

Influence des conditions d'élevage sur les performances de croissance du porc et la qualité des viandes

2. Caractéristiques du muscle et du tissu adipeux et qualités technologiques et organoleptiques du jambon sel-sec

Bénédicte LEBRET (1), P. MASSABIE (2), H. JUIN (3), J. MOUROT (1), Nathalie CLOCHEFERT (1), A. MOUNIER (1), P. CHEVILLON (4), M. BOUYSSIÈRE (4), M. LE DENMAT (4)

(1) I.N.R.A., Station de Recherches Porcines - 35590 Saint-Gilles

(2) I.T.P., Station Expérimentale - Les Cabrières, 12200 Villefranche de Rouergue

(3) I.N.R.A., Domaine du Magneraud - 17700 Surgères

(4) I.T.P., Pôle Techniques d'Élevage - BP3, 35651 Le Rheu Cedex

Influence des conditions d'élevage sur les performances de croissance du porc et la qualité des viandes. 2. Caractéristiques du muscle et du tissu adipeux et qualités technologiques et organoleptiques du jambon sel-sec

L'influence de l'élevage de porcs en semi plein air (hiver et été) par rapport à l'élevage en bâtiment fermé à 17°C ou 24°C, ainsi que l'effet du niveau alimentaire à 17°C, sont étudiés sur les caractéristiques des tissus musculaires et adipeux, et la qualité technologique et organoleptique du jambon sel-sec.

Les pourcentages et surfaces des fibres de type I, IIA, IIBR et IIBW ont été déterminés sur les muscles Long dorsal (LD, blanc) et Semispinalis capitis (SC, rouge). Par rapport à l'élevage à volonté à 17°C, ces résultats montrent que l'élevage en semi plein air d'hiver ainsi que la restriction à 17°C augmentent la capacité oxydative du LD, et diminuent la capacité glycolytique du LD et du SC. La teneur en lipides du muscle Semimembraneux est augmentée par le semi plein air d'été. Le semi plein air d'hiver comme la restriction à 17°C conduisent à une bardière peu ferme, le semi plein air d'été produisant les gras les plus durs (car les plus riches en acide stéarique) mais aussi les plus insaturés.

Les pertes en transformation du jambon sel-sec sont plus importantes pour les animaux élevés à volonté à 17°C. La diminution de la température d'élevage accentue le phénomène bicolore, et donne une viande plus claire pour les animaux nourris à volonté ou en semi plein air d'hiver. La restriction alimentaire diminue l'intensité du persillé. Ainsi, les conditions d'élevage des animaux présentées ici influencent l'aspect du jambon sel-sec, mais ne modifient pas l'appréciation de la texture et de la flaveur des jambons par le jury de dégustation.

Influence of housing conditions on performance and meat quality in pigs. 2. Characteristics of muscular and adipose tissues, and technological and sensory properties of dry-salted ham

The aim of this study was to investigate the effects of an outdoor pig production system (winter and summer) compared to a classical indoor system and, for indoor system, the influence of ambient temperature and feeding level (17°C ad libitum, 17°C restricted, 24°C ad libitum), on muscular and adipose tissue traits, and technological and sensory properties of dry-salted ham.

Percentage and surface of type I, IIA, IIBR and IIBW muscular fibres of Longissimus dorsi (LD, white) and Semispinalis capitis (SC, red) muscles were determined. Compared to pigs reared ad libitum at 17°C, pigs reared outdoor (winter) or restricted at 17°C exhibited a higher oxydative capacity in LD, and a lower glycolytic capacity in LD and in SC. Summer outdoor system led to a higher lipid content in Semimembranosus muscle. Firmness of external adipose tissue was reduced by winter outdoor system and feed restriction at 17°C, whereas summer outdoor system led to the higher firmness (due to the higher stearic acid percentage), but also to the higher coefficient of unsaturation of adipose tissue.

Weight loss during processing of dry-salted hams was higher for pigs reared ad libitum at 17°C. Sensory analyses showed that lower ambient temperature increased bi-color appearance, and reduced intensity of meat colour for animals fed ad libitum or reared outdoor (winter). Feed restriction resulted in lower marbling of muscle. Thus, pig production systems performed in this study influenced the aspect of ham, but seemed to have no effect on the evaluation of texture or flavor by the test panel.

INTRODUCTION

Dans un premier article, MASSABIE et al. (1998) présentent les résultats d'une étude portant sur l'influence de l'élevage en semi plein air, de la température ambiante et de la restriction alimentaire, sur les performances de croissance du porc et la qualité des carcasses.

