

La sensibilité à l'halothane a été attribuée à une mutation du gène codant pour le récepteur à la ryanodine, un canal protéique impliqué dans l'homéostasie calcique des cellules musculaires (Fudjii et al., 1991). Le gène de sensibilité à l'halothane (HAL) possède un allèle normal dominant 'N' et un allèle muté récessif 'n'. L'allèle 'n' est responsable de la perturbation de l'homéostasie calcique, ce qui explique le taux de mortalité élevée des porcs homozygotes nn lors d'un stress, même de faible intensité. Ces animaux ont en effet une susceptibilité accrue au syndrome d'hyperthermie maligne. Lorsque les porcs nn sont abattus, ils présentent généralement une vitesse de diminution du pH *post mortem* dans le muscle très élevée. Ceci conduit à l'obtention de viandes pâles, flasques et exsudatives, souvent désignées par le sigle anglo-saxon 'PSE' (Pale, Soft and Exudative). Bien que l'allèle 'n' soit considéré comme complètement récessif pour la sensibilité à l'halothane, il existe des informations contradictoires sur sa récessivité en termes de qualités des viandes. La plupart des travaux utilisant le test ADN pour la détermination du génotype sont en faveur d'une position intermédiaire des hétérozygotes pour les critères de qualités tels que la couleur, le pouvoir de rétention d'eau (PRE) et la texture (voir la revue de Sellier, 1998). Cependant, certains auteurs ne trouvent pas de différences entre les homozygotes normaux et les hétérozygotes pour certains critères de qualités des viandes (voir par exemple Wolf-Schwerin & Kallweitt, 1991 et Miller et al., 2000 pour la couleur et le PRE; Boles et al., 1991 pour la tendreté).

Il existe moins de résultats concernant l'influence du gène HAL sur l'aptitude à la fabrication des jambons cuits et secs, ainsi que sur les qualités sensorielles de ces produits. Cette littérature révèle toutefois des contradictions similaires à celles relevées pour les qualités de la viande fraîche. Par exemple, le rendement technologique de fabrication du jambon cuit a été trouvé identique entre les trois génotypes HAL (Guéblez et al., 1996), diminué chez les animaux porteurs de l'allèle 'n' (Nn et nn) (Leach et al., 1996; Fisher et al., 2000) ou équivalent entre les homozygotes normaux et les hétérozygotes (Miller et al., 2000). Nous avons émis l'hypothèse selon laquelle la position fluctuante des hétérozygotes par rapport aux NN et aux nn pourrait être due à l'interaction entre les conditions d'abattage et le génotype HAL. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons étudié les effets du gène HAL et des conditions d'abattage sur les qualités des produits. Les résultats relatifs au métabolisme musculaire *post mortem* et aux critères de qualités de la viande fraîche (pH, couleur, PRE) ont déjà été publiés (Fernandez et al., 2001). Nous ne présenterons ici que les résultats de fabrication des jambons et les caractéristiques sensorielles des différents produits.

Cette étude s'inscrit dans le projet 'Maîtrise des qualités de la viande de porc selon son utilisation (consommation en frais ou transformation) : effets génétiques et environnementaux sur le glycogène musculaire', financé par l'Ofival et la Fic.

Toute correspondance doit être adressée à :

Xavier Fernandez

ENSAT, Laboratoire de Zootechnie et Qualités des produits Animaux

Avenue de l'Agrobiopole, B.P. 107

31320 Castanet Tolosan, FRANCE

Tel. (33) 05 62 19 39 69

Fax (33) 05 62 19 39 01

e-mail : fernandez@flora.ensat.fr

Sensibilité à l'halothane

Un effet négatif sur les qualités sensorielles

Que ce soit pour la longe, le jambon cuit ou le jambon cru, le gène de sensibilité de l'halothane dégrade la quasi totalité des qualités sensorielles. Les conditions d'abattage accentuent parfois cette tendance.

FERNANDEZ X. (1), GILBERT S. (2)
VENDEUVRE J.-L. (3)

(1), INRA

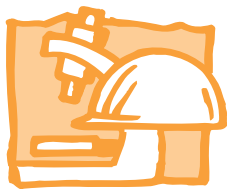
Station de Recherches sur la Viande, Theix, 63122 St-Genès Champanelle,

(2), ADIV,

2 rue Chappe, 63000 Clermont-Ferrand, France

(3), CTSCCV,

7 av. du Général de Gaulle, 94704 Maisons-Alfort, Cedex.



MATÉRIEL ET MÉTHODES

48 Porcs mâles castrés

Quarante-huit porcs mâles castrés issus d'une F2 Large White x Piétrain sont utilisés. Les animaux proviennent du troupeau expérimental du Domaine de Bourges (Inra- Département de Génétique). À l'âge de 4 mois, approximativement 200 produits de F2 sont génotypés pour la sensibilité à l'halothane (Fudjii et al., 1991). Quarante-huit porcs expérimentaux (16 NN, 16 Nn et 16 nn) sont choisis et répartis dans 8 cases d'élevage en fonction de leur génotype (2 porcs de chaque génotype par case) et en respectant l'homogénéité des poids vifs. Approximativement deux semaines avant d'atteindre le poids d'abattage (105 kg), les porcs expérimentaux sont transportés à la Station de Recherches sur la Viande (Inra, Centre de Clermont-Ferrand Theix), en maintenant les groupes constitués par les cases d'élevage et sans les mélanger durant le chargement, le transport et le déchargement. À leur arrivée sur le centre, 4 groupes présentaient des poids vifs moyens inférieurs à 90 kg (87,3 ; 87,5 ; 83,4 et 85,3 kg) et 4 autres présentaient des poids moyens supérieurs à 90 kg (99,1 ; 97,2 ; 92,7 et 90,6 kg). Les porcs, maintenus dans leur lot d'origine, sont logés dans des cases collectives (4,5 x 1,5 m) réparties dans deux pièces (4 cases par pièce). La température est maintenue à 20 ± 2 °C et la lumière artificielle est allumée de 9 h à 21 h. L'eau et la nourriture sont disponibles ad libitum.

Plus ou moins de stress à l'abattage

Les animaux sont abattus à l'abattoir expérimental du Centre sur une période de deux semaines. Au cours de la première semaine, les quatre lots les plus lourds à leur arrivée sur le Centre sont abattus dans la matinée du lundi (2 lots) et du mardi (2 lots). La même procédure est répétée la seconde semaine pour les quatre autres lots. Pour chaque jour, un lot de 6 porcs est traité selon une procédure considérée comme générant des conditions de stress minimum (« Mini ») et le second groupe est traité selon une procédure qui est supposée être plus fidèle aux conditions d'abattage industriel (« Normale »).

