous n'obtenons que de légères différences entre types génétiques, probablement du fait que dans tous les types génétiques le pH ultime de ce muscle est très bas, proche de la limite inférieure que ce caractère peut atteindre. Il est intéressant de noter que l'effet du pH ultime est beaucoup plus marqué sur le rendement technologique que sur les caractéristiques de qualité de la viande fraîche (couleur ou temps d'imbibition), ces dernières paraissant à l'inverse plus sensibles que le rendement à l'influence de la vitesse de chute du pH.

Nous observons donc, dans cette expérience, deux types de viandes à bas rendement technologique, avec des caractéristiques bien différentes. Les viandes des porcs Hampshire ne sont pas à proprement parler des viandes exsudatives, puisqu'elles possèdent un pouvoir de rétention d'eau, mesuré sur la viande fraîche, proche de celui des viandes « normales » des porcs Large White ; elles sont par contre anormalement pâles. Les viandes des porcs Piétrain positifs sont, quant à elles, typiquement « pâles et exsudatives », c'est-à-dire PSE (pale soft exudative) selon la terminologie anglo-saxonne maintenant universellement adoptée. Nous proposons donc de conserver la dénomination « PSE » pour les viandes dont la couleur pâle et le mauvais rendement technologique résultent principalement d'une vitesse rapide de chute du pH, et d'appeler « viandes de type Hampshire » celles dont les insuffisances proviennent seulement d'un pH ultime très faible.

Quant à l'« anomalie » des porcs Hampshire, à savoir le « potentiel glycolytique » extrêmement élevé du muscle (dû probablement à un fort taux de glycogène musculaire chez l'animal vivant), il n'est pas surprenant a priori qu'elle soit transmise de manière additive. Elle pourrait en effet avoir un déterminisme polygénique, puisque la régulation du taux de glycogène musculaire fait intervenir un ensemble complexe de réactions enzymatiques contrôlées par plusieurs hormones.

BIBLIOGRAPHIE

- BERGMAYER H.O., 1974. Methods of enzymatic analysis, Academic Press, New York.
- CHARPENTIER J., MONIN G., OLLIVIER L., 1971. 2nd Int. Symp. Condition and Meat Quality of Pigs, Pudoc, Wageningen, 255-260.
- EIKELENBOOM G., MINKEMA D., 1974. Tijdschr. Diergeneesk., **99**, 421-426.
- GIRE P., 1976. Thèse Docteur Université, Université CLERMONT II, 157 p.
- JACQUET B., OLLIVIER L., 1971. Journées Rech. Porcine en France, **3**, 23-33.
- MAC DOUGALL D.B., JONES S.J., 1975. 21st European Meeting Meat Research Workers, Berne, 113-115.
- MONIN G., SELIER P., OLLIVIER L., GOUTEFONGEA R., GIRARD J.P., 1981. Meat Sci., **5**, 413-424.
- SAYRE R.N., BRISKEY E.J., HOEKSTRA W.G., 1963. J. Anim. Sci., **22**, 1012-1020.
- SELIER P., 1975. Journées Rech. Porcine en France, **7**, 253-258.
- SELIER P., 1981. Journées Rech. Porcine en France, **13**, 299-306.
- SELIER P., 1982. Journées Rech. Porcine en France, **14**, 159-182.
- SELIER P., JACQUET B., 1973. Journées Rech. Porcine en France, **5**, 173-180.