Ce deuxième article décrit l'effet de ces différentes conditions d'élevage sur les caractéristiques du muscle et du tissu adipeux, et les qualités technologiques et organoleptiques des jambons sel-sec.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Animaux

Le schéma expérimental est décrit par MASSABIE et al. (1998). Brièvement, cinq lots de 24 mâles castrés et 24 femelles de type génétique P76 x (Large White x Landrace), ont été constitués :

- lot 1 : 17°C ad libitum
- lot 2 : 17°C rationné (niveau alimentaire du lot 3, soit une restriction de 8% par rapport au lot 1).
- lot 3 : 24°C ad libitum
- lot 4 : semi plein air d'hiver, ad libitum
- lot 5 : semi plein air d'été, ad libitum

1.2. Caractéristiques des muscles et du tissu adipeux

Sur 10 animaux (5 MC, 5 F) représentatifs des lots 1 à 4, un échantillon des muscles Long dorsal (LD) (dernière côte) et *Semispinalis capitis* (SC) ont été prélevés dans l'heure suivant l'abattage, congelés immédiatement et conservés à -80°C. Les types contractile (I, IIA, IIB) et métabolique (R, W) des fibres ont été déterminés par révélation des activités ATPase et succino-déshydrogénase, respectivement (voir LEFAUCHEUR et VIGNERON, 1986 pour la description de ces méthodes). Les fibres I (lentes rouges), IIA et IIBR (rapides rouges) et IIBW (rapides blanches), ont été ainsi distinguées. Le pourcentage numérique des fibres a été évalué au microscope à projection, sur 1000 fibres par échantillon. Les surfaces et le coefficient de variation de surface des fibres ont été déterminés sur 200 fibres environ, par analyse d'images (LEFAUCHEUR et al., 1992).

Sur tous les animaux, des échantillons de bardière et de muscle Semimembraneux (SM) ont été prélevés le lendemain de l'abattage et conservés à -20°C. Leurs teneurs en lipides totaux ont été déterminées selon la méthode de FOLCH et al. (1957). La composition en acides gras des lipides de la bardière a été effectuée par CPG après dérivation au BF3 (MORRISON et SMITH, 1964).

La dureté du gras sous-cutané du jambon (au niveau du long vaste) a été évaluée par pénétrométrie (sonde FFP : Fat Firm Penetrometer), le lendemain de l'abattage.

1.3. Qualité technologique des jambons sel-sec

Le lendemain de l'abattage, le pH 24 heures du Semimembraneux a été mesuré (électrode Ingold, pH mètre KNICK), sur la totalité des animaux.

Quarante jambons, soit 10 jambons (5 MC et 5F) des lots 1 à 4, ont été congelés, puis transformés en jambon sel-sec par une salaison industrielle spécialisée dans ce type de produit. La durée de séchage a été de 11 mois. Les pertes de transformation ont été calculées pour chaque étape, et pour la transformation globale (pertes cumulées après 11 mois de séchage). Après le séchage, le muscle SM de chaque jambon a été prélevé en conservant la couenne et le gras de couverture, mis sous vide et stocké à 4°C jusqu'à la dégustation.

1.4. Analyses sensorielles des jambons

Les analyses sensorielles ont été effectuées par le jury de dégustation de la station INRA du Magneraud, spécialisé dans l'analyse des viandes et préalablement entraîné à la dégustation de jambon sel-sec.

Les tranches de jambon réalisées mécaniquement représentaient l'ensemble de la section du muscle, et avaient une épaisseur d'environ 0.5 mm. A chaque séance, un jambon de chaque traitement était dégusté par l'ensemble des jurés. Les descripteurs utilisés pour l'analyse sensorielle sont présentés dans le tableau 1.

1.5. Analyses statistiques

Les résultats ont été soumis à une analyse de variance et des calculs de corrélations (procédures GLM et REG; SAS, 1989). Le traitement, le sexe et l'interaction traitement*sexe ont été inclus comme effets principaux dans l'analyse de variance. En cas d'effet significatif, une comparaison multiple de moyennes a été effectuée.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Caractéristiques du tissu musculaire

2.1.1. Histologie

Dans le muscle LD, le pourcentage des fibres IIA tend à être plus élevé, et leur surface relative est plus importante pour les lots 2 et 4 comparé aux lots 1 et 3 (tableau 2). Le traitement n'influence pas la surface des fibres. Le coefficient de variation de surface des IIA (indiquant la variabilité de surface intra-animal) est augmenté dans les lots 2 et 4.

La restriction alimentaire à 17°C augmente donc la capacité oxydative et diminue la capacité glycolytique du LD. La variation de température n'a pas d'effet chez les animaux nourris à volonté, mais conduit à un métabolisme plus oxydatif si les besoins alimentaires, supérieurs à 17°C, ne sont pas couverts. La faible différence d'âge à l'abattage entre les lots peut difficilement expliquer ces résultats (durée d'engraissement de 96 et 103 jours pour les lots 1 et 2, respectivement), d'autant que d'après la littérature, une restriction

Tableau 1 - Descripteurs utilisés pour la caractérisation sensorielle du jambon sel-sec.