Protocole « Mini »

À 17h00 la veille de l'abattage, les 6 porcs sont transférés avec précaution vers une nouvelle loge isolée, proche de la zone d'embarquement. Ils y passent la nuit avec la possibilité de s'abreuver mais sans nourriture. Cette procédure permet de ne pas cumuler, le jour de l'abattage et en un temps relativement court, les manipulations liées à la sortie de la case d'élevage (changement d'environnement) et au chargement (manipulation). À 8h30 le jour de l'abattage, les animaux sont chargés ensemble, avec un maximum de précautions, puis transportés (1 km) vers l'abattoir expérimental, déchargés et placés dans une loge d'attente en plein air. Le premier porc est abattu 15 minutes après le déchargement par saignée verticale après électroanesthésie manuelle à bas voltage (250 V, 10 secondes). Les porcs suivants sont abattus à raison de 1 porc toutes les 20 min. Par conséquent, la durée minimale de jeûne est de 16 h.

Protocole « Normal »

À 20h30 la veille de l'abattage, l'aliment est retiré de la case correspondante. À 7h30 le jour de l'abattage, les 6 porcs sont transférés dans une loge isolée où ils sont mélangés avec 6 porcs « hors expérience » pendant 3 h. À 10h30, le groupe de 12 porcs est chargé puis transporté pendant 2 h. À l'issue du transport, les animaux sont déchargés à l'abattoir, dans la loge attenante. Le premier porc expérimental est abattu immédiatement après le déchargement (à 12h30) et les cinq autres toutes les 20 minutes. Les 6 porcs expérimentaux sont maintenus en mélange avec les 6 « hors expérience » jusqu'à la fin de l'abattage. De même que pour le protocole « Mini », la durée minimale de jeûne est de 16 h.

PLUS D'EAU ET DE COLLAGÈNE CHEZ LES nn

Composition chimique du muscle SM avant saumurage

Le tableau 1 présente les résultats

de la composition chimique du muscle SM. Le pH, mesuré avant le prélèvement sur le jambon n'est pas affecté par le type génétique. En revanche, il est significativement supérieur chez les animaux abattus en conditions « Normales », comparé

à l'abattage en conditions « Mini ». Les animaux nn présentent des teneurs en eau et en collagène significativement supérieures à celles enregistrées pour les deux autres génotypes.

Prélèvements sur la carcasse

À 24 h post mortem, un morceau de muscle *longissimus lumborum*, d'une longueur approximative de 20 cm, est prélevé sur le côté droit de la carcasse, conditionné en sac plastique sous vide et stocké à +4 °C jusqu'à l'analyse sensorielle. Les jambons droit et gauche sont conditionnés sous vide et stockés à +4 °C ; le jambon droit est destiné à la transformation en cuit (CTSCCV) et le gauche est destiné au salage séchage (Adiv).

Analyse sensorielle des longes

Préparation des longes

Les longes sont emballées sous vide à l'Inra et livrées à l'Adiv. Elles sont conservées à +2 °C/+4 °C jusqu'à analyse. Douze tranches sont découpées, conditionnées sous vide et identifiées selon la chronologie de tranchage. Un même dégustateur évalue des tranches issues d'un niveau comparable pour toutes les longes.

Protocole de dégustation

Toutes les longes sont dégustées en 8 séances, réparties sur 4 jours. Dans un premier temps, les tranches sont présentées crues aux dégustateurs. Elles sont ensuite cuites sur une plaque de cuisson : thermostat 6 (180 °C), 5 min (2,5 min de chaque côté) et présentées de nouveau aux dégustateurs.

Mesures sur le jambon et transformation en jambon cuit

Les jambons conditionnés sous vide sont envoyés au CTSCCV et font l'objet des analyses décrites ci-dessous.

Récupération des muscles

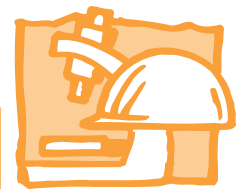
Lors du désossage des jambons, environ 700 g du muscle semi-membranosus (SM) sont prélevés, conditionnés sous vide puis congelés à -22 °C.

Préparation des échantillons

Les muscles SM sont choisis aléatoirement et partiellement décongelés pendant 1 h 30 à température ambiante. Quatorze cylindres de 20 g (diamètres = 2,5 cm, hauteur = 4 cm) sont prélevés à l'emporte-pièce. La quantité de muscle restante est broyée au robot-coupe pour les analyses chimiques. Les 14 cylindres sont placés dans un sac avec 20 % de saumure (12 % de sel nitrité, 1 % de dextrose et 0,1 % de salpêtre), conditionnés sous vide et placés 48 h à +7 °C.

Analyses chimiques sur muscle SM après broyage

- * **Humidité (NF V04-401)** : détermination par différence de pesée avant et après dessiccation dans une étuve à 104 °C pendant 16 h.
- * **Lipides totaux (NF V04-403)** : détermination par différence de pesée avant et après extraction des lipides à l'hexane, à partir de l'extrait sec.
- * **Protéines (NF V04-407)** : minéralisation par voie humide. Dosage de l'azote par la méthode de Kjeldahl : titration par l'acide chlorhydrique de l'ammoniac entraîné par la vapeur après dilution et alcalinisation du minéralisé. Expression des résultats en % de protéines = % N x 6,25.
- * **Collagène (NF V04-415)** : dosage de l'hydroxyproline par spectrophotométrie d'absorption moléculaire à 550 nm après hydrolyse. Expression des résultats en % de collagène = % d'hydroxyproline x 8.
- * **Phosphore (NF V04-406)** : minéralisation par voie humide. Dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire à 550 nm après hydrolyse. Expression des résultats en P2O5.
- * **Sucres solubles totaux** : dosage des glucides par spectrophotométrie d'absorption moléculaire à 460 nm du complexe formé après défécation puis hydrolyse.



MATÉRIEL ET MÉTHODES (SUITE)

- * **Azote non protéique (NPN)** : dosage des protéines de poids moléculaire inférieur à 10000 daltons par défécation à l'acide trichloracétique puis dosage de l'azote par la méthode de Kjeldahl.
- * **Protéines solubles** : extraction des protéines dans une solution saline à 2 % puis dosage après centrifugation des protéines dans le surnageant par la méthode du biuret.

