



La production de porc à l'extérieur peut être une bonne alternative à l'élevage conventionnel en bâtiment. En effet, leurs viandes bénéficient d'une meilleure image car les consommateurs assimilent la production en extérieur à un bien être supérieur. Cependant, les effets du mode d'élevage sur les qualités technologiques des viandes sont variables. Certaines études montrent que les pH initiaux et ultimes sont similaires, quel que soit le système d'élevage (Lebret et al., 2002; Gentry et al., 2004). D'autres auteurs, au contraire, observent une diminution de ces paramètres chez les porcs élevés à l'extérieur avec parfois des répercussions négatives sur le pouvoir de rétention d'eau de leurs viandes (Enfält et al., 1997; Sather et al., 1997; Lambooi et al., 2004). Aucune étude ne met en évidence une amélioration de la qualité des viandes des porcs élevés à l'extérieur.

Elevage estival de porcs en extérieur

Effet de la génétique et des conditions d'abattage sur le comportement, la physiologie et les qualités des viandes

L'élevage de porcs sur parcelle en période estivale ou l'utilisation de père Duroc, associé à un abattage à 150kg, a des conséquences positives sur les qualités sensorielles des viandes.

Ce type d'élevage permet une expression comportementale plus variable et réduit l'agressivité pendant le mélange avant l'abattage.

TERLOUW C., ASTRUC T., BERNE A., HAYE E., LAVILLE E., LHOUTELLIER-SANTÉ V., MONIN G., MORZEL M., SAYD T., HAMELIN M., VERNIN P.

Inra de Theix
Qualités des Produits Animaux
63122 St-Genès-Champanelle, France

PROTOCOLE

Animaux et hébergement

Vingt femelles Large White x Landrace ont été inséminées avec un mélange de semence issu de verrats Duroc et Large White fournis par la société de sélection "Pig Improvement Company". Sur 200 porcelets, 96 ont été sélectionnés selon leur ascendance et leur poids. L'expérimentation a été planifiée selon deux répétitions réalisées à 1 an d'intervalle (2002 et 2003). Le plan d'expérience était prévu pour être équilibré pour le type génétique, mais pour des raisons inconnues, le nombre de naissances de porcelets de père Large White dans la seconde répétition ne fut pas suffisant. Par conséquent, pour cette répétition seulement 12 porcelets de père Large White ont été sélectionnés contre 36 porcelets de père Duroc. Les naissances ont eu lieu sur des parcelles contenant des cabanes de mise-bas. Les porcelets ont été sevrés à 4 semaines puis hébergés en bâtiment jusqu'à leur mise en engraissement à l'âge de 2 mois. La moitié de chaque type génétique a été engraisée en bâtiment intérieur. La salle d'élevage, chauffée et ventilée, de 4,00 m de large sur 8,80 m de longueur était compartimentée en 4 cases de 2,20 m x 2,90 m. La seconde moitié des porcs a été engraisée en extérieur, sur des parcelles de 850 m². Chaque parcelle disposait d'une cabane de 7,5 m², d'une auge, d'un abreuvoir et d'un trou creusé à même le sol et rempli d'eau permettant aux animaux de se baigner. Chaque parcelle et chaque case intérieure hébergeaient six porcs : 3 femelles (F), 3 mâles castrés (MC) d'un même type génétique. Les animaux ont été mis en engraissement en avril et abattus en octobre. Les porcs élevés en extérieur étaient nourris à volonté, alors que les intérieurs étaient légèrement rationnés pour standardiser les poids à des âges comparables. La nourriture liquide (soupe) était quotidiennement distribuée à 6 h et 18 h Les porcs étaient pesés tous les mois.

Comportement et physiologie

Les porcs ont été observés durant la période d'engraisement toutes les 2 semaines de 8 h à 18 h pour connaître leur comportement spontané (10 jours d'observation au total). Toutes les 20 min, la position, la posture et l'activité de chaque animal étaient identifiées soit par observation directe dans le champ, soit par observation différée pour les porcs intérieurs par l'intermédiaire d'enregistrement vidéo. Les cases intérieures étaient séparées en deux parties égales par une ligne imaginaire, l'une correspondant à l'aire de restauration, l'autre à l'aire de défécation. Dans les parcelles extérieures, une aire de proximité des auges, de l'abreuvoir et de la mare était distinguée du reste de l'enclos (50 % de la surface totale). À l'intérieur même de cette aire, une surface contiguë à la cabane était distinguée. La position des animaux était notée relativement à cette convention.

À un âge compris entre 4 et 5 mois, chaque animal a été soumis à un test d'isolement de 5 h. Chaque porc intérieur était séparé de ses congénères et introduit dans un enclos non familial de 2 x 3 m. Chaque porc extérieur était conduit et enfermé dans une petite bétailière également non familière et de mêmes dimensions. L'animal en isolement ne voyait pas ses congénères mais pouvait les entendre. Avant de le faire entrer dans le local d'isolement, chaque animal était transporté pendant 3 min sur un chariot afin de standardiser la procédure pour les deux modes d'élevage. Au cours de ce test, chaque animal était muni d'un cardiofréquencemètre (Polar) programmé pour mesurer et enregistrer la fréquence cardiaque toutes les 5 s. Chaque local d'isolement était équipé d'une caméra pour filmer le comportement des animaux. Les enregistrements ont été analysés en notant la posture et l'activité durant 1 min dans chaque période de 10 min.

Abattage

Les porcs ont été abattus à l'âge de 8 mois dans un petit abattoir local après une période de jeûne de 24 h. Ils étaient étourdis au sol à l'aide d'une pince à électronarcose manuelle à bas voltage (Type "Le Morphé"). Les abattages ont été réalisés sur 2 journées différentes à une semaine d'intervalle. La moitié de chaque groupe d'élevage a été abattue après mélange des animaux en formant des groupes de six porcs venant de différents groupes d'élevage. Les porcs mélangés étaient transportés 1 h 30 après le mélange jusqu'à l'abattoir situé à 25 km (30 min de transport) et hébergés toute la nuit dans l'aire d'attente de l'abattoir sans nouveaux mélanges. Les animaux de la moitié restante de chaque groupe d'élevage n'étaient pas mélangés et étaient transportés à l'abattoir le matin pour être abattus immédiatement à leur arrivée. La procédure d'abattage était équilibrée pour le mode d'élevage, le type génétique, le sexe et le jour d'abattage en tenant compte du poids vif.

Les températures des muscles *Longissimus lumborum* (LL), *Semispinalis capitis* (SC) et *Semimembranosus* (SM) ont été mesurées à 15 min et 45 min post mortem. Des échantillons de chacun des 3 muscles ont été prélevés en fin de chaîne à 45 min post mortem pour mesurer le pH (muscle homogénéisé dans 18 mL de 5 mM iodoacétate) et pour doser ultérieurement le glycogène et le lactate. Le potentiel glycolytique (PG), traduit la quantité de lactate susceptible d'être produite au cours de la glycolyse post mortem. Cette valeur, exprimée en "équivalent lactate" reflète le niveau de glycogène musculaire avant la saignée et a été calculée selon la formule $PG = 2 [lactate] + [glycogène]$, basée sur la formule de Monin et Sellier (1985). Les meurtrissures étaient évaluées sur les parties arrière, dorsale, au niveau des épaules et du cou conformément à l'échelle (1 = carcasse intacte, 4 = multiple et/ou lésions profondes) proposée par Barton Gade et al. (1996).

Vingt-quatre heures post mortem, 1 g de chaque muscle étudié a été prélevé pour doser le glycogène et le lactate. La température, le pH, la couleur (indice de rouge a*, indice de jaune b* et réflectance L*, chromamètre Minolta CR 300) des 3 muscles ont été directement mesurés sur la carcasse. Les mesures de couleur ont été réalisées de nouveau à 4 et 8 jours post mortem sur le LL et le SC. Pour déterminer les pertes par exsudation, une tranche de LL de 2 cm d'épaisseur a été prélevée au niveau de la dernière côte 24 h post mortem, suspendue dans un sac en plastique et stockée en chambre froide à 4 °C. Les pertes par exsudation ont été mesurées à 72 et 120 h plus tard et exprimées en pourcentage du poids initial de l'échantillon.