Composante	Descripteur	Note 1	Note 10
Aspect	Homogénéité de la couleur du maigre Intensité de la couleur du maigre Tenue du muscle Persillé Couleur du gras Croûtage (couronne +/- épaisse et sombre au bord du muscle)	bicolore clair éclaté faible blanc faible	homogène sombre soudé fort jaune - orangé fort
Texture	Tendreté Fibrosité Fiabilité	dure faible faible	tendre élevée élevée
Flaveurs	Gras : intensité de flaveur goût rance Maigre : intensité de flaveur goût salé	faible faible faible faible	forte fort forte fort

Tableau 2 - Caractéristiques histologiques du muscle Long dorsal.
Effets du traitement (T), du sexe (S) et de l'interaction traitement*sexe (T*S)

	Traitement				Sexe		ETR	Effets (1)		
	1	2	3	4	MC	F		T	S	T*S
Fibres %										
I	9,8	10,4	11,0	10,1	9,7	10,9	3,3	ns	ns	ns
IIA	6,9	8,9	6,1	8,4	7,6	7,5	2,4	†	ns	ns
IIBr	10,6	10,3	8,8	11,2	10,7	9,7	4,1	ns	ns	ns
IIBw	72,7	70,4	74,2	70,3	71,9	71,9	3,7	ns	ns	ns
Surface (µm²)										
I	2307	2407	2439	2486	2299	2521	469	ns	ns	ns
IIA	1900	2280	2150	2429	2034	2345	534	ns	†	ns
IIBr	2572	3010	2822	2640	2717	2806	675	ns	ns	ns
IIBw	3612	3768	3790	4022	3444	4152	983	ns	ns	ns
moy.	3236	3556	3441	3528	3117	3663	819	ns	ns	ns
CV surf.(2)										
I	39,8	41,2	37,6	44,7	37,3	44,3	12,7	ns	ns	ns
IIA	42,9 ab	53,0 c	41,2a	51,6 bc	44,3	50,1	11,0	*	ns	ns
IIBr	53,4	50,5	54,5	54,5	52,4	54,0	10,6	ns	ns	ns
IIBw	47,9	53,8	52,4	48,0	51,4	49,7	8,8	ns	ns	ns
SR (%) (3)										
I	7,4	8,1	8,2	6,9	7,1	8,2	2,3	ns	ns	ns
IIA	4,2 a	6,4 b	4,3 a	6,1 b	5,3	5,2	2,0	*	ns	†
IIBr	8,3	10,9	7,0	9,5	9,4	8,5	3,1	†	ns	ns
IIBw	80,6 a	75,6 b	80,1 a	74,6 b	78,3	77,2	3,7	**	ns	*
MC	79,8 ab	74,9 c	83,8 a	74,5 c						
F	81,4 a	76,2 bc	76,5 bc	74,6 c						

(1) *** : p<.001; ** : p<.01; * : p<.05; † : p<.10; ns : non significatif au seuil de 5%.

Sur une ligne, les moyennes affectées d'une lettre différente sont différentes au seuil de 5%.

(2) : Coefficient de variation de la surface des fibres.

(3) : Surface relative des fibres.

alimentaire de 30% en engraissement (LEFAUCHEUR, non publié) ou de 50% chez le porcelet (HARRISON et al., 1993) ne modifie pas la typologie du LD. L'absence d'influence de la température est conforme aux résultats de LEFAUCHEUR et al (1991) qui n'observent pas d'effet d'une variation plus importante de la température (28°C vs 12°C) sur le typage du LD. L'élevage en semi plein air d'hiver augmente la capacité oxydative et diminue la capacité glycolytique du LD lorsque les animaux sont alimentés à volonté. L'activité physique des animaux, l'âge à l'abattage, ainsi que la température moyenne et les variations de température sont des facteurs modifiés par l'élevage en semi plein air par rapport à l'élevage en bâtiment fermé. Selon PETERSEN et al. (1995), une importante surface disponible pour les déplacements de l'animal en élevage orienterait le muscle vers un métabolisme plus oxydatif, ce que confirme nos résultats.

Le type sexuel n'influence pas la typologie du LD, en accord avec LARZUL et al. (1997). Ces auteurs montraient en outre une taille de fibres supérieure chez les femelles, non significative ici.

Dans le muscle SC, le pourcentage des fibres IIBW est plus élevé, et leur surface relative tend à être supérieure pour le lot 1 (tableau 3). Le pourcentage des IIBR tend à être plus élevé dans le lot 4. Le traitement n'influence pas la surface ni le coefficient de variation de surface des fibres. La restriction alimentaire à 17°C, comme l'augmentation de la tempéra-

re ambiante, diminueraient donc le métabolisme glycolytique du muscle SC. Selon HARRISON et al. (1993) une restriction de 50% chez le porcelet entraîne une augmentation du pourcentage de fibres I dans le muscle Rhomboïde (muscle rouge du cou). Ainsi, une diminution du niveau alimentaire augmenterait le métabolisme oxydatif des muscles rouges. Nos résultats concernant l'effet de la température d'élevage vont à l'encontre de ceux de LEFAUCHEUR et al. (1991) et HARRISON et al. (1993) qui observent une augmentation du pourcentage de fibres I dans les muscles Semispinalis capitis et Rhomboïde de porcs élevés au froid. Ceci peut s'expliquer par la plus grande amplitude de température considérée dans ces deux études, respectivement 28°C vs 12°C, et 26°C vs 10°C.