Mesures chimiques et physico-chimiques après saumurage

Après 48 h de saumurage à 7 °C et égouttage de 20 minutes, différentes mesures sont réalisées :

- * **Protéines solubles** : extraction des protéines de surface dans une solution à même force ionique que la viande après saumurage (teneur en sel équivalente à 27,8 g/litre) par « malaxage » pendant 30 minutes. Après filtration, les protéines du filtrat obtenu sont dosées par la méthode du biuret.
- * **Évolution des propriétés rhéologiques au cours du chauffage** : à partir des cylindres saumurés, des tranches d'environ 2 mm d'épaisseur sont réalisées et soumises à une déformation sinusoidale à l'aide d'un rhéomètre à contrainte imposée (Viscotech). Les différentes caractéristiques rhéologiques sont évaluées lors d'un chauffage du produit de 10 à 70 °C à une vitesse de 1 °C/min.
- * **Évaluation des pertes au chauffage à 60, 65 et 70 °C** : 9 des 14 cylindres sont pesés, mis sous vide et subissent différents traitements thermiques :
 - 20 minutes à 60 °C (temps nécessaire pour obtenir à cœur 60 °C) ;
 - 25 minutes à 65 °C (temps nécessaire pour obtenir à cœur 65 °C) ;
 - 30 minutes à 70 °C temps nécessaire pour obtenir à cœur 70 °C).

Dans tous les cas, le produit est ensuite placé 1 h à 2 °C, essuyé et pesé de nouveau. Les pertes au chauffage s'évaluent par différence de pesée. Les résultats sont exprimés en pourcentage du poids avant chauffage.

- * **Mesures de texture sur les différents échantillons cuits** : après cuisson, les cylindres sont placés dans un sachet et conservés 48 heures à 2 °C. Des mesures de texture en compression et cisaillement sont alors effectuées. Des cubes de 1 cm³ sont découpés pour les mesures en compression et des parallélépipèdes de 1 cm² de section et de 2 cm de longueur sont découpés pour les mesures de cisaillement.

Fabrication des jambons cuits

Après le prélèvement des 700 g de muscle SM, les jambons sont désossés et préparés pour la cuisson. Le rendement anatomique est calculé à l'issue de cette opération. Les jambons sont ensuite transformés par saumurage cuisson selon la méthode décrite par Jacquet et al. (1984). Le rendement technologique de fabrication, prenant en compte le rendement de saumurage et le rendement de cuisson, est calculé.

Protocole de dégustation

Une douzaine de tranches préemballées sous vide sont envoyées à l'ADIV pour l'analyse sensorielle. Chaque sujet évalue six jambons au cours d'une séance. L'évaluation porte sur une zone de 10 x 10 cm prélevée au centre de la tranche.

Transformation des jambons secs et protocole de dégustation

Transformation des jambons

Les jambons secs ont été mis en fabrication par Adiv Association le 3 février 1999. La fin d'affinage a été réalisée le 20 janvier 2000. Les jambons sont tranchés, 24 tranches par jambon, dans la partie la plus large. Les tranches sont stockées sous vide, par paquet de 12 tranches.

Protocole de dégustation

Au cours d'une séance, chaque dégustateur évalue 6 jambons. Huit séances sont réalisées. Une tranche entière est présentée aux dégustateurs.

Méthodologie des analyses sensorielles et traitement statistique

Méthodologie

- * Analyse sensorielle avec un groupe de sujets (12 personnes) entraînés et spécialisés sur chaque famille de produit.
- * Réalisation de profils descriptifs au moyen d'un questionnaire présentant l'ensemble des descripteurs du produit accompagnés d'une échelle d'intensité allant de 1 à 7.
- * Présentation successive des échantillons (monadique) avec contrôle de l'effet d'ordre.

Traitement statistique

La comparaison des résultats est réalisée par une analyse de variance afin de mettre en évidence les caractéristiques sur lesquelles les produits se différencient significativement. La mise en évidence des effets "HAL" et "conditions d'abattage" est faite par une analyse de variance à 2 facteurs. Les tests 2 à 2 ont été effectués avec un PLSD de Fisher.

Analyses statistiques des autres données

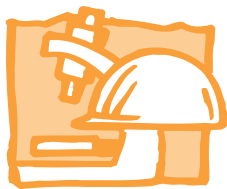
Les analyses de variance sont conduites en utilisant la procédure GLM du logiciel SAS (Statistical Analysis System). Le modèle inclut les effets du jour d'abattage, du génotype, des conditions d'abattage et l'interaction entre ces deux derniers facteurs. Lorsque l'analyse de variance révèle un effet significatif, les moyennes sont comparées en utilisant le test de comparaison multiple des moyennes de Duncan.

TABLEAU 1 : PAS D'EFFET GÉNÉTIQUE SUR LE PH DU JAMBON

	Génotype halothane (n = 16/génotype)			P ⁽¹⁾	Conditions d'abattage (n = 24/groupe)		P ⁽¹⁾
	NN	Nn	nm		Mini	Normal	
pH	5.65 ± 0.05	5.57 ± 0.04	5.56 ± 0.03	NS	5.53 ± 0.02 a	5.66 ± 0.04 b	**
Protéines solubles (%)	8.49 ± 0.17	8.26 ± 0.18	8.25 ± 0.14	NS	8.33 ± 0.13	8.33 ± 0.10	NS
Humidité (%)	73.5 ± 0.2 a	73.5 ± 0.2 a	74.2 ± 0.2 b	*	73.7 ± 0.2	73.8 ± 0.2	NS
Lipides totaux (%)	4.16 ± 0.31	4.07 ± 0.23	3.52 ± 0.29	NS	3.89 ± 0.20	3.97 ± 0.26	NS
Protéines (%)	21.1 ± 0.1	21.1 ± 0.1	20.9 ± 0.2	NS	21.1 ± 0.1	21.0 ± 0.1	NS
Azote non protéique (%)	2.52 ± 0.03	2.49 ± 0.04	2.47 ± 0.03	NS	2.52 ± 0.03	2.47 ± 0.03	NS
Collagène (%)	0.78 ± 0.04 a	0.85 ± 0.04 ab	0.93 ± 0.05 b	P = 0.07	0.87 ± 0.04	0.83 ± 0.04	NS
Phosphore (%)	0.46 ± 0.01	0.46 ± 0.01	0.46 ± 0.01	NS	0.46 ± 0.01	0.46 ± 0.01	NS
Sucres solubles Totaux	0.71 ± 0.07	0.64 ± 0.06	0.65 ± 0.06	NS	0.68 ± 0.04	0.66 ± 0.06	NS

⁽¹⁾ niveau de signification de l'effet du génotype ou des conditions d'abattage : NS, p > 0.10; *, p < 0.05; **, p < 0.01.
⁽²⁾ sur une même ligne, les moyennes n'ayant pas de lettre commune sont significativement différentes au seuil α = 0.05.