Sur une demi-carcasse de chaque porc, une longe et un jambon ont été prélevés pour effectuer des analyses sensorielles sur produit frais (longes) et sur produit sec (jambons). En plus des facteurs de variation, le choix des porcs utilisés pour les analyses sensorielles était équilibré pour la date d'abattage et le pH ultime. Les jambons ont été congelés à -20 °C le lendemain de l'abattage et les longes 4 jours après l'abattage. Les longes congelées ont été tranchées avec une scie adaptée (tranches standardisées de 1,5 cm d'épaisseur) et la graisse de couverture a été parée. Un jury entraîné (12 membres) a caractérisé les aspects visuels crus et cuits, la flaveur et la texture des tranches au cours de 4 sessions à l'aide d'un questionnaire préalablement établi avec des notes allant de 1 (absence du trait considéré) à 7 (forte présence du trait). Les tranches étaient cuites 2,5 min sur chaque face au grill à 180 °C. La transformation des jambons a duré 9 mois. Un jury entraîné de 8 membres a caractérisé l'aspect, la structure, l'arôme et la flaveur à l'aide d'un questionnaire pré-établi avec des notes allant de 0 (absence du trait considéré) à 6 (forte présence du trait). Les moyennes des notes ont été utilisées pour l'interprétation des analyses.

Analyses statistiques

Pour chaque système d'élevage, les moyennes des fréquences de posture, d'activité et d'emplacement ont été calculées sur la totalité de la période d'élevage pour une analyse globale (Chi-deux). Les fréquences sont exprimées en pourcentage sur la totalité des observations. Pour l'étude de l'isolement et du mélange, les durées et fréquences des comportements agressifs ont été évaluées à l'aide d'un logiciel de saisie (Observer version 5, Noldus, Wageningen, Pays-Bas). Les effets des traitements sur la fréquence cardiaque, le comportement au cours du test d'isolement et sur les mesures de qualité de carcasse et de viande ont été étudiés par analyse de variance. Celle-ci comprenait 5 facteurs inter-individuels (2 types génétiques, 2 modes d'élevage, 2 conditions d'abattage, 2 sexes et 2 répétitions) auxquels peut s'ajouter le facteur intra-individuel temps, selon le paramètre étudié. Le test t a ensuite été utilisé pour identifier les différences.

Des liens entre variables ont été étudiés à l'aide de corrélations de Pearson et de Spearman sur l'ensemble de la population. Ces analyses étaient associées à des corrélations de Pooled Pearson. Ce dernier test prend en compte les moyennes de chaque groupe de traitement plutôt que les moyennes totales. Des corrélations entre les caractéristiques technologiques du SM et sensorielles du jambon sec sont seulement reportées si ces 3 types de corrélations étaient significatifs. Quand une variable était corrélée avec plusieurs autres variables, une régression multiple était effectuée afin d'isoler la ou les corrélations principales. Les seuils de signification reportés font référence à des corrélations par Pearson. Des analyses de covariance ont été utilisées pour établir, si possible, l'origine des effets des facteurs de variation. Si l'introduction de la covariable (par exemple le PG) dans l'analyse de variance annule l'effet d'un facteur (par exemple l'effet de l'élevage sur le pH), la covariable explique l'effet du facteur sur la variable.

Les effets de l'élevage à l'extérieur sur le bien être animal sont multiples et concernent la période d'élevage mais aussi la procédure d'abattage. Un environnement pauvre limite l'expression comportementale, diminuant le bien-être (Brambell, 1965; Day et al., 2002). Le bien-être des porcs élevés à l'extérieur pourrait donc être meilleur grâce à leur plus grande liberté d'expression comportementale. Peu d'informations sont disponibles sur l'effet de l'élevage relativement à la façon de réagir à la procédure d'abattage. Les porcs élevés dans un environnement pauvre ont un comportement plus actif pendant le transport et durant l'attente en abattoir que ceux élevés sur une aire enrichie avec de la paille (De Jong et al., 2000; Klont et al., 2001). Ce phénomène peut expliquer chez les premiers l'obtention de viandes plus exsudatives consécutivement à une diminution de pH plus rapide (Klont et al., 2001). De plus, la qualité de la viande peut être directement influencée par les effets de l'élevage à l'extérieur; une activité physique plus intense et plus régulière liée aux déplacements agit sur la composition de la carcasse et des muscles et sur les réserves en glycogène (Enfält et al., 1993; Marchant and Broom, 1996).

À l'heure actuelle, nous n'avons que peu de connaissances sur l'adaptabilité des différentes races de porcs à l'élevage en extérieur. Le type génétique peut influencer la réactivité au stress d'abattage. Afin d'apporter des éclaircissements à ces questions, nous avons étudié les effets interactifs

- du génotype et du mode d'élevage sur le comportement et la réactivité au stress à la fois pendant l'élevage et au cours de l'abattage;
- du génotype et du mode d'élevage, des conditions d'abattage et de la réactivité individuelle au stress sur les qualités de la viande fraîche et du jambon sec.

Les porcs ont été abattus à 150 kg vifs dans le but d'augmenter les différences liées aux traitements.

RÉSULTATS

Comportement et fréquence cardiaque

Le mode d'élevage influençait le comportement spontané. La posture n'était pas significativement différente bien que les porcs extérieurs soient plus souvent debout (2002 :

42,3 % contre 21,5 % pour les intérieurs; 2003 : 29,3 % contre 17,5 % pour les intérieurs). Les principales activités, définies comme celles qui occupent plus de 2,5 % du temps, tendaient à être différentes ($p < 0,07$). Pour les porcs extérieurs, les principales activités étaient d'être vigilant (2,7 %), manger à l'auge (3,8 %), fouiller le sol (5,7 %) marcher (6,1 %) se baigner (9,3 %), et rester inactif (41,5 %). Les porcs n'étaient pas observables quand ils se trouvaient dans la cabane (14,4 %). Pour les porcs intérieurs, les principales activités concernaient les interactions non agressives avec leurs congénères (2,6 %), le fait de manger à l'auge (5,2 %), de marcher (3,3 %), de renifler ou toucher les barrières (13,9 %) et de rester inactifs (68,4 %). Les interactions, agressives ou non, présentent des différences selon le mode d'élevage ($p < 0,01$), car il y avait beaucoup moins d'interactions non agressives à l'extérieur (0,4 %) qu'à l'intérieur. Toutefois, le niveau des interactions agressives était faible dans les deux systèmes d'élevage ($< 0,03$ %). Les porcs intérieurs passaient un peu plus de temps sur la partie de l'enclos où se situait la nourriture (55 %) que sur celle réservée à la défécation (45 %). Les porcs extérieurs passaient 32 % du temps dans, ou à proximité de la mare, 26 % dans la cabane, 24 % dans l'aire de restauration et 18 % dans un périmètre situé à 2 m de la cabane.

Pour le test d'isolement, seules les différences significatives pour les deux répétitions sont reportées. Comparés aux porcs extérieurs, les intérieurs étaient moins souvent couchés sur le côté ($31,6 \pm 4,2$ % vs $45,3 \pm 4,4$ %; $p < 0,01$) et plus souvent sur le ventre ($36,9 \pm 3,6$ vs $31,2 \pm 3,4$ %; $p = 0,06$). Couchés sur le ventre, les porcs intérieurs reposaient leur tête moins souvent ($37,5 \pm 4,17$ vs $49,3 \pm 4,5$ %; $p < 0,02$). Les porcs intérieurs se levaient plus souvent pendant la seconde heure ($p < 0,005$) et étaient généralement plus actifs. Ils marchaient plus ($2,46 \pm 0,42$ vs $1,47 \pm 0,33$ %; $p = 0,01$), montraient plus de reniflage du sol et des barrières ($13,55 \pm 1,77$ vs $9,24 \pm 1,59$ %; $p = 0,01$) et un niveau plus élevé de l'association de ces activités ("déplacement pendant le reniflage": $2,12 \pm 0,38$ vs $0,78 \pm 0,21$ %; $p < 0,0001$). Les différences de posture et d'activité étaient présentes pendant les 5 h mais significatives seulement pen-

dant les 3 premières heures. L'effet des conditions d'élevage sur ces dernières activités restait significatif après correction pour le niveau plus élevé de la posture debout chez les porcs intérieurs.