L'élevage en semi plein air ne modifie pas la typologie par rapport à l'élevage en bâtiment à 24°C, mais diminue le pourcentage de fibres blanches par rapport à l'élevage à 17°C. Ceci rejoint nos observations concernant l'effet de la température sur la typologie du SC.

Le pourcentage des fibres I est supérieur chez les femelles par rapport aux mâles castrés, au dépens du pourcentage des IIBW. La surface moyenne et la surface de chaque type de fibres est plus élevée chez les femelles, comme l'observent LARZUL et al (1997) sur le muscle LD. Le coefficient de variation de surface des fibres n'est pas influencé par le type sexuel.

Tableau 3 - Caractéristiques histologiques du muscle Semispinalis capitis

	Traitement				Sexe		ETR	Effets (1)		
	1	2	3	4	MC	F		T	S	T*S
Fibres %										
I	32,7	43,5	40,4	40,9	35,7 a	43,1 b	10,1	ns	*	ns
IIA	25,3	25,6	25,6	24,4	24,8	25,6	4,8	ns	ns	ns
IIBr	2,4	2,9	3,9	7,9	3,4	5,2	4,4	†	ns	ns
IIBw	40,7 b	29,9 a	30,8 a	27,6 a	37,1 c	27,4 d	9,4	*	**	ns
Surface (µm²)										
I	3198	3983	3889	4328	3444 a	4255 b	1019	ns	*	ns
IIA	3064	3647	3812	4032	3202 a	4075 b	1011	ns	*	ns
IIBr	3343	3968	3837	4430	3438 a	4351 b	1085	ns	*	ns
IIBw	3684	4400	4291	4802	3818	4770	1196	ns	†	ns
moy.	3326	3963	3988	4300	3446 a	4343 b	943	ns	**	ns
CV surf.(2)										
I	35,7	30,4	32,4	32,8	35,1	30,6	8,0	ns	ns	ns
IIA	31,9	28,9	27,7	28,6	32,4	26,1	10,1	ns	ns	ns
IIBr	36,8	31,3	34,0	32,8	38,0	29,5	10,1	ns	ns	ns
IIBw	31,4	26,7	32,1	28,4	33,4	25,9	9,2	ns	ns	ns
SR (%) (3)										
I	33,0	44,3	41,1	41,1	36,6	43,3	12,0	ns	ns	ns
IIA	22,2	23,0	25,5	22,2	22,3	24,2	4,8	ns	ns	ns
IIBr	15,5	15,3	13,0	16,0	16,5	13,4	5,2	ns	ns	ns
IIBw	29,3	17,3	20,8	19,1	24,6	18,7	10,9	†	ns	ns

(1), (2), (3), cf tableau 2.

2.1.2. Teneur en lipides

La teneur en lipides du SM ne varie pas significativement entre les lots 1 à 4 (tableau 4). La restriction alimentaire appliquée ici est vraisemblablement trop faible pour observer un effet. D'après la bibliographie, une restriction de 20 à 30% entraînerait une diminution significative de la teneur en lipides du muscle Long dorsal (WOOD, 1985; AFFENTRANGER et al., 1996). L'augmentation de température de 17 à 24°C ne modifie pas la teneur en lipides du SM, confirmant les résultats de LEFAUCHEUR et al. (1991) sur le muscle LD. La teneur en lipides du SM n'est pas modifiée par l'élevage en semi plein air d'hiver par rapport à l'élevage en bâtiment. GANDEMER et al. (1990) n'observaient pas non plus d'influence de l'élevage en extérieur (extensif) par rapport à l'élevage intérieur (intensif) sur le taux de lipides du LD. Par contre, l'élevage en semi plein air d'été augmente le taux de lipides du SM. Ceci peut résulter de l'influence de différents facteurs (moyenne et amplitude de température, activité phy-

sique,...) modifiés par le semi plein air d'été par rapport au semi plein air d'hiver.

La teneur en lipides intramusculaires est plus élevée chez les mâles castrés que chez les femelles, en liaison avec leur adiposité plus importante (MASSABIE et al. 1998), conformément aux observations de BARTON-GADE (1987) et GIRARD et al. (1988).

La qualité organoleptique de la viande de porc, en particulier la jutosité et la tendreté, est fortement liée à la teneur en lipides intramusculaires (CROMWELL et al., 1978; TOURAILLE et al., 1989; GANDEMER et al., 1990). Ainsi, tout facteur entraînant une variation de la teneur en lipides des muscles peut modifier la qualité organoleptique de la viande. Nos résultats montrent que les conditions d'élevage présentées ici n'entraîneraient pas d'altération de la qualité organoleptique liée au taux de lipides intramusculaires. Le rôle positif de l'élevage en semi plein air d'été sur la teneur en lipides intramusculaires et son influence sur la qualité organoleptique méritent d'être confirmés.