Effet du génotype halothane et des conditions d'abattage
sur les caractéristiques de composition du muscle semimembranosus avant transformation (μ ± SEM)



TABEAU 2 : AU SAUMURAGE, LE CARACTÈRE HAL INFLUENCE LA PLUPART DES PARAMÈTRES

	Génotype halothane (n = 16/génotype)			P ⁽¹⁾	Conditions d'abattage (n = 24/groupe)		P ⁽¹⁾
	NN	Nn	nn		Mini	Normal	
Protéines solubles après saumurage (%)	2.08 ± 0.2 a	1.70 ± 0.4 b	1.39 ± 0.4 c	***	1.68 ± 0.4	1.78 ± 0.7	NS
Chauffage à 60 °C							
Rendement technologique (%)	90.8 ± 0.5 a	89.0 ± 0.6 b	87.4 ± 0.4 c	***	88.8 ± 0.3	89.3 ± 0.6	NS
Force maximale de cisaillement (N/cm ²)	36.6 ± 3.8	40.1 ± 4.0	40.9 ± 3.5	NS	42.2 ± 3.8	36.0 ± 2.1	NS
Contrainte à 80 % de déformation (N/cm ²)	59.0 ± 2.7 a	68.5 ± 3.1 ab	74.1 ± 4.5 b	*	69.8 ± 2.8	64.0 ± 3.3	NS
Contrainte à 65 % de déformation (N/cm ²)	37.8 ± 1.7 a	43.8 ± 2.5 ab	47.6 ± 4.0 b	P = 0.07	44.7 ± 2.7	41.0 ± 2.1	NS
Chauffage à 65 °C							
Rendement technologique (%)	83.9 ± 0.9 a	81.2 ± 0.8 b	80.0 ± 0.5 b	**	81.2 ± 0.4	82.3 ± 0.9	NS
Force maximale de cisaillement (N/cm ²)	25.9 ± 1.2	31.0 ± 3.4	32.8 ± 3.0	NS	32.0 ± 2.6	27.6 ± 1.7	NS
Contrainte à 80 % de déformation (N/cm ²)	64.6 ± 2.8 a	75.3 ± 3.3 b	80.9 ± 3.9 b	**	77.7 ± 2.4 a	69.0 ± 3.4 b	*
Contrainte à 65 % de déformation (N/cm ²)	40.7 ± 1.3 a	47.9 ± 2.2 b	49.7 ± 2.3 b	**	46.5 ± 1.5	45.6 ± 2.1	NS
Chauffage à 70 °C							
Rendement technologique (%)	78.9 ± 1.0 a	76.2 ± 0.7 b	73.0 ± 0.5 c	***	75.6 ± 0.6	76.6 ± 0.9	NS
Force maximale de cisaillement (N/cm ²)	25.4 ± 1.5 a	27.8 ± 1.4 a	31.7 ± 1.2 b	**	29.7 ± 1.3	26.6 ± 1.1	P = 0.08
Contrainte à 80 % de déformation (N/cm ²)	71.0 ± 3.0 a	80.7 ± 4.3 ab	87.0 ± 4.7 b	*	82.1 ± 3.6	76.6 ± 3.4	NS
Contrainte à 65 % de déformation (N/cm ²)	44.0 ± 1.6 a	50.4 ± 2.6 b	56.0 ± 2.0 b	**	51.7 ± 1.6	48.2 ± 2.3	NS

⁽¹⁾ niveau de signification de l'effet du génotype ou des conditions d'abattage : NS, p > 0.10; *, p < 0.05; **, p < 0.01; ***, p < 0.001.

^{abc} sur une même ligne, les moyennes n'ayant pas de lettre commune sont significativement différentes au seuil α = 0.05.

Effet du génotype halothane et des conditions d'abattage sur les caractéristiques technologiques lors des micro-fabrications de jambon à différents traitements thermiques (μ ± SEM)

Le génotype HAL influence la plupart des caractères technologiques

Pour les protéines solubles après saumurage, les animaux Nn se situent en position intermédiaire entre les deux homozygotes (tableau 2).

Quelle que soit la température de chauffage, le génotype HAL influence la plupart des caractères mesurés : les animaux nn présentent des rendements technologiques et des contraintes à la déformation supérieures à celles enregistrées chez les NN et Nn. En ce qui concerne les rendements technologiques, les animaux Nn occupent une position intermédiaire à 60 et 70 °C et ne se différencient pas des homozygotes sensibles à 65 °C. Pour les paramètres de texture, soit les animaux Nn occupent une position intermédiaire, sans être significativement différents des homozygotes, soit ils se comportent comme les homozygotes sensibles (tableau 2).

Ce n'est que pour un chauffage de 70 °C que la force de cisaillement devient significativement supérieure chez les animaux nn par rapport aux deux autres génotypes (tableau 2).

Seule la contrainte à 80 % de déformation après chauffage à 65 °C est

significativement influencée par les conditions d'abattage. La valeur obtenue pour les animaux abattus en conditions "Mini" est significativement supérieure à celle enregistrée pour les conditions "Normales".

Moins bonne tenue de tranche

Les résultats sont présentés dans le tableau 3. Pour le jambon entier les animaux nn présentent un rendement anatomique supérieur, un rendement technologique et une tenue de tranche significativement inférieurs à ceux enregistrés chez les animaux non sensibles.

PLUS DE PERTES PONDÉRALES

Le pourcentage de pertes pondérales au cours de la transformation du jambon sec est significativement influencé par le génotype HAL mais pas par les conditions d'abattage. Les valeurs obtenues pour les trois génotypes NN, Nn et nn sont, respectivement : 28,8 ± 0,4; 29,1 ± 0,5 et 30,7 ± 0,6 % (μ ± SEM). Les pertes des animaux nn sont significativement supérieures à celles obtenues pour les animaux NN et Nn. L'effet de l'interaction HAL x conditions d'abattage est significatif (p < 0,05) : l'effet du génotype n'est significatif que lorsque les ani-

TABEAU 3 : UN RENDEMENT TECHNOLOGIQUE ET UNE TENUE DE TRANCHE DÉGRADÉ

	NN	Nn	nn	P ⁽¹⁾
Rendement Anatomique (%)	64.2 ± 0.5 a	64.6 ± 0.9 a	67.9 ± 1.2 b	*
Rendement technologique (%)	85.1 ± 1.4 a	83.0 ± 1.2 a	80.4 ± 1.0 b	**
Tenue de tranches (N/cm ²)	17.6 ± 1.5 a	17.2 ± 1.3 a	22.1 ± 1.1 b	*

⁽¹⁾ niveau de signification de l'effet du génotype : *, p < 0.05; **, p < 0.01.

^{ab} sur une même ligne, les moyennes n'ayant pas de lettre commune sont significativement différentes au seuil α = 0.05

Effet du génotype halothane sur le rendement anatomique, le rendement technologique de fabrication du jambon cuit et la tenue de tranche (μ ± SEM; n = 16 par génotype)

maux sont abattus en conditions "Mini" : les pertes sont de 29,2 ± 0,3; 28,2 ± 0,7 et 31,4 ± 0,7 % pour les NN, Nn et nn, respectivement; les animaux nn étant significativement différents des NN et Nn.