Pendant l'isolement, la fréquence cardiaque était élevée au cours de la première heure ($128,0 \pm 1,8$ battements par minute : bpm) et diminuait significativement pendant la dernière heure ($100,8 \pm 1,5$ bpm, $p < 0,0001$) et ce, indépendamment du mode d'élevage et du type génétique. En introduisant la réaction cardiaque initiale à l'isolement en covariable (ce qui permet de s'affranchir du biais qu'elle peut introduire dans les analyses), on met en évidence une diminution de la fréquence cardiaque plus rapide durant les 4 premières heures d'isolement pour les porcs extérieurs avec les différences les plus importantes pendant les deuxième et troisième heures.

Qualités des carcasses et des viandes

La courbe de croissance différait selon l'année et le mode d'élevage ($p < 0,0001$). Le quatrième mois de la première année, les porcs extérieurs avaient un gain plus ($p < 0,01$) important ($1,01 \pm 0,05$ kg) que les porcs intérieurs ($0,78 \pm 0,06$ kg) à la différence de l'année suivante où celui-ci était similaire pour les deux groupes ($0,71 \pm 0,03$ et $0,73 \pm 0,03$; respectivement). Par conséquent, la première année, à 4 et 5 mois, les porcs extérieurs étaient plus ($p < 0,01$) lourds ($138 \pm 9,9$ et $162 \pm 2,8$ kg) que les porcs intérieurs ($127 \pm 2,9$ et $153 \pm 3,1$ kg), à la différence de l'année suivante où les poids étaient similaires (4 mois: $132 \pm 2,1$ et $131 \pm 2,5$ kg; 5 mois: $145 \pm 2,4$ et $147 \pm 2,6$ kg, extérieur et intérieur respectivement). À l'abattage, les carcasses des porcs extérieurs de la première année étaient plus ($p = 0,05$) lourdes ($134,9 \pm 2,4$ kg) que celles des porcs intérieurs de cette année ($123,0 \pm 4,2$ kg) et que celles de la deuxième année (intérieur: $123,4 \pm 2,1$; extérieur: $122,9 \pm 2,3$ kg).

Le niveau de lésions était plus élevé ($p < 0,01$) pour les porcs intérieurs mélangés avant l'abattage ($2,33 \pm 0,17$) que pour les porcs extérieurs abattus selon le même procédé ($1,63 \pm 0,12$). Ce taux de meurtrissures était faible pour les porcs non mélangés quel que soit le mode d'é-

Tableau 1a. : EFFETS PRINCIPAUX DES CONDITIONS D'ABATTAGE, DU SYSTÈME D'ÉLEVAGE ET DU TYPE GÉNÉTIQUE SUR LES TENEURS DE GLYCOGÈNE, DE LACTATE ($\mu\text{MOLES/G}$ DE MUSCLE FRAIS) ET SUR LE pH POUR LES MUSCLES LL, SM ET SC EN 2002

2002	LL		SM		SC		Seuil de signification ¹			
	De père LW	De père D	De père LW	De père D	De père LW	De père D	LL	SM	SC	
	Type génétique									
Glycogène 45 min	46,0 ± 3,5	36,6 ± 2,4	44,2 ± 3,1	40,5 ± 1,6	17,1 ± 2,3	13,7 ± 1,1	*			
Lactate 45 min	45,0 ± 3,7	46,3 ± 3,0	34,1 ± 3,5	35,1 ± 2,3	30,8 ± 1,8	32,6 ± 1,2				
PG 45 min	137,0 ± 6,5	119,0 ± 3,3	122,5 ± 5,6	116,0 ± 2,2	65,0 ± 5,4	60,0 ± 2,3	*			
Glycogène 24 h	13,3 ± 1,3	10,5 ± 0,7	16,4 ± 2,3	10,7 ± 0,9	3,5 ± 1,2	2,4 ± 0,6		*		
Lactate 24 h	74,0 ± 3,0	73,3 ± 1,4	75,4 ± 3,0	78,8 ± 1,9	30,0 ± 2,4	30,1 ± 1,8				
pH 45 min	6,56 ± 0,04	6,53 ± 0,03	6,50 ± 0,08	6,46 ± 0,07	6,54 ± 0,05	6,55 ± 0,03				
pH 24 h	5,51 ± 0,05	5,52 ± 0,03	5,59 ± 0,05	5,61 ± 0,04	6,01 ± 0,05	5,91 ± 0,04				
	Mode d'élevage									
	Élevage intérieur	Élevage extérieur	Élevage intérieur	Élevage extérieur	Élevage intérieur	Élevage extérieur				
Glycogène 45 min	44,0 ± 3,2	37,7 ± 2,7	32,5 ± 2,2	41,8 ± 2,6	14,4 ± 1,9	16,1 ± 1,5		*		
Lactate 45 min	44,7 ± 3,2	46,7 ± 3,5	34,3 ± 2,2	35,0 ± 3,4	33,3 ± 1,5	30,3 ± 1,4				
PG 45 min	132,7 ± 5,3	122,2 ± 4,9	119,3 ± 3,3	118,7 ± 4,5	62,1 ± 4,1	62,5 ± 3,7				
Glycogène 24 h	11,8 ± 1,1	12,2 ± 1,0	11,9 ± 1,4	14,5 ± 2,0	1,8 ± 0,5	3,8 ± 1,9				
Lactate 24 h	73,8 ± 1,8	74,6 ± 2,6	79,0 ± 1,7	75,7 ± 2,9	30,9 ± 2,6	30,2 ± 1,6				
pH 45 min	6,53 ± 0,04	6,56 ± 0,03	6,47 ± 0,07	6,49 ± 0,08	6,58 ± 0,03	6,52 ± 0,05				
pH 24 h	5,52 ± 0,03	5,51 ± 0,05	5,60 ± 0,02	5,61 ± 0,06	6,02 ± 0,05	5,93 ± 0,04				
	Conditions d'abattage									
	Mélange et attente ²	Absence de mélange et d'attente	Mélange et attente	Absence de mélange et d'attente	Mélange et attente	Absence de mélange et d'attente				
Glycogène 45 min	40,0 ± 3,0	41,7 ± 3,2	41,5 ± 2,1	42,8 ± 2,7	13,7 ± 1,5	16,8 ± 1,9				
Lactate 45 min	42,2 ± 3,2	49,2 ± 3,3	30,9 ± 2,2	38,4 ± 3,2	30,3 ± 1,5	33,3 ± 1,4		*	+	
PG 45 min	122,2 ± 5,7	132,7 ± 4,4	114,0 ± 3,5	123,9 ± 4,1	57,7 ± 3,0	66,8 ± 4,3		+		
Glycogène 24 h	10,3 ± 0,9	13,6 ± 1,0	10,8 ± 1,5	15,7 ± 1,8	2,3 ± 0,4	3,5 ± 1,2	*	*		
Lactate 24 h	71,8 ± 2,8	76,6 ± 1,3	78,3 ± 3,0	76,3 ± 1,4	28,6 ± 1,9	32,4 ± 2,0	+			
pH 45 min	6,60 ± 0,03	6,48 ± 0,03	6,53 ± 0,06	6,43 ± 0,09	6,63 ± 0,03	6,46 ± 0,04	*		**	
pH 24 h	5,56 ± 0,05	5,47 ± 0,02	5,63 ± 0,04	5,58 ± 0,05	6,04 ± 0,05	5,89 ± 0,03	+			
	Sexe									
	Mâles castrés	Femelles	Mâles castrés	Femelles	Mâles castrés	Femelles				
Glycogène 45 min	38,1 ± 1,9	41,7 ± 2,1	40,4 ± 2,2	43,8 ± 2,5	13,8 ± 1,3	16,5 ± 2,0		+		
Lactate 45 min	36,3 ± 2,4	40,3 ± 2,4	35,5 ± 3,1	33,9 ± 2,6	29,5 ± 1,6	33,9 ± 1,2			*	
PG 45 min	119,0 ± 4,6	135,2 ± 5,1	116,2 ± 4,1	121,5 ± 3,8	57,2 ± 3,0	66,9 ± 4,2	*		+	
Glycogène 24 h	10,9 ± 0,9	13,0 ± 1,1	14,3 ± 2,1	12,2 ± 1,3	2,1 ± 0,7	3,4 ± 0,9	*			
Lactate 24 h	69,9 ± 2,6	78,1 ± 1,3	76,7 ± 2,9	77,9 ± 1,8	28,4 ± 1,9	31,9 ± 1,9	**			
pH 45 min	6,58 ± 0,04	6,51 ± 0,03	6,47 ± 0,07	6,49 ± 0,08	6,51 ± 0,05	6,58 ± 0,03				
pH 24 h	5,56 ± 0,05	5,47 ± 0,03	5,64 ± 0,06	5,57 ± 0,02	6,02 ± 0,05	5,94 ± 0,04	+			