Tableau 4 - pH à 24 heures et teneur en lipides (%) du muscle Semimembraneux.

	Traitement					Sexe		ETR	Effets (1)		
	1	2	3	4	5	MC	F		T	S	T*S
pH 24	5,62	5,65	5,65	5,59	5,59	5,60	5,64	0,193	ns	ns	ns
Lipides	1,53 ab	1,41 a	1,47 a	1,55 ab	1,73 b	1,65 c	1,43 d	0,478	*	***	ns

(1) cf tableau 2.

2.2. Caractéristiques du tissu adipeux

2.2.1. Teneur en lipides

La teneur en lipides de la bardière ne varie pas selon les traitements (tableau 5). La restriction alimentaire n'a pas d'influence, vraisemblablement en raison de son faible niveau. En effet, une restriction plus importante entraîne une diminution du poids de la bardière et de la panne proportionnelle à la diminution du niveau alimentaire (SEEWER et al., 1994), ainsi qu'une teneur inférieure en lipides et supérieure en eau dans la bardière (WOOD et al., 1986). Le taux de lipides de la bardière n'évolue pas avec la variation de température ambiante, ni par l'élevage en semi plein air. Comme pour le tissu adipeux intramusculaire, les mâles castrés présentent une bardière plus riche en lipides que les femelles, suite aux variations d'adiposité entre les sexes, en accord avec BARTON-GADE (1987).

2.2.2. Dureté et composition en acides gras

La dureté du gras de jambon et la composition en acides gras de la bardière varient selon les traitements (tableau 5). La restriction à 17°C entraîne une diminution de la dureté du gras (valeur la plus basse des cinq traitements) et une augmentation du coefficient d'insaturation (CI) des lipides, en raison d'un taux d'acides gras polyinsaturés (AGPI) supé-

rieur. L'augmentation de la température d'élevage de 17 à 24°C conduit également à une augmentation du CI, liée à l'augmentation des taux de C18:2 et C18:3, malgré un taux inférieur de C18:1. La bardière des animaux élevés en semi plein air d'hiver est peu ferme, et présente un CI assez élevé. L'élevage en semi plein air d'été produit les gras les plus durs (en raison d'un pourcentage élevé de C18:0), mais aussi au CI le plus élevé (forts pourcentages d'AGPI).

Les bardières de mâles castrés sont plus fermes, et ont un CI inférieur à celui des femelles, consécutivement à la teneur en lipides inférieure chez ces dernières.

La qualité organoleptique et technologique des tissus adipeux dépend très fortement de leur composition en acides gras : une teneur élevée en acides gras polyinsaturés favorise la peroxydation des lipides (rancissement) et diminue la fermeté des tissus. La fermeté est satisfaisante lorsque la mesure de FFP est supérieure à 750 (ITP, 1994), ou que la teneur en acide stéarique est supérieure à 12% des acides gras totaux (ENSER, 1983; GIRARD et al., 1988). L'acide linoléique doit constituer moins de 12 à 15% des acides gras totaux, afin d'éviter les problèmes d'oxydation (WOOD, 1984). Selon ces critères, les tissus gras des animaux de l'étude ne présentent pas une très bonne qualité. Ceci peut s'expliquer par la faible adiposité des animaux qui entraîne une faible teneur en lipides de la bardière et, par conséquent, une proportion importante de lipides d'origine alimentaire (seule source d'acides gras polyinsaturés) au sein

des lipides totaux. De plus, chez les monogastriques les acides gras alimentaires sont déposés dans les tissus sans modification chimique ou structurelle. Le régime distribué aux animaux de l'étude, qui contenait 1.26 % d'acide linoléique, soit la valeur maximale recommandée par WOOD (1984) a ainsi contribué à produire des gras relativement riches en acides gras polyinsaturés.

Les mesures de dureté de gras (FFP) réalisées ici sont corrélées aux teneurs en acides palmitique ($r=0.494$, $p<.001$)

stéarique ($r=0.479$, $p<.001$) et linoléique ($r=-0.345$, $p<.001$), confirmant le rôle majeur de la nature des acides gras dans la détermination de la fermeté des tissus adipeux.

Toutefois, ces corrélations ne sont pas très élevées, en raison de la difficulté de mesure de la dureté lorsque l'épaisseur de lard dorsal est inférieure à 12 mm (ITP, 1994), ce qui est le cas des animaux élevés à 24°C, et en semi plein air d'hiver et d'été (MASSABIE et al., 1998).