DE MOINS BONNES LONGES

L'analyse sensorielle de chacun des produits repose sur l'évaluation d'un grand nombre de descripteurs. Pour une plus grande clarté de présentation, nous ne rapportons ici, pour chaque produit, que les résultats obtenus pour les descripteurs les plus utilisés.

Les résultats de l'analyse sensorielle sont rapportés dans le tableau 4. Le génotype HAL influence l'intensité et la régularité de la couleur : les animaux nn se distinguent des deux autres génotypes par une couleur moins intense et moins homogène. La viande issue des animaux nn est moins juteuse, moins tendre et présente un caractère sec et filandreux plus prononcé que la viande issue des homozygotes normaux. Les hétérozygotes occupent une position intermédiaire pour ces caractères sans être significativement différents des deux homozygotes, sauf pour la tendreté, pour laquelle la viande des hétérozygotes est significativement plus dure que celle des homozygotes normaux.

Les conditions d'abattage influencent la couleur

Seule l'intensité de la couleur est significativement influencée par les conditions d'abattage : les animaux abattus en conditions "Mini" ont une viande de couleur moins foncée que celle des animaux abattus en conditions "Normales" (tableau 4).

Mauvaise texture des jambons cuits

Le génotype HAL n'affecte pas significativement les caractéristiques d'aspect des tranches de jambon (tableau 5). Les animaux nn présentent un goût salé moins intense que les deux autres génotypes.

Le génotype HAL affecte essentiellement les caractères de texture (tableau 5). Les jambons cuits issus des porcs nn sont moins moelleux, plus durs à mastiquer, plus secs et plus fibreux que les jambons issus des porcs NN et Nn. Il convient de noter que les échantillons issus des animaux Nn sont perçus comme plus durs à mastiquer que ceux issus des animaux NN.

Génotype et conditions d'abattage interagissent

Seules la tenue de la tranche et la texture sèche sont significativement affectées par les conditions d'abattage (tableau 5). Les animaux

abattus dans les conditions "Normales" présentent une meilleure tenue de tranche et une texture moins sèche que ceux abattus en conditions "Mini".

L'effet de l'interaction entre le génotype HAL et les conditions d'abattage est significatif pour trois variables sensorielles. Le détail de ces effets est présenté dans le tableau 6. L'effet du génotype sur la tenue de la tranche ne s'exprime que lorsque les animaux sont abattus dans les conditions "Mini" : dans ce cas, les animaux nn présentent la moins bonne tenue de tranche. Il convient de noter par ailleurs que, quel que soit le génotype, les animaux abattus en conditions "Normales" bénéficient d'une meilleure tenue de tranche que les animaux abattus en conditions "Mini". En ce qui concerne la texture sèche, il n'y a pas de liaison claire avec le génotype lorsque les animaux sont abattus en conditions "Mini". Pour les conditions "Normales" en revanche, les animaux porteurs de l'allèle 'n' présentent une texture plus sèche que les homozygotes normaux. Les conditions d'abattage influencent la position des hétérozygotes sur le critère 'dur à mastiquer' : en conditions "Mini" ils ne diffèrent pas significativement des NN, alors qu'en conditions "Normales" ils sont significativement plus durs à mastiquer que les NN et non différents des nn.

TABLEAU 4 : MAUVAIS RÉSULTATS EN ANALYSE SENSORIELLE

	Génotype halothane (n = 24/groupe)			P (1)	Conditions d'abattage (n = 16/génotype)		P (1)
	NN	Nn	nn		Mini	Normal	
Caractéristiques du produit cru							
Intensité de la couleur	4.5 ± 0.9 a	4.6 ± 1.0 a	3.9 ± 1.0 b	***	4.2 ± 1.0 a	4.4 ± 1.0 b	*
Régularité de la couleur	5.2 ± 1.0 a	5.4 ± 1.1 a	4.6 ± 1.2 b	***	5.0 ± 1.1	5.1 ± 1.2	NS
Intensité de l'odeur	2.5 ± 1.3	2.6 ± 1.2	2.7 ± 1.3	NS	2.6 ± 1.3	2.6 ± 1.3	NS
Caractéristiques du produit cuit							
Intensité de l'odeur	4.8 ± 1.0	4.8 ± 1.0	4.8 ± 1.1	NS	4.8 ± 1.0	4.8 ± 1.0	NS
Intensité du goût	4.6 ± 0.9	4.6 ± 0.9	4.6 ± 0.9	NS	4.7 ± 0.9	4.5 ± 0.9	NS
Jutosité	3.9 ± 1.3 a	3.7 ± 1.3 ab	3.6 ± 1.3 b	P = 0.07	3.7 ± 1.3	3.7 ± 1.3	NS
Tendreté	4.3 ± 1.3 a	3.8 ± 1.3 b	3.4 ± 1.2 c	**	3.8 ± 1.3	3.8 ± 1.3	NS
Caractère sec	4.0 ± 1.3 a	4.3 ± 1.3 ab	4.5 ± 1.5 b	**	4.2 ± 1.4	4.3 ± 1.4	NS
Caractère filandreux	4.1 ± 1.7 a	4.3 ± 1.7 ab	4.6 ± 1.6 b	**	4.3 ± 1.7	4.4 ± 1.7	NS

(1) niveau de signification de l'effet du génotype ou des conditions d'abattage : NS, p > 0.10; *, p < 0.05; **, p < 0.01; ***, p < 0.001.

^{abc} sur une même ligne, les moyennes n'ayant pas de lettre commune sont significativement différentes au seuil α = 0.05.

Effet du génotype halothane et des conditions d'abattage sur les caractéristiques sensorielles des longes de porc (μ ± SD)