¹+: $p \leq 0,10$; *: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$; ****: $p \leq 0,0001$
²: Mélange à la ferme (1 h 30) et attente à l'abattoir (une nuit)

levage (1,11 ± 0,04 pour les intérieurs et 1,03 ± 0,02 pour les extérieurs). Les différences entre les groupes dépendaient en partie de l'année d'élevage et du muscle étudié. Ainsi, la première année, des niveaux plus élevés étaient obtenus pour le PG du LL ($p < 0,01$) alors que le SC avait une teneur en glycogène et un PG inférieur à l'année suivante ($p < 0,05$), avec un pH ultime plus bas ($p < 0,05$). La première année, le pH à 45 min du LL était plus élevé ($p < 0,01$) et celui du SM plus bas ($p < 0,05$) que pour la seconde année. En 2003, l'effet de l'élevage extérieur sur les teneurs en gly-

cogène était plus prononcé. Par conséquent, les données concernant le PG et le pH sont présentées par année et de manière globale (tableaux 1 et 2). De façon générale, les LL et SC des porcs non mélangés avaient un pH ultime plus bas que des porcs mélangés. Les LL et SC des porcs extérieurs avaient un pH ultime plus bas que les porcs intérieurs. Ces effets étaient liés aux différents niveaux de glycogène pour les deux muscles. Pour le LL, les effets étaient entièrement expliqués par le PG plus élevé, mais seulement en partie pour le SC (analyse de variance avec PG comme covariable).

Le type génétique et le mode d'élevage n'ont pas influencé le pH du SM. Les effets du sexe sur le glycogène du LL dépendaient du type génétique ($p < 0,05$), sans interaction ($p > 0,20$) avec l'année d'élevage, malgré des effets plus prononcés la première année (tableau 3). Le glycogène résiduel des LL et SM était influencé par le sexe, les conditions d'élevage et l'année ($p < 0,01$; tableau 3).

Le pouvoir de rétention d'eau mesuré à 72 h post mortem était moins élevé ($p < 0,05$) chez les porcs de père Large White (perte de 5,24 ± 0,40 %) que

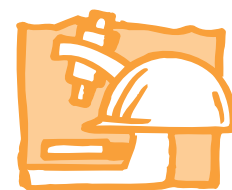


Tableau 1b. : EFFETS PRINCIPAUX DES CONDITIONS D'ABATTAGE, DU SYSTÈME D'ÉLEVAGE ET DU TYPE GÉNÉTIQUE SUR LES TENEURS DE GLYCOGÈNE, DE LACTATE (μ MOLES/G DE MUSCLE FRAIS) ET SUR LE PH POUR LES LL, SM ET SC EN 2003

2003	LL		SM		SC		Seuil de signification ¹		
	Type génétique						LL	SM	SC
	De père LW	De père D	De père LW	De père D	De père LW	De père D			
Glycogène 45 min	39,5 ± 4,4	38,8 ± 2,2	49,9 ± 4,5	40,3 ± 2,0	28,6 ± 5,6	26,2 ± 2,7			*
Lactate 45 min	40,5 ± 3,5	28,5 ± 2,1	23,8 ± 3,3	26,0 ± 1,8	21,0 ± 3,3	19,8 ± 1,0			*
PG 45 min	119,5 ± 6,8	106,1 ± 3,9	122,6 ± 6,7	106,6 ± 3,6	78,1 ± 10,2	72,2 ± 5,5	+		*
Glycogène 24 h	13,6 ± 2,1	8,8 ± 0,9	14,9 ± 2,1	10,1 ± 1,0	14,2 ± 3,9	13,1 ± 2,2	**		*
Lactate 24 h	66,7 ± 5,0	59,9 ± 2,4	64,7 ± 2,1	63,6 ± 2,9	29,1 ± 2,4	27,3 ± 1,9			
pH 45 min	6,31 ± 0,06	6,51 ± 0,03	6,67 ± 0,06	6,62 ± 0,03	6,54 ± 0,02	6,55 ± 0,02			*
pH 24 h	5,48 ± 0,03	5,59 ± 0,03	5,57 ± 0,03	5,61 ± 0,03	5,87 ± 0,06	5,88 ± 0,04			*
Mode d'élevage									
	Élevage intérieur	Élevage extérieur	Élevage intérieur	Élevage extérieur	Élevage intérieur	Élevage extérieur			
Glycogène 45 min	33,4 ± 2,2	44,5 ± 2,7	36,0 ± 2,4	48,7 ± 2,4	17,2 ± 2,2	36,3 ± 3,1	**	***	***
Lactate 45 min	32,5 ± 2,8	30,0 ± 2,8	26,4 ± 2,1	24,6 ± 2,3	22,6 ± 1,5	17,6 ± 1,3			***
PG 45 min	99,3 ± 4,4	119,0 ± 4,5	98,4 ± 4,4	122,1 ± 3,4	56,9 ± 4,9	90,2 ± 6,5	**	***	**
Glycogène 24 h	7,0 ± 1,2	12,8 ± 1,0	7,5 ± 1,3	14,8 ± 0,8	4,1 ± 0,9	21,7 ± 2,4	***	***	****
Lactate 24 h	58,0 ± 3,8	64,9 ± 2,1	56,8 ± 3,0	70,9 ± 2,8	24,6 ± 2,3	30,5 ± 1,9			
pH 45 min	6,48 ± 0,04	6,45 ± 0,05	6,62 ± 0,04	6,54 ± 0,02	6,54 ± 0,02	6,55 ± 0,02			
pH 24 h	5,63 ± 0,05	5,49 ± 0,02	5,66 ± 0,05	5,54 ± 0,01	5,99 ± 0,05	5,77 ± 0,02	**	*	***
Conditions d'abattage									
	Mélange et attente ²	Absence de mélange et d'attente	Mélange et attente	Absence de mélange et d'attente	Mélange et attente	Absence de mélange et d'attente			
Glycogène 45 min	33,3 ± 2,4	44,6 ± 2,6	37,9 ± 3,1	46,9 ± 2,0	21,2 ± 3,9	32,3 ± 2,4	*		*
Lactate 45 min	32,5 ± 2,7	30,0 ± 2,9	28,5 ± 2,5	22,5 ± 1,7	19,4 ± 1,6	20,8 ± 1,4			+
PG 45 min	99,2 ± 4,6	119,2 ± 4,3	104,2 ± 5,5	116,3 ± 3,4	61,7 ± 7,7	85,4 ± 4,5	*		
Glycogène 24 h	7,5 ± 1,3	12,2 ± 1,0	8,9 ± 1,4	13,3 ± 1,2	10,6 ± 2,7	16,0 ± 2,5	**		**
Lactate 24 h	56,2 ± 2,7	66,8 ± 3,2	59,1 ± 3,5	68,6 ± 2,7	25,2 ± 1,9	30,2 ± 2,4	*		
pH 45 min	6,43 ± 0,04	6,50 ± 0,04	6,59 ± 0,05	6,69 ± 0,03	6,53 ± 0,02	6,56 ± 0,02			
pH 24 h	5,62 ± 0,05	5,50 ± 0,01	5,65 ± 0,05	5,55 ± 0,01	5,93 ± 0,06	5,82 ± 0,02	*		+
Sexe									
	Mâles castrés	Femelles	Mâles castrés	Femelles	Mâles castrés	Femelles			
Glycogène 45 min	38,2 ± 2,9	39,7 ± 2,7	41,2 ± 2,7	43,6 ± 2,8	26,5 ± 3,6	27,0 ± 3,2			
Lactate 45 min	30,3 ± 2,8	32,3 ± 2,9	24,7 ± 2,2	26,3 ± 2,3	18,6 ± 1,2	21,7 ± 1,7			
PG 45 min	106,8 ± 5,2	111,8 ± 4,6	107,2 ± 4,9	113,5 ± 4,4	71,6 ± 7,5	75,7 ± 5,9			
Glycogène 24 h	9,5 ± 1,3	10,2 ± 1,3	10,7 ± 1,4	11,6 ± 1,3	12,1 ± 2,4	14,8 ± 3,0			
Lactate 24 h	61,9 ± 3,7	60,9 ± 2,4	60,2 ± 3,6	67,9 ± 2,6	27,1 ± 2,2	28,2 ± 2,2			
pH 45 min	6,47 ± 0,05	6,46 ± 0,04	6,63 ± 0,04	6,65 ± 0,04	6,54 ± 0,02	6,55 ± 0,02			
pH 24 h	5,58 ± 0,05	5,54 ± 0,02	5,63 ± 0,05	5,58 ± 0,02	5,89 ± 0,05	5,86 ± 0,03			

¹+: $p \leq 0,10$; *: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$; ****: $p \leq 0,0001$

²: Mélange à la ferme (1 h 30) et attente à l'abattoir (une nuit)

pour les porcs de père Duroc (4,16 ± 0,26 %). La température du SM à 15 min était plus élevée ($p < 0,01$) après mélange et attente (40,2 ± 0,1 °C) qu'après un abattage sans mélange ni attente (39,5 ± 0,2 °C) et plus élevée ($p < 0,01$) chez les porcs élevés en bâtiment (40,1 ± 0,1 °C) que chez les extérieurs (39,6 ± 0,2 °C).