Tableau 5 - Teneur en lipides (%), dureté (FFP) et composition en acides gras (%) des lipides de la bardière

	Traitement					Sexe		ETR	Effets (1)		
	1	2	3	4	5	MC	F		T	S	T*S
Lipides	67,83	66,77	67,45	68,59	65,68	68,34 a	66,18 b	5,73	ns	**	ns
Dureté	650 c	568 a	617 bc	580 ab	713 d	674 e	577 f	101,56	***	***	ns
Acides gras											
C14:0	1,06 a	1,07 a	1,12 b	1,08 ab	1,31 c	1,14	1,12	0,11	***	ns	ns
C16:0	22,92 a	22,51 a	23,44 b	22,71 a	23,97 c	23,55 e	22,67 d	1,08	***	***	ns
C16:1	1,89	1,78	1,85	1,94	1,99	1,94	1,84	0,38	†	†	ns
C18:0	11,83 b	11,95 b	12,14 b	11,24 a	13,01 c	12,33 e	11,74 d	1,33	***	***	ns
C18:1	47,46 d	46,20 c	44,57 b	46,50 c	41,22 a	45,47 f	44,91 e	1,72	***	*	ns
C18:2	13,43 a	14,86 b	15,38 b	15,12 b	16,65 c	14,07 d	16,11 e	1,55	***	***	ns
C18:3	0,75 a	0,86 b	0,93 c	0,79 a	0,97 c	0,79 d	0,93 e	0,16	***	***	ns
C20:0	0,14	0,18	0,12	0,17	0,21	0,17	0,15	0,17	ns	ns	ns
C20:1	0,51 a	0,59 b	0,46 a	0,45 a	0,67 c	0,54	0,52	0,18	***	ns	ns
CI (2)	1,23 a	1,26 b	1,27 c	1,26 b	1,30 d	1,25 e	1,28 f	0,02	***	***	ns

(1) cf tableau 2.

(2) CI : Coefficient d'insaturation des acides gras

2.3. Qualité technologique des jambons sel-sec

2.3.1. pH 24 heures

Le traitement n'influence pas le pH ultime du muscle SM (tableau 4). Les valeurs de pH 24 obtenues sont conformes aux souhaits des transformateurs, signifiant que les différentes conditions d'élevage étudiées dans l'expérience ne détériorent pas la qualité technologique du jambon.

2.3.2. Pertes en transformation

Les jambons issus du lot 1 présentent des pertes en transformation inférieures par rapport aux autres lots (tableau 6), de la mise au sel à la fin de la période de repos et pendant le pannage, conduisant à des pertes globales après 11 mois de séchage inférieures. Ceci peut s'expliquer par l'épaisseur de gras supérieure des porcs du lot 1, ce qui limiterait l'évaporation de l'eau en cours de transformation (BUSCAILHON et MONIN, 1994). La perte globale, comprise entre 31 et 34%, est correcte pour des jambons conduits sur une période de 11 mois, et conforme aux indications de BUSCAILHON et MONIN (1994).

Les jambons issus de mâles castrés présentent des pertes

inférieures aux jambons issus de femelles, en particulier lors de la mise au sel, du salage, du pannage et du séchage, vraisemblablement en raison de l'épaisseur de gras plus importante des mâles castrés.

2.4. Qualité sensorielle des jambons sel-secs

Les résultats d'analyse sensorielle sont reportés dans le tableau 7. Le mode d'élevage influence certaines caractéristiques d'aspect : la couleur du maigre est moins homogène pour les jambons du lot 1 par rapport au lot 3, les autres lots étant en position intermédiaire. Ainsi, une diminution de la température intensifierait l'aspect bicolore des jambons, en accord avec l'hypothèse de LEFAUCHEUR et al. (1991). L'aspect bicolore ne serait cependant pas accentué par l'élevage en semi plein air. Les jambons des lots 2 et 3 présentent une fraction maigre plus sombre que ceux des lots 1 ou 4. Les variations de couleur ne suivent pas les modifications métaboliques observées sur le LD selon les traitements. Il peut s'agir d'un effet muscle ou, plus vraisemblablement, de l'influence d'autres facteurs sur la couleur : pH ultime, état chimique de la myoglobine, atmosphère de conservation des jambons.... Le persillé des jambons des lots 1, 4 et 3 dans une moindre mesure, est plus important que celui des jam-

Tableau 6 - Qualité technologique des jambons sel-secs
(pertes de poids entre chaque étape de la transformation et pertes cumulées à 11 mois, %)