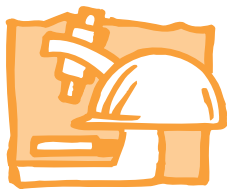


TABLEAU 5 : LE CARACTÈRE HAL INFLUENCE SURTOUT LA TEXTURE

	Génotype halothane (n = 16/génotype)			p ⁽¹⁾	Conditions d'abattage (n = 24/groupe)		p ⁽¹⁾
	NN	Nn	nn		Mini	Normal	
Aspect							
Intensité de la couleur	4.4 ± 1.2	4.6 ± 1.1	4.5 ± 1.2	NS	4.4 ± 1.1	4.6 ± 1.2	NS
Homogénéité de la couleur	3.6 ± 1.5	3.6 ± 1.4	3.7 ± 1.3	NS	3.6 ± 1.4	3.6 ± 1.3	NS
Persillé	3.7 ± 1.2	3.7 ± 1.3	3.6 ± 1.4	NS	3.5 ± 1.2	3.8 ± 1.3	NS
Tenue de la tranche	2.7 ± 1.4	2.8 ± 1.5	2.5 ± 1.5	NS	2.3 ± 1.3 a	3.1 ± 1.4 b	*
Odeur et goût							
Intensité de l'odeur	4.3 ± 1.2	4.4 ± 1.2	4.3 ± 1.2	NS	4.3 ± 1.1	4.3 ± 1.2	NS
Intensité du goût	4.8 ± 1.0	4.7 ± 1.1	4.6 ± 1.0	NS	4.7 ± 1.0	4.7 ± 1.1	NS
Goût salé	4.3 ± 1.2 a	4.2 ± 1.1 a	3.9 ± 1.1 b	*	4.1 ± 1.1	4.1 ± 1.2	NS
Texture							
Sèche *	3.3 ± 1.4 a	3.5 ± 1.3 a	3.8 ± 1.4 b	**	3.7 ± 1.4 a	3.4 ± 1.4 b	*
Dur à mastiquer *	2.2 ± 1.2 a	2.6 ± 1.3 b	3.0 ± 1.3 c	**	2.7 ± 1.2	2.5 ± 1.3	NS
Moelleuse *	2.8 ± 1.4 a	2.7 ± 1.4 a	2.5 ± 1.3 b	*	2.6 ± 1.4	2.8 ± 1.4	P = 0.07
Fibreuse	4.0 ± 1.7 a	4.2 ± 1.7 a	4.6 ± 1.6 b	***	4.3 ± 1.7	4.2 ± 1.7	NS

⁽¹⁾ niveau de signification de l'effet du génotype ou des conditions d'abattage : NS, p > 0.10; *, p < 0.05; **, p < 0.01; ***, p < 0.001.

^{abc} sur une même ligne, les moyennes n'ayant pas de lettre commune sont significativement différentes au seuil α = 0.05.

Effet du génotype halothane et des conditions d'abattage sur les caractéristiques sensorielles du jambon cuit (μ ± SD)

TABLEAU 6 : UNE INTERACTION RÉELLE ENTRE CONDITIONS D'ABATTAGE ET GÉNÉTIQUE

	Conditions 'Mini'			Conditions 'Normales'		
	NN	Nn	nn	NN	Nn	nn
Tenue de la tranche	2.4 ± 1.2 a	2.5 ± 1.5 a	1.9 ± 1.1 b	3.1 ± 1.4 c	3.0 ± 1.4 c	3.1 ± 1.5 c
Texture sèche	3.7 ± 1.4 bc	3.4 ± 1.3 b	4.0 ± 1.4 c	3.0 ± 1.3 a	3.5 ± 1.4 b	3.6 ± 1.4 bc
Dur à mastiquer	2.5 ± 1.2 a	2.5 ± 1.2 a	3.1 ± 1.2 b	1.9 ± 1.1 c	2.6 ± 1.3 a	2.8 ± 1.3 a

^{abc} sur une même ligne, les moyennes n'ayant pas de lettre commune sont significativement différentes au seuil α = 0.05.

Détail des effets interactifs du gène de sensibilité à l'halothane et des conditions d'abattage sur certaines caractéristiques sensorielles du jambon cuit (μ ± SD)

Des jambons secs moins fermes chez les porcs nn

Les résultats sont présentés dans le tableau 7

Le génotype HAL affecte significativement l'ensemble des critères d'aspect du jambon sec. La cohésion des muscles, la largeur du gras périphérique et l'homogénéité de la couleur sont moins importantes chez les animaux nn que pour les deux autres génotypes. Les animaux Nn présentent des intensités de la couleur rouge et de la couleur jaune du gras supérieures à celles obtenues pour les deux autres génotypes. Les tranches de jambon issues des animaux NN ont le caractère persillé le plus intense, les Nn occupant une position intermédiaire entre les deux homozygotes. Enfin, les animaux porteurs de l'allèle 'n' présentent des zones de couleur anormale moins nombreuses que les animaux NN. Le

génotype HAL affecte plusieurs paramètres de texture du jambon sec. Les jambons secs issus des animaux sensibles à l'halothane sont moins fermes, plus moelleux et plus fondants que ceux des animaux NN, les Nn occupant une position intermédiaire.

GÉNOTYPE ET CONDITIONS D'ABATTAGE INTERAGISSENT

Les animaux abattus en conditions "Normales" présentent une meilleure cohésion des muscles entre eux, une couleur jaune du gras et un aspect persillé plus intenses que les animaux abattus en conditions "Mini" (tableau 7). De plus, leur texture est moins ferme, plus moelleuse et plus fondante que celle des animaux abattus en conditions "Mini".

L'effet de l'interaction entre le génotype HAL et les conditions d'abattage est significatif pour quatre

variables sensorielles. Le détail de ces effets est présenté dans le tableau 8. Les animaux nn abattus en conditions "Mini" présentent l'aspect persillé le moins intense (les animaux Nn occupant une position intermédiaire entre les deux homozygotes). En revanche, pour les animaux abattus en conditions "Normales", ce sont les hétérozygotes qui présentent l'aspect persillé le moins intense. L'influence du génotype HAL sur l'intensité de la couleur rouge n'est significatif que pour les animaux abattus en conditions "Normales" : les Nn présentent la plus forte intensité pour ce critère. En conditions "Mini", la note de texture sèche la plus basse est obtenue chez les animaux hétérozygotes, alors qu'en conditions "Normales", la note la plus basse est obtenue pour les animaux nn et la plus élevée pour les animaux Nn. L'effet du génotype HAL sur la note de texture ferme n'est significatif