La couleur a été fortement influencée par l'abattage et dans une moindre mesure par le mode d'élevage. Les viandes issues du LL et du SM des animaux mélangés montraient des valeurs de b* et L* globa-

lement plus basses (p variant de 0,06 à 0,0001) que celles de l'autre groupe. Les porcs élevés en extérieur avaient des viandes avec des valeurs de a* plus élevées pour le SM et le LL ($p < 0,01$) et b* pour le LL ($p < 0,01$).

Les corrélations entre le potentiel glycolytique (informant sur le taux de glycogène avant abattage) et le pH ultime étaient plus élevées pour le LL ($r = -0,42$; $p = 0,0001$) et le SC ($r = -0,53$; $p < 0,00001$) que pour le SM ($r = -0,30$; $p < 0,01$).

La première année, les longues mon-

traient des valeurs plus élevées pour l'intensité globale de couleur ($p < 0,05$), la couleur rosée ($p < 0,0001$), l'humidité de la côtelette ($p < 0,001$), d'odeur ($p < 0,001$) et de goût ($p < 0,001$) anormaux et de texture sèche ($p < 0,05$) et fibreuse ($p < 0,001$), par rapport à la seconde année. La première année, les jambons secs avaient des notes plus élevées pour le gras sous-cutané ($p < 0,05$), de cohésion de tranche ($p < 0,01$), de facilité à couper ($p < 0,10$), de goût de sel ($p < 0,001$) de poivre (=0,06) et d'épices ($p < 0,01$) et des notes moins élevées pour

l'hétérogénéité de la couleur ($p < 0,05$) et d'intensité globale de goût ($p < 0,05$).

Malgré les différences entre les deux répétitions, certaines tendances étaient présentes les deux années (tableau 4). Les jambons secs du groupe mélangé étaient perçus comme étant plus rouges et avec un goût amer plus fort. Leurs longes étaient également perçues comme plus rosées, avec une intensité de couleur plus élevée. Les jambons secs des porcs extérieurs ou de père Duroc avaient une note plus élevée de persillé avec une persistance du goût de gras plus longue. Les tranches de jambons des porcs de père Duroc tendaient à avoir une meilleure cohésion. Ces jambons tendaient à avoir un goût moins salé et une odeur de viande crue plus forte. Ils étaient plus tendres, moins secs plus faciles à mâcher et à couper, et plus pâteux par rapport aux jambons de porcs de père Large White. Ceux des porcs extérieurs étaient plus faciles à mâcher et plus pâteux par rapport aux porcs intérieurs, mais seulement la première année. La première année, le goût des jambons des porcs de père Duroc étaient perçus comme moins fumés que ceux de père Large White. Les longes des porcs de père Duroc étaient également plus persillées et avaient une couleur et une odeur de porc moins intense, et moins de goûts anormaux. Les porcs produits en extérieur avaient des longes qui présentaient un aspect grillé (couleur brun doré) plus marqué et un aspect humide plus bas. Les longes des mâles castrés étaient caractérisées comme plus persillées ($p < 0,01$) et ayant plus de graisse intermusculaire ($p < 0,001$). Leurs jambons secs étaient aussi plus persillés ($p < 0,05$) et avaient une couche de gras plus épaisse que ceux des femelles ($p < 0,01$). Ils étaient perçus comme plus tendres ($p < 0,05$), plus faciles à mâcher ($p = 0,09$), moins secs ($p < 0,05$) avec un goût amer plus prononcé ($p < 0,05$). La deuxième année, les jambons secs des mâles castrés étaient perçus comme moins fibreux ($p < 0,05$). L'étude d'interactions montre pour les jambons une couleur rouge plus intense chez les porcs de père Large White élevés à l'extérieur par rapport à l'intérieur ($p < 0,01$) et par rapport aux porcs de père Duroc ($p < 0,05$). L'effet des conditions d'abattage sur l'apparition des pétéchie (points rouges dus à l'éclatement des vaisseaux san-

Tableau 2 : SEUILS DE SIGNIFICATION DES CONDITIONS D'ABATTAGE, DU SYSTÈME D'ÉLEVAGE ET DU TYPE GÉNÉTIQUE SUR LES TENEURS DE GLYCOGÈNE ET DE LACTATE, ET SUR LE pH, POUR LE LL, SM ET SC SUR LES DEUX ANNÉES⁽¹⁾

2002+2003	Seuil de signification		
	LL	SM	SC
Type génétique			
Glycogène 45 min	+	*	
Lactate 45 min			
PG 45 min	**	*	
Glycogène 24 h	****	***	
Lactate 24 h	**		
pH 45 min			
pH 24 h			*
Mode d'élevage			
Glycogène 45 min		**	***
Lactate 45 min			***
PG 45 min		**	**
Glycogène 24 h	***	***	***
Lactate 24 h			
pH 45 min			
pH 24 h	+		**
Conditions d'abattage			
Glycogène 45 min	*	+	
Lactate 45 min			
PG 45 min	**	*	*
Glycogène 24 h	***	***	
Lactate 24 h	**		
pH 45 min			**
pH 24 h	**		***
Sexe			
Glycogène 45 min	+		
Lactate 45 min			*
PG 45 min	*		
Glycogène 24 h	*		
Lactate 24 h		+	
pH 45 min			
pH 24 h			

(1) + : $p < 0,10$; * : $p < 0,005$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$

guins) dépendait du mode d'élevage ($p < 0,001$) : elles étaient plus fréquentes chez les porcs intérieurs abattus sans mélange et chez les porcs extérieurs après mélange que chez les deux autres groupes. Les porcs intérieurs abattus sans mélange présentaient moins souvent des jambons secs avec goût acide ($p < 0,05$) que des porcs intérieurs mélangés. Chez les Large White, les jambons secs des femelles présentaient plus souvent un goût acide ($p < 0,05$).

La teneur en lactate du SM 24 h post-mortem était négativement corrélée avec la tendreté ($p < 0,01$) et la facilité à mâcher ($p = 0,07$) et positivement avec la formation de croûte sur le pourtour de la tranche ($p = 0,02$). La température du SM

24 h post-mortem était corrélée positivement avec la couleur hétérogène ($p < 0,01$), le persillé ($p < 0,05$) et la quantité de gras intermusculaire ($p < 0,01$). Le pH du SM à 24 h post-mortem était positivement corrélé avec la présence de cristaux ($p < 0,001$) et le goût de rance ($p < 0,01$).

L'évaluation des tranches de longe avant la cuisson a montré que l'intensité de la couleur globale était positivement corrélée avec la note de meurtrissures sur l'arrière-train ($p < 0,05$). L'analyse par régression multiple montre que l'intensité de la couleur rouge de la longe crue était à la fois négativement corrélée avec la luminosité ($p < 0,01$) et la température à 24 min après la saignée ($p < 0,05$) de la longe, expliquant

Tableau 3a: MOYENNES DES TENEURS EN GLYCOGÈNE DU LL (μ MOLES/G DE MUSCLE FRAIS) EN FONCTION DU SEXE, DU TYPE GÉNÉTIQUE ET DE L'ANNÉE¹

	De père LW		De père D	
	Mâles castrés	Femelles	Mâles castrés	Femelles
2002				
45 min	37,1 ^b ± 5,2	54,1 ^a ± 3,1	38,6 ^b ± 2,7	34,9 ^b ± 4,0
24 h	11,0 ^y ± 1,7	16,2 ^{x,x} ± 1,6	10,7 ^b ± 1,1	10,3 ^b ± 0,9
2003				
45 min	37,9 ± 6,0	41,0 ± 7,7	38,3 ± 3,4	39,3 ± 2,9
24 h	12,2 ± 2,8	15,1 ± 3,6	8,8 ± 1,5	8,7 ± 1,1

¹Sur une même ligne, les moyennes marquées d'une lettre différente diffèrent significativement (analyse de variance par année; a, b: $p < 0,01$; x, y: $p < 0,05$).