	Traitement				Sexe		ETR	Effets (1)		
	1	2	3	4	MC	F		T	S	T*S
Mise au sel	3,60 a	4,24 b	4,02 ab	4,12 b	3,82 c	4,17 d	0,519	*	*	ns
Fin de salage	1,84 a	2,17 b	2,03 b	2,14 b	1,93 c	2,16 d	0,199	***	***	**
MC	1,73 a	2,11 cd	2,05 bcd	1,84 ab						
F	1,95 abc	2,23 de	2,01 bcd	2,45 e						
Fin de repos	8,13 a	9,24 c	8,90 bc	8,71 b	8,62	8,88	0,444	***	ns	*
MC	7,95 a	9,23 c	9,05 c	8,24 ab						
F	8,32 ab	9,25 c	8,75 bc	9,19 c						
Fin d'étuvage	1,84	1,87	1,82	1,77	1,80	1,85	0,214	ns	ns	ns
Fin de pannage	8,97 a	9,63 b	9,82 b	9,60 b	9,23 c	9,78 d	0,665	*	*	ns
7 mois	2,33	2,39	2,65	2,47	2,34 a	2,58 b	0,330	ns	*	ns
11 mois	4,55	4,54	4,89	4,58	4,48 a	4,80 b	0,392	ns	*	ns
Perte cumulée à 11 mois	31,26 a	34,08 b	34,13 b	33,39 b	32,22 c	34,22 d	2,164	*	**	ns

(1) cf tableau 2

Tableau 7 - Qualité sensorielle des jambons sel-secs

Descripteur	Traitement				Sexe		ETR	Effets (1)		
	1	2	3	4	MC	F		T	S	T*S
Homogénéité couleur maigre	4,86 b	5,39 ab	5,80 a	5,09 ab	5,30	5,28	1,96	*	ns	ns
Intensité couleur maigre	4,64 b	5,62 a	5,63 a	4,78 b	4,87 c	5,47 d	1,71	**	**	**
MC	4,09 c	5,64 ab	4,90 bc	4,83 bc						
F	5,21 ab	5,59 ab	6,38 a	4,71 bc						
Tenue muscle	5,29	5,83	5,71	5,62	5,52	5,71	1,89	ns	ns	ns
Persillé	4,31 a	2,95 b	3,75 a	4,22 a	3,89	3,72	1,85	**	ns	ns
Couleur gras	2,89	3,03	2,86	3,23	3,02	2,99	2,13	ns	ns	ns
CROUTAGE	3,60	3,05	3,53	3,28	3,50	3,23	2,13	ns	ns	ns
Tendreté	5,38	5,30	4,92	5,35	5,26	5,21	2,05	ns	ns	ns
Fibrosité	4,35	4,13	4,06	4,11	4,14	4,24	2,09	ns	ns	ns
Friabilité	3,60	3,76	4,13	3,62	3,87	3,67	1,97	ns	ns	ns
Flaveur gras	4,94	4,41	5,00	4,74	5,01 a	4,53 b	2,39	ns	*	*
MC	5,09 a	5,22 a	5,17 a	4,55 ab						
F	4,78 ab	3,59 b	4,82 ab	4,93 ab						
Flaveur maigre	5,42	5,72	5,48	5,66	5,74	5,40	1,85	ns	ns	ns
Prise de sel	5,13	5,46	5,56	5,34	5,36	5,38	2,24	ns	ns	ns
Rance	3,66	3,54	3,48	3,49	3,68	3,41	2,27	ns	ns	ns

(1) cf tableau 2.

bons du lot 2. Ces variations suivent les écarts, bien que non significatifs, observés sur la teneur en lipides intramusculaires.

La texture et la flaveur ne sont pas modifiées par le mode d'élevage. Cependant, les échantillons ont été globalement jugés très salés, ce qui a pu perturber l'appréciation des autres critères par le jury. La faible épaisseur de lard, ainsi que la congélation des jambons avant transformation ont pu favoriser une prise de sel excessive. L'analyse sensorielle n'a pas mis en évidence de différences significatives entre les lots pour la flaveur de rance et la couleur du gras, malgré les teneurs élevées en acide linoléique des bardières, en particulier pour les lots 24°C ou semi plein air.

La couleur du maigre est plus sombre sur les jambons issus de femelles par rapport aux mâles castrés. Une réflectance plus élevée, correspondant à une viande plus claire, a déjà été montrée chez les castrats par rapport aux femelles (RENOU et al., 1985). La flaveur du gras est plus forte pour les jambons issus des mâles castrés que des femelles, en particulier pour les animaux du lot 2. Ce résultat pourrait être lié à la teneur en lipides totaux supérieure chez les mâles castrés et/ou à des variations de nature et teneur en phospholipides entre les sexes, les phospholipides étant fortement impliqués dans la détermination de la flaveur de la viande.

CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en évidence une influence du mode d'élevage sur les caractéristiques des tissus musculaires et adipeux, et la qualité des jambons secs.

Comparé à l'élevage à 17°C à volonté, les analyses histologiques montrent que l'élevage en semi plein air (hiver) et la restriction à 17°C augmentent la capacité oxydative du LD, et diminuent la capacité glycolytique du LD et du SC. La teneur en lipides du muscle Semimembraneux est augmentée par l'élevage en semi plein air d'été, par rapport aux autres

traitements. Le semi plein air d'hiver ainsi que la restriction à 17°C conduisent à la production de bardières peu fermes, le semi-plein air d'été conduisant aux gras les plus durs (en raison d'un taux élevé en C18:0) mais aussi les plus insaturés.