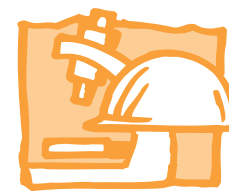


TABLEAU 7 : LE CARACTÈRE HAL DÉGRADE L'ASPECT DU JAMBON SEC

Aspect	Génotype halothane (n = 16/génotype)			P ⁽¹⁾	Conditions d'abattage (n = 24/groupe)		P ⁽¹⁾
	NN	Nn	nn		Mini	Normal	
Cohésion des muscles entre eux	4.5 ± 1.2 a	4.4 ± 1.4 a	4.1 ± 1.2 b	*	4.2 ± 1.2 a	4.5 ± 1.3 b	**
Largeur du gras	3.6 ± 1.0 a	3.6 ± 1.2 a	2.8 ± 1.0 b	***	3.4 ± 1.2	3.3 ± 1.1	NS
Couleur jaune du gras	2.0 ± 1.0 a	2.2 ± 1.1 b	1.9 ± 0.9 a	**	1.9 ± 0.9 a	2.1 ± 1.1 b	**
Persillé	4.3 ± 1.3 a	3.9 ± 1.3 b	3.5 ± 1.4 c	***	3.7 ± 1.3 a	4.1 ± 1.4 b	**
Intensité de la couleur rouge	4.3 ± 1.0 a	4.7 ± 1.0 b	4.2 ± 1.0 a	***	4.4 ± 1.0	4.4 ± 1.1	NS
Homogénéité de la couleur	4.5 ± 1.2 a	4.6 ± 1.1 a	4.2 ± 1.3 b	*	4.3 ± 1.2	4.5 ± 1.2	NS
Zones de couleur anormale	2.3 ± 1.1 a	1.9 ± 0.9 b	2.0 ± 1.0 b	*	2.1 ± 1.0	2.0 ± 1.0	NS
Odeur et goût							
Intensité de l'odeur	5.0 ± 1.1	5.1 ± 1.2	5.2 ± 1.2	NS	5.0 ± 1.2	5.1 ± 1.2	NS
Intensité du goût	5.2 ± 1.2	5.2 ± 1.2	5.2 ± 1.3	NS	5.2 ± 1.2	5.2 ± 1.2	NS
Goût salé	5.3 ± 1.0	5.3 ± 1.1	5.2 ± 1.2	NS	5.2 ± 1.1	5.3 ± 1.1	NS
Texture							
Sèche	3.1 ± 1.3	3.1 ± 1.3	3.0 ± 1.4	NS	3.1 ± 1.4	3.0 ± 1.4	NS
Dur à mastiquer	2.9 ± 1.4	2.9 ± 1.5	2.7 ± 1.5	NS	3.0 ± 1.6 a	2.7 ± 1.4 b	*
Ferme	3.7 ± 1.2 a	3.6 ± 1.3 a	3.3 ± 1.4 b	*	3.7 ± 1.4 a	3.4 ± 1.2 b	*
Moelleuse	3.2 ± 1.5 a	3.4 ± 1.6 ab	3.6 ± 1.6 b	P = 0.053	3.3 ± 1.6 a	3.6 ± 1.5 b	*
Fondante	2.6 ± 1.4 a	2.8 ± 1.5 ab	3.0 ± 1.6 b	*	2.7 ± 1.5 a	2.9 ± 1.5 b	*

⁽¹⁾ niveau de signification de l'effet du génotype ou des conditions d'abattage : NS, p > 0.10; *, p < 0.05; **, p < 0.01; ***, p < 0.001.

^{abc} sur une même ligne, les moyennes n'ayant pas de lettre commune sont significativement différentes au seuil α = 0.05.

Effet du génotype halothane et des conditions d'abattage sur les caractéristiques sensorielles du jambon sec (μ ± SD)

TABLEAU 8 : UN EFFET SURTOUT SENSIBLE DANS DES CONDITIONS D'ABATTAGES NORMALES

Aspect persillé	Conditions 'Mini'			Conditions 'Normales'		
	NN	Nn	nn	NN	Nn	n
Aspect persillé	4.1 ± 1.3 a	4.0 ± 1.2 ab	3.1 ± 1.1 b	4.4 ± 1.3 a	3.7 ± 1.4 b	4.1 ± 1.5 a
Intensité de la couleur rouge	4.3 ± 0.9 a	4.4 ± 1.0 a	4.4 ± 0.9 a	4.2 ± 1.0 ac	4.9 ± 0.9 b	3.9 ± 1.1 c
Texture sèche	3.1 ± 1.3 a	2.9 ± 1.4 b	3.2 ± 1.4 a	3.0 ± 1.4 ab	3.4 ± 1.3 a	2.7 ± 1.4 b
Texture ferme	3.9 ± 1.3 a	3.5 ± 1.4 a	3.6 ± 1.4 a	3.5 ± 1.1 ab	3.7 ± 1.2 a	3.0 ± 1.3 b

^{abc} sur une même ligne, les moyennes n'ayant pas de lettre commune sont significativement différentes au seuil α = 0.05.

Détail des effets interactifs du gène de sensibilité à l'halothane et des conditions d'abattage sur certaines caractéristiques sensorielles du jambon sec (μ ± SD)

que pour les conditions d'abattage "Normales" : les animaux nn ont la texture la moins ferme et les Nn, la plus ferme.

DÉFAUTS DE COULEUR DES VIANDES PSE

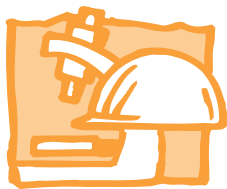
Les résultats de l'analyse sensorielle des longues sont en accord avec des travaux antérieurs concernant l'effet du gène HAL (voir Sellier, 1998 pour revue). Les critères d'aspect comme l'intensité et l'homogénéité de la couleur sont très logiquement affectés par le génotype HAL. Ceci s'explique par les défauts de couleur caractéristiques des viandes PSE. De même, nos résultats confirment que l'effet du gène HAL se manifeste surtout sur les caractéristiques de texture. Il est particulière-

ment important de noter que pour la tendreté de la viande, les animaux hétérozygotes se situent dans une position intermédiaire entre les deux homozygotes. Ce résultat corrobore les travaux de Monin et al. (1999). Seule l'intensité de la couleur est significativement affectée par les conditions d'abattage. Les animaux abattus en conditions "Normales" ont une plus forte intensité de la couleur, attribuable probablement à leur pH ultime plus élevé.

UN RENDEMENT DE FABRICATION DES JAMBONS CUITS PLUS FAIBLE CHEZ LES PORCS SENSIBLES A L'HALOTHANE

Nos résultats indiquent que le rendement technologique de fabrica-

tion du jambon cuit ne diffère pas entre les homozygotes normaux et les hétérozygotes. Ils sont en accord avec les résultats de Guéblez et al. (1996) et Miller et al. (2000), mais ne corroborent pas d'autres travaux montrant un rendement technologique diminué chez les animaux hétérozygotes (Leach et al., 1996; Fisher et al., 2000). En revanche, nos résultats confirment l'effet du gène HAL à l'état homozygote sur le rendement technologique (voir Sellier, 1998, pour revue). Comme c'est le cas pour la viande fraîche, la texture des jambons cuits est affectée par le gène HAL. À l'exception du critère « dur à mastiquer » pour lequel les animaux hétérozygotes se situent dans une position intermédiaire entre les deux homozygotes, on peut conclure globalement que



les effets négatifs du gène HAL sur la texture des jambons cuits se manifestent principalement à l'état homozygote. Guéblez et al. (1996) ne trouvaient pas de différence significative de texture entre les porcs hétérozygotes et homozygotes normaux. Les animaux nn donnent des jambons cuits dont la texture est plus sèche, plus dure à mastiquer, plus fibreuse et moins moelleuse que les deux autres génotypes. Les résultats de l'analyse sensorielle sont tout à fait en accord avec les mesures mécaniques de texture réalisées sur les micro-fabrications à partir d'échantillons de muscle SM. En effet, les mesures rhéologiques réalisées sur les échantillons saumurés et chauffés montrent également un effet du gène HAL sur les contraintes à la déformation, quelle que soit la température de chauffage.