Tableau 3b: MOYENNES DES TENEURS EN GLYCOGÈNE DES LL ET SM (μ MOLES/G DE MUSCLE FRAIS) EN FONCTION DU SYSTÈME DE L'ÉLEVAGE, DES CONDITIONS D'ABATTAGE ET DE L'ANNÉE¹

	Intérieur		Extérieur		
	Mélange et attente	Absence de mélange et d'attente	Mélange et attente	Absence de mélange et d'attente	
2002					
LL	45 min	43,8 ± 3,9	44,3 ± 5,7	35,9 ± 4,5	39,4 ± 3,5
	24 h	9,8 ^a ± 0,9	13,9 ^b ± 1,9	10,9 ^{a,b} ± 1,6	13,3 ^b ± 1,2
2003					
LL	45 min	27,2 ^a ± 2,2	39,6 ^{b,y} ± 2,9	39,5 ^y ± 3,4	49,5 ^{b,y} ± 4,0
	24 h	3,1 ^a ± 0,8	10,9 ^y ± 1,6	11,9 ^y ± 1,6	13,6 ^y ± 1,1
2002					
SM	45 min	40,6 ± 2,4	44,5 ± 3,9	42,5 ± 3,7	42,2 ± 4,0
	24 h	11,3 ^a ± 2,2	12,5 ^{a,b} ± 1,9	10,3 ^a ± 2,3	18,3 ^b ± 2,8
2003					
SM	45 min	28,6 ^a ± 2,3	43,4 ^y ± 2,7	47,1 ^y ± 4,2	50,4 ^y ± 2,8
	24 h	3,9 ^a ± 0,9	11,0 ^{b,y} ± 1,9	14,0 ^y ± 1,4	15,7 ^{b,y} ± 1,0

¹Sur une même ligne, les moyennes marquées d'une lettre différente diffèrent significativement (analyse de variance par année; a, b: $p < 0,01$; x, y: $p < 0,05$).

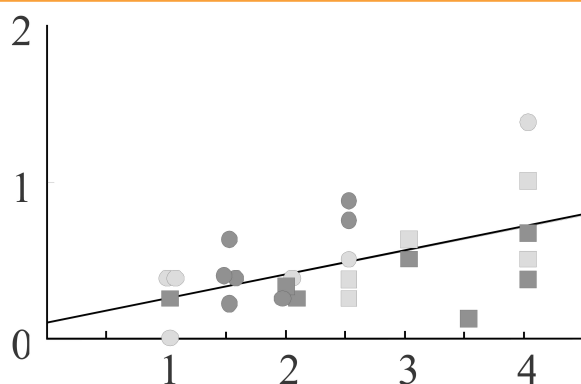


Figure 1: CORRÉLATION ENTRE LA NOTE DE MEURTRISSURES (abscisse; 1 = absence de lésions, 4 = lésions multiples et/ou profondes) ET LA NOTE DU GOÛT DE RANCE (ordonnée; 0 = absence du goût de rance, 6 = goût de rance intense)

Carrés et cercles représentent les porcs issus de l'élevage intérieur et extérieur, respectivement. Les remplissages gris clair et sombre représentent les porcs de père Large White et de père Duroc, respectivement.

35,1 % de la variabilité (valeur de r^2 ajusté). À la dégustation après la cuisson, la tendreté initiale était négativement corrélée ($p < 0,05$) avec la perte d'eau à 72 h. L'intensité du goût de la longe en début de mastication était positivement corrélée avec la surface de la tranche de la longe ($p < 0,01$). La sensation de sec avant la mastication était positivement corrélée avec la teneur en pigment ($p < 0,01$) et les pertes à la cuisson ($p < 0,01$), mais expliquant seulement 19,1 % de la variabilité. La perception d'un goût anormal était positivement corrélée avec la température de la longe 24 h après la saignée ($p < 0,05$).

Le poids vif à la fin du sixième mois était corrélé avec la quantité de gras sous-cutané ($r = 0,63$; $p = 0,006$) et la note du persillé ($r = 0,47$; $p = 0,05$), et avec celle du caractère pâteux ($r = 0,61$; $p = 0,009$) et rance ($r = 0,53$; $p = 0,03$) du jambon sec. Le potentiel glycolytique des muscles n'était pas corrélé avec les mesures de croissance.

Comportement et qualités des viandes

Mélange. La note de meurtrissures était positivement corrélée avec le nombre de combats ($p < 0,001$) et négativement avec la fréquence de morsures perpétrées ($p < 0,01$). Le niveau des meurtrissures était négativement corrélé avec le PG ($p = 0,03$) et le glycogène résiduel du LL ($p = 0,02$) et positivement avec le pH ultime du SC ($p = 0,001$) et du LL ($p = 0,02$). L'introduction du taux de meurtrissures dans l'analyse supprime les effets des conditions d'abattage sur le glycogène et le pH, mais pas les effets du mode d'élevage ni ceux du type génétique. Le degré de meurtrissures était négativement corrélé avec les exsudations (LL) à 72 h ($p < 0,01$), ce qui était expliqué par sa corrélation avec le pH ultime.

Le goût des longes en fin de mastication était négativement corrélé avec le degré de meurtrissures ($p < 0,05$). Le degré de meurtrissures au niveau des épaules et la tête était positivement corrélé avec la note de présence d'odeurs autres que celles de viande crue, de rance, d'épices ou piquante ($r = 0,66$; $p = 0,05$) et avec le goût rance ($r = 0,67$; $p < 0,05$; figure 1). Le degré de menace reçu de la part d'autres porcs était positivement corrélé ($r = 0,68$; $p < 0,05$)

Année d'élevage	2002	2003	p
JAMBON SEC			
Gras sous-cutané	2,52 ± 0,19	2,17 ± 0,14	0,04
Persillé	2,29 ± 0,19	2,72 ± 0,20	0,10
Hétérogénéité de la couleur	2,47 ± 0,13	2,91 ± 0,10	0,03
Cohésion	3,74 ± 0,12	3,21 ± 0,10	0,003
Facilité à couper	4,11 ± 0,07	3,99 ± 0,07	0,09
Intensité globale de goût	4,06 ± 0,05	4,18 ± 0,04	0,02
Goût salé	3,57 ± 0,08	3,13 ± 0,07	0,0005
Goût poivré	0,08 ± 0,02	0,04 ± 0,01	0,06
Goût d'épices	0,44 ± 0,06	0,31 ± 0,03	0,006
LONGE			
Intensité globale de couleur	4,74 ± 0,13	4,30 ± 0,16	0,07
Intensité de couleur rosée	5,24 ± 0,11	4,50 ± 0,14	0,0003
Intensité d'odeur anormale	2,35 ± 0,11	1,55 ± 0,10	0,00001
Texture sèche après mastication	4,09 ± 0,15	3,60 ± 0,14	0,01
Texture fibreuse	4,09 ± 0,14	3,33 ± 0,13	0,0005
Intensité de goût anormal	2,56 ± 0,14	1,81 ± 0,11	0,0002

Tableau 4. MOYENNES ET ÉCARTYPES DES MOYENNES DES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES RELATIVES À L'ANALYSE SENSORIELLE DU JAMBON SEC ET DE LA LONGE PAR ANNÉE D'ÉLEVAGE (PARTIE SUPÉRIEURE) ET PAR TYPE GÉNÉTIQUE, CONDITIONS D'ÉLEVAGE ET D'ABATTAGE (PARTIE INFÉRIEURE)

	Type génétique		Conditions d'élevage		Conditions d'abattage		Effets (p) 1		
	De père Large White	De père Duroc	Intérieur	Extérieur	Mélange et attente	Ni mélange ni attente	Race	Élevage	Abattage
JAMBON SEC									
Aspects visuels									
Quantité de gras intermusculaire	1,14 ± 0,07	1,54 ± 0,08	1,29 ± 0,09	1,42 ± 0,09	1,34 ± 0,10	1,37 ± 0,08	0,006		
Intensité coul. rouge	3,80 ± 0,44	3,44 ± 0,39	3,49 ± 0,41	3,71 ± 0,44	3,78 ± 0,46	3,40 ± 0,43	0,007	0,01	0,008
Persillé	1,86 ± 0,51	3,05 ± 0,66	2,22 ± 0,75	2,79 ± 0,77	2,38 ± 0,85	2,64 ± 0,71	0,0001	0,03	0,09
Couleur hétérogène	2,61 ± 0,49	2,75 ± 0,46	2,68 ± 0,47	2,69 ± 0,47	2,54 ± 0,50	2,85 ± 0,42			(0,03) ²
Aspect huileux	1,09 ± 0,25	1,00 ± 0,28	1,06 ± 0,28	1,03 ± 0,26	1,03 ± 0,23	1,05 ± 0,32			
Aspects olfactifs									
Intensité globale	3,13 ± 0,22	3,11 ± 0,23	3,09 ± 0,22	3,15 ± 0,22	3,08 ± 0,23	3,16 ± 0,21			
Viande crue	0,46 ± 0,13	0,54 ± 0,15	0,47 ± 0,14	0,53 ± 0,15	0,49 ± 0,12	0,52 ± 0,16	0,07		
Rance	1,00 ± 0,25	0,73 ± 0,25	0,83 ± 0,36	0,87 ± 0,19	0,82 ± 0,28	0,88 ± 0,26	0,02		
Épices	0,42 ± 0,11	0,35 ± 0,13	0,36 ± 0,14	0,41 ± 0,10	0,40 ± 0,12	0,36 ± 0,12	0,09		
Piquante	0,77 ± 0,23	0,65 ± 0,13	0,68 ± 0,19	0,73 ± 0,17	0,71 ± 0,19	0,69 ± 0,17			
Autre	0,76 ± 0,19	0,61 ± 0,18	0,65 ± 0,18	0,71 ± 0,19	0,69 ± 0,19	0,67 ± 0,18			
Texture									
Cohésion	3,33 ± 0,45	3,60 ± 0,56	3,44 ± 0,58	3,52 ± 0,46	3,46 ± 0,50	3,50 ± 0,55	0,08		
Facilité à couper	3,95 ± 0,22	4,14 ± 0,24	4,03 ± 0,24	4,07 ± 0,26	4,09 ± 0,27	4,01 ± 0,22	0,06		
Facilité à mâcher	3,67 ± 0,31	4,02 ± 0,33	3,79 ± 0,37	3,93 ± 0,30	3,86 ± 0,33	3,86 ± 0,38	0,01	(0,01) ²	
Tendre	3,27 ± 0,31	3,74 ± 0,36	3,42 ± 0,40	3,62 ± 0,37	3,54 ± 0,37	3,50 ± 0,42	0,004		
Fibreux	1,38 ± 0,23	1,29 ± 0,24	1,35 ± 0,25	1,31 ± 0,24	1,26 ± 0,24	1,40 ± 0,23			
Pâteux	0,67 ± 0,27	1,21 ± 0,44	0,83 ± 0,34	1,10 ± 0,50	0,88 ± 0,35	1,05 ± 0,50	0,001	(0,05) ²	
Sec	3,00 ± 0,28	2,53 ± 0,42	2,85 ± 0,37	2,64 ± 0,38	2,81 ± 0,39	2,68 ± 0,37	0,002		
Goût									
Persistance goût de gras	1,25 ± 0,24	1,37 ± 0,28	1,20 ± 0,25	1,44 ± 0,25	1,26 ± 0,28	1,38 ± 0,24	0,04	0,02	
Intensité globale	4,14 ± 0,22	4,10 ± 0,18	4,08 ± 0,20	4,15 ± 0,19	4,18 ± 0,15	4,05 ± 0,24		0,072	
Salé	3,53 ± 0,25	3,21 ± 0,34	3,39 ± 0,33	3,32 ± 0,34	3,34 ± 0,37	3,37 ± 0,29	0,06		
Acide	1,44 ± 0,17	1,30 ± 0,20	1,33 ± 0,22	1,39 ± 0,18	1,32 ± 0,20	1,41 ± 0,19			
Amer	1,41 ± 0,18	1,30 ± 0,18	1,35 ± 0,17	1,35 ± 0,22	1,40 ± 0,19	1,29 ± 0,19	0,09		0,05
Fumé	0,12 ± 0,08	0,07 ± 0,07	0,10 ± 0,08	0,09 ± 0,08	0,10 ± 0,08	0,09 ± 0,08	(0,04) ²		
Piquant	0,99 ± 0,21	0,88 ± 0,29	0,88 ± 0,24	0,97 ± 0,27	0,95 ± 0,27	0,90 ± 0,23			
Poivre	0,07 ± 0,07	0,05 ± 0,08	0,05 ± 0,06	0,08 ± 0,09	0,06 ± 0,08	0,06 ± 0,08			
Épices	0,38 ± 0,18	0,38 ± 0,17	0,36 ± 0,18	0,39 ± 0,17	0,39 ± 0,18	0,37 ± 0,17			
Rance	0,51 ± 0,22	0,39 ± 0,18	0,44 ± 0,20	0,45 ± 0,20	0,47 ± 0,22	0,42 ± 0,18			
Autre	0,47 ± 0,17	0,42 ± 0,13	0,41 ± 0,15	0,48 ± 0,15	0,42 ± 0,13	0,47 ± 0,19			
Persistance	3,25 ± 0,27	3,23 ± 0,24	3,22 ± 0,23	3,26 ± 0,28	3,23 ± 0,27	3,25 ± 0,23			
LONGE									
Aspect cru									
Persillé	3,56 ± 0,17	4,42 ± 0,14	3,86 ± 0,17	4,19 ± 0,19	4,12 ± 0,20	3,92 ± 0,16	0,0001		
Intensité couleur	4,74 ± 0,11	4,30 ± 0,17	4,54 ± 0,16	4,50 ± 0,14	4,68 ± 0,15	4,34 ± 0,15	0,05		0,07
Intensité de couleur rosée	5,00 ± 0,11	4,76 ± 0,17	4,90 ± 0,16	4,85 ± 0,14	5,00 ± 0,12	4,72 ± 0,17			0,08
Intensité de l'odeur globale	2,70 ± 0,09	2,45 ± 0,10	2,45 ± 0,09	2,68 ± 0,11	2,53 ± 0,10	2,61 ± 0,10			
Intensité de l'odeur de porc	2,30 ± 0,13	1,97 ± 0,11	2,05 ± 0,10	2,19 ± 0,14	2,08 ± 0,12	2,17 ± 0,12	0,05		
Aspect cuit									
Aspect grillé	4,41 ± 0,16	4,31 ± 0,13	4,11 ± 0,14	4,60 ± 0,12	4,25 ± 0,14	4,47 ± 0,15		0,03	
Aspect humide	5,36 ± 0,16	5,39 ± 0,13	5,54 ± 0,18	5,22 ± 0,18	5,35 ± 0,20	5,40 ± 0,15		0,05	
Intensité du goût	5,00 ± 0,11	4,99 ± 0,09	4,98 ± 0,11	5,01 ± 0,08	4,88 ± 0,10	5,11 ± 0,08			
Goût anormal	2,40 ± 0,15	2,00 ± 0,13	2,25 ± 0,15	2,11 ± 0,15	2,28 ± 0,16	2,07 ± 0,12	0,05		

¹. Seuls les $p < 0,10$ ont été indiqués

². Significatif seulement la première année de l'expérimentation.

avec la persistance de goût (sensation olfacto-gustative semblable à celle qui était perçue lorsque le produit était dans la bouche) et avec la perception de goûts ($r = 0,77$; $p < 0,05$) autres que ceux rappelant l'amertume, l'acide, le fumé, le rance, les épices, le poivre ou d'autres piquants. Les différentes activités de combats n'étaient corrélées ni avec le PG, ni le glycogène résiduel ou le pH ultime. La position pendant le mélange debout était corrélée positivement avec la température du LL ($p < 0,001$) et le SM ($p < 0,03$).

Isolement. Les corrélations de Pooled Pearson (tenant compte des moyennes des 2 répétitions, des modes d'élevage et des types génétiques) montrent pour les porcs abattus sans mélange ni attente à l'abattoir une corrélation positive entre le PG du LL et la durée de la posture debout pendant la 1re ($p = 0,02$), 2e ($p = 0,09$), 3e ($p = 0,002$), 4e ($p = 0,08$) et 5e heure ($p = 0,01$) d'isolement et entre le PG du SC et la posture debout pendant la 3e ($p = 0,03$), 4e ($p = 0,08$) et 5e heure ($p = 0,04$) d'isolement. La tendance pour ces corrélations était généralement faible pour les porcs mélangés. Enfin, pour les porcs mélangés avant l'abattage, la durée de la posture debout pendant l'isolement était négativement corrélée avec la note de meurtrissures pour des porcs extérieurs ($r = -0,60$; $p < 0,01$) mais pas pour les porcs intérieurs ($r = 0,23$; NS).

DISCUSSION

Un bien être meilleur pour les porcs extérieurs

L'une des 5 libertés indiquées sur le rapport de Brambell (1965) concernant le bien être animal est la possibilité d'exercer le comportement naturel spécifique à chaque espèce. Il est toutefois difficile d'évaluer le degré exact du bien-être en fonction de l'expression comportementale, car quel que soit l'environnement, l'animal adapte son comportement à celui-ci. Cette expérimentation montre un effet du mode d'élevage sur le comportement des porcs. En particulier, les porcs extérieurs étaient plus actifs et avaient un nombre d'activités plus important que les porcs élevés en bâtiment. Ils utilisaient les différents espaces de la parcelle en préférant la partie de la parcelle où était localisée la mare qu'ils utilisaient fréquem-

ment pour se baigner. Quand ils ne se baignaient pas, ils passaient autant de temps sur cette partie de la parcelle que sur celle qui contenait les auges, soit 23 % de leur temps. La fréquence de baignade était fortement liée aux conditions météorologiques. En effet, au cours de l'année 2003 caractérisée par une période caniculaire (> 40 °C) en été, la fréquence de baignade représentait 16 % alors qu'elle n'était que de 2,7 % pour l'année précédente. Ce dernier résultat indique que dans les pays chauds, aussi bien pour le confort que pour la santé et les performances zootechniques, la présence d'un bassin est conseillée si les porcs sont élevés en extérieur. Les niveaux moins élevés d'interactions non agressives chez les porcs extérieurs peuvent être liés au fait qu'elles avaient lieu dans les cabanes où les porcs ne peuvent être observés. La plus grande variété des activités des porcs extérieurs, et l'utilisation de l'ensemble de la parcelle suggèrent un meilleur bien-être du point de vue de l'expression comportementale (Brambell, 1965; Day et al. 2002).

Le niveau de stress diminue plus vite chez les porcs extérieurs

La fréquence cardiaque augmente à la suite d'un effort physique ou d'une excitation. Une augmentation similaire de la fréquence cardiaque entre les extérieurs et les intérieurs lors de leur introduction dans le local d'isolement indique que la perturbation physique et physiologique liée au chargement et au transport était similaire dans les deux cas. Une activité physique augmentée dans une situation d'aversion exprime souvent un stress émotionnel. Les porcs intérieurs étaient plus excités pendant les 3 premières heures du test avant de se stabiliser à un niveau similaire à celui des porcs extérieurs. Leur fréquence cardiaque restait aussi plus élevée comparée à celle des extérieurs. La corrélation positive entre les reniflages et la fréquence cardiaque suggère que cette activité est associée à l'effort physique. Une autre explication est que le reniflage et l'augmentation de la fréquence cardiaque étaient tous deux l'expression d'un stress émotionnel. Ces résultats suggèrent une diminution plus rapide de l'excitation émotionnelle et comportementale des porcs extérieurs, en accord avec des résultats obtenus par De Jong et al. (2000). Cette plus faible réponse

peut être liée à un état global plus calme, dû à une meilleure adaptation à l'environnement d'élevage.

Des niveaux de glycogène initiaux plus réduits pour les porcs mélangés; ceci est dû à la dépense énergétique occasionnée par les combats comme le suggère la corrélation avec le taux de meurtrissures. Globalement, les porcs extérieurs ou de père Large White avaient des réserves en glycogène musculaires plus élevées, mais l'analyse détaillée montre que l'effet du mode d'élevage dépend de l'année et l'effet du type génétique dépend du sexe. Les pH ultimes plus élevés dans le LL pour les porcs intérieurs et ceux qui ont été mélangés avant abattage sont liés à leurs taux de glycogène initiaux moins élevés. Pour le SC, les taux de glycogène plus bas n'expliquent qu'en partie l'effet du mélange et de l'élevage intérieur sur le pH ultime indiquant que d'autres mécanismes sont également impliqués. Les niveaux plus élevés de glycogène ou des pH ultimes plus bas ont déjà été relevés chez les porcs extérieurs dans des études antérieures (Enfält et al. 1997; Bee et al. 2004). Les différences dans les taux de glycogène entre les deux années d'élevage de la présente étude suggèrent que ceux-ci sont également influencés par d'autres facteurs. Les conditions météorologiques peuvent jouer un rôle. Notamment, les troisième et quatrième mois d'engraissement de la deuxième année d'élevage ont connu des périodes de fortes chaleurs avec des températures au-dessus de 40 °C. Ces températures expliquent peut-être la moindre croissance des porcs extérieurs pendant les quatrième et cinquième mois cette année, par rapport à l'année précédente. Toutefois, il n'existait pas de lien direct entre les mesures de croissance et le potentiel glycolytique. Les variations annuelles dans les potentiels glycolytiques peuvent expliquer les variations dans les résultats obtenus dans des études réalisées sur le porc élevé à l'extérieur (Enfält et al., 1997; Sather et al., 1997; Lebret et al., 2002; Gentry et al., 2004).

En dépit de leurs effets sur le taux de glycogène au moment de l'abattage, le mode d'élevage et le type génétique n'ont pas eu d'influence sur le pH du SM. Les corrélations entre le taux de glycogène au moment de l'abattage et le pH ultime étaient plus élevées pour le LL et le SC que pour le SM, ce qui suggère que comparativement au SC et au LL, le pH ultime

du SM était plus fortement influencé par d'autres facteurs. L'effet des conditions d'abattage sur la couleur était en partie expliqué par les différences de pH. L'augmentation de l'indice de rouge des muscles de porcs élevés à l'extérieur est probablement liée à un exercice physique plus régulier (Gentry et al., 2004).

Les analyses sensorielles montrent que l'année d'élevage a influencé la texture, l'odeur et le goût des longes et la texture et le goût des jambons secs. Ces différences n'étaient pas corrélées avec les poids à l'abattage mais pourraient toutefois s'expliquer par des différences de composition des muscles. On constate par exemple que les jambons secs des porcs produits la deuxième année étaient perçus avec moins de gras sous-cutané tout en étant plus persillés. Il est possible que les différences météorologiques entre les deux années aient provoqué de différentes distributions des lipides. Malgré l'effet de l'année, l'analyse sensorielle met en évidence un certain nombre d'effets constants. Elle montre une perception plus rouge des produits issus des porcs mélangés avant l'abattage, qui pour la longe s'expliquent par leur moindre luminosité. Les produits carnés issus des porcs de père Duroc semblaient mieux appréciés, grâce à leur plus grande tendreté (jambon sec, longe) et leur goût (longe), malgré le fait que le jambon sec soit jugé un peu plus pâteux. Les porcs élevés à l'extérieur ont également produit des jambons secs plus tendres, mais seulement la première année. Les jambons secs des porcs mâles étaient plus tendres, mais présentaient une amertume plus prononcée. L'amélioration de la tendreté est sans doute en partie relative aux taux de gras intramusculaires qui sont plus importants chez les mâles castrés, les porcs de père Duroc ou élevés à l'extérieur comme le montrent les notes du persillé. Cette observation souligne l'avantage de l'utilisation de porcs lourds qui améliore la qualité des jambons secs (Virgili et al., 2003). Le goût plus acide de certains jambons (porcs intérieurs abattus sans mélange, femelles des pères Large White) ne s'explique pas directement par un pH ultime plus bas du SM, probablement à cause de la présence ou non de molécules qui masquent cette perception.

La corrélation négative entre les différentes mesures de tendreté du jambon sec, et la teneur en lactate à 24 h ne s'explique pas directement

par des variations dans le pH ultime qui lui, n'était pas corrélé avec la tendreté. Une teneur relativement basse en lactate pourrait être due à un taux de lipides intramusculaires plus