L'élevage à 17°C à volonté entraîne des pertes en transformation de jambon sec plus importantes que les autres traitements. La diminution de la température renforce le phénomène bicolore, et donne une viande plus claire pour les animaux nourris à volonté ou en semi plein air d'hiver. La présence de persillé est moins importante pour les jambons issus d'animaux restreints. Ainsi, le mode d'élevage influence l'aspect du jambon, seul critère accessible au consommateur lors de l'achat du produit. Les effets a priori négatifs de la restriction alimentaire sur la flaveur du tissu gras n'ont pas été perçus par jury d'analyse sensorielle.

Le type d'élevage en semi plein air présenté ici permet donc de produire des viandes de qualité satisfaisante. Ce travail montre toutefois la nécessité d'essais complémentaires pour conclure quant aux effets propres de la température ambiante, de la restriction alimentaire et de l'exercice physique sur les caractéristiques des muscles. De plus, ces résultats ne concernent qu'un mode de production alternatif aux méthodes intensives. Les autres modes de production différents des méthodes classiques doivent également faire l'objet d'études, dans lesquelles il sera indispensable de prendre en compte les aspects économiques (coûts de production par rapport aux plus values éventuelles) afin de répondre aux attentes des différents partenaires de la filière porcine.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'ANDA et le Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation (DPE) pour leur participation financière à cette étude réalisée dans le cadre du programme "Agriculture Demain".

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFFENTRANGER P., GERWIG C., SEEWER G.J.F., SCHWORER D., KUNZI N., 1996. *Livest. Prod. Sci.*, 45, 187-196.
- BARTON-GADE P.A., 1987. *Livest. Prod. Sci.* 16, 187-196.
- BUSCAILHON S., MONIN G. 1994. *VPC*, 15, 23-48.
- CROMWELL G.L., HAYS V.W., TRUJILLO-FIGUEROA V., KEMP J.D., 1978. *J. Anim.Sci.*, 47 (2), 505-513.
- ENSER M., 1983. Fat quality in lean pigs, Workshop in the CEC, 1983, Brüssels, 53-57.
- FOLCH J., LEE M., SLOANE STANLEY G.H., 1957. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- GANDEMER G., PICHOU D., BOUGUENNEC B., CARITEZ J.C., BERGE P., BRIAND E., LEGAULT C., 1990. *Journées Rech. Porcine en France*, 22, 101-110.
- GIRARD J.-P., BOUT J., SALORT D., 1988. *Journées Rech. Porcine en France*, 20, 255-278.
- HARRISON A.P., BURTON K.A., DUCHAMP C., DAUNCEY M.J., 1993. *European Muscle Conference*, 3-8 Oct. 1993, 1p.
- ITP, 1994. Le tri des jambons selon la qualité des gras en salle de découpe, 29 p.
- LARZUL C., LEFAUCHEUR L., ECOLAN P., GOGUE J., TALMANT A., SELLIER P., LE ROY P., MONIN G., 1997. *J.Anim.Sci.*, sous presse.
- LEFAUCHEUR L., VIGNERON P., 1986. *Meat Sci.*, 16, 199-216.
- LEFAUCHEUR L., LE DIVIDICH J., MOUROT J., MONIN G., ECOLAN P., KRAUSS D., 1991. *J. Anim. Sci.*, 69, 2844-2854.
- LEFAUCHEUR L., BUCHE P., ECOLAN P., LEMOING M., 1992. *Meat Sci.*, 32, 267-278.
- MASSABIE P., GRANIER R., LE DIVIDICH J., CHEVILLON P., BOUYSSIÈRE M., LEBRET B., LE DENMAT M., 1998. *Journées Rech. Porcine en France*, 30, 37-41.
- MORRISSON W.R., SMITH L.M., 1964. *J. Lipid Res.*, 5, 600-608.
- PETERSEN J.S., HENCKEL P., OKSBJERG N., SORENSEN M.T., 1995. 2nd Muscle Workshop, Rostock, Germany, 7-19 May, p. 111.
- RENO J.P., MONIN G., 1985. *Meat Sci.* 15, 225-233.
- SAS (1989) *Sas User's Guide*, Statistics SAS Institute Inc, Cary, NC.
- SEEWER G.J.F., PRABUCKI A.L., AFFENTRANGER P., GERWIG C., KUNZI N., SCHWORER D., 1994. *Journées Rech. Porcine en France*, 26, 169-174.
- TOURAILLE C., MONIN G., LEGAULT C., 1989. *Meat Sci.* 25, 177-186.
- WOOD J.D., 1984. In "Fats in animal nutrition", Ed. Wiseman J. Butterworths, London. 407-435.
- WOOD J.D., 1985. In "Recent Advances in Animal Nutrition", Ed. Cole D.J.A., Haresign W., Butterworths, London, 157-166.
- WOOD J.D., BUXTON P.J., WHITTINGTON F.M., ENSER M., 1986. *Livest. Prod. Sci.* 15, 73-82.