Seules la tenue de tranche et la texture sèche des jambons cuits sont significativement affectées par les conditions d'abattage. Le fait que les animaux abattus en conditions "Normales" aient un pH ultime sensiblement supérieur explique probablement la meilleure tenue des tranches et la texture moins sèche des jambons cuits chez ces animaux. De plus, comme le montre l'interaction entre l'effet génotype et conditions d'abattage, il n'y a pas de différence de tenue de tranche en fonction du génotype HAL lorsque les animaux sont abattus en

conditions "Normales". Il est probable que l'élévation du pH ultime moyen contrebalance les effets de la sensibilité à l'halothane sur le développement des caractéristiques PSE. L'interaction se manifeste également sur le caractère dur à mastiquer : en conditions "Mini" les hétérozygotes se comportent comme les normaux, alors qu'en conditions "Normales" ils se comportent comme les animaux sensibles. Ce résultat est difficile à expliquer.

LES DÉFAUTS DE PRÉSENTATION DES VIANDES PSE SE RETROUVENT DANS LE JAMBON SEC

Les pertes au cours de la transformation étaient significativement plus importantes chez les nn que chez les NN et Nn. Ce résultat corrobore les observations de Guéblez et al. (1996). Toutefois, Nanni-Costa et al. (1999) enregistraient des pertes plus importantes chez les Nn que chez les homozygotes normaux. Le résultat le plus surprenant concerne l'effet du gène HAL sur les caractéristiques sensorielles du jambon sec. En effet, d'une manière générale, les animaux nn occupent la position la plus défavorable sur les critères d'aspect du produit, et plus particulièrement de couleur, en accord avec les résultats de Guéblez et al. (1996). Ceci suggère que les défauts de couleur caractéristiques des viandes PSE à l'état

frais ont une incidence sur la couleur du jambon sec. Au contraire, en ce qui concerne certains critères de texture comme la fermeté, le caractère moelleux et fondant, les animaux nn occupent la position la plus favorable. Ce résultat surprenant mérite d'être confirmé car il est de plus en désaccord avec les travaux de Guéblez et al. (1996). Il est encore difficile de lui donner une explication claire. L'effet de l'interaction entre les conditions d'abattage et le génotype HAL est significatif pour quelques variables. Toutefois, le sens de cette interaction est difficile à établir.

UNE POSITION INTERMÉDIAIRE DES HÉTÉROZYGOTES

Nos résultats confirment les effets négatifs du gène de sensibilité à l'halothane, à l'état homozygote, sur la majorité des critères de qualités sensorielles de la longe, du jambon cuit et du jambon sec, à l'exception de certaines caractéristiques de texture du jambon sec, pour lesquelles les animaux nn présentent l'évaluation la plus favorable. Nos résultats confirment également que la position fluctuante des hétérozygotes par rapport aux homozygotes normaux et sensibles pourrait dépendre des conditions d'abattage. Toutefois, cette conclusion n'est vraie que pour une partie des critères mesurés et seulement pour le jambon cuit et le jambon sec.

B I B L I O G R A P H I E

BOLES, J.A., PARRISH, F.C., SKAGGS, C.L. & CHRISTIAN, L.L. (1991). Effect of porcine somatotropin, stress susceptibility and final endpoint of cooking temperature on the sensory, physical and chemical properties of pork loin chops. *J. Anim. Sci.*, 69, 2865-2870.

FERNANDEZ, X., NEYRAUD, E., ASTRUC, T. & SANTÉ, V. (2001). Effects of halothane genotype and slaughter conditions on pig meat quality- Post mortem metabolism, meat quality indicators and sensory traits of muscle longissimus lumborum. *Meat Sci.*, soumis à publication.

FISHER, P., MELLETT, F.D. & HOFFMAN, L.C. (2000). Halothane genotype and pork quality. 2. Cured meat products of three halothane genotypes. *Meat Sci.*, 54, 107-111.

FUJII, J., OTSU, K., ZORZATO, F., DE LEON, S., KHANNA, V.K., WEILER, J., O'BRIEN, P.J. & MACLENNAN, D.H. (1991). Identification of a mutation in the porcine ryanodine receptor that is associated with malignant hyperthermia. *Science*, 253, 448-451.

GUÉBLEZ, R., BOUYSSIÈRE, M. & SELLIER, P. (1996). Évaluation sensorielle de différents produits issus de porcs de génotype halothane connu. *Journées Rech. Porcine, France*, 28 : 45-52.

JACQUET, B., SELLIER, P., RUNAVOT, J.-P., BRAULT, D., HOUIX, Y., PERROCHEAU, C., GOGUE, J. & BOULARD, J. (1984). Prédiction du rendement technologique de la fabrication du « Jambon de Paris » à l'aide de mesures prises à l'abattoir. *Journées Rech. Porcine France*, 16: 49-58.

LEACH, L.M., ELLIS, M., SUTTON, D.S., MCKEITH, F.K. & WILSON, E.R. (1996). The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. *J. Anim. Sci.*, 74 : 934-943.

MILLER, K.D., ELLIS, M., MCKEITH, F.K. & WILSON, E.R. (2000). Influence of sire line and halothane genotype on growth performance, carcass characteristics, and meat quality in pigs. *Canadian J. Anim. Sci.*, 80, 319.

MONIN, G., LARZUL, C., LE ROY, P., CULIOLI, J., MOURROT, J., ROUSSET-AKRIM, S., TALMANT, A., TOURAILLE, C. & SELLIER, P. (1999). Effects of the halothane genotype and slaughter weight on texture of pork. *J. Anim. Sci.*, 77, 408-415.

NANNI COSTA, L., LO FIEFO, D.P., DALL'ORIO, S., DAVOLI, R. & RUSSO, V. (1999). Influence of loading method and stocking density during transport on meat and dry-cured ham quality in pigs with different halothane genotypes. *Meat Sci.*, 51 : 391-399.

SELLIER, P. (1998). Genetics of meat and carcass traits. In : *The genetics of the pigs*, (M.F. Rotshschild & A. Ruvinsky, eds.) pp. 463. CAB International, Wellington, UK.

WOLF-SCHWERIN, C. & KALLWEIT, E. (1991). Belastungsreaktionen und Leistungsmerkmale von definierten Halothanogenotypen des Deutschen Landrasse. *Züchtungskunde*, 63, 51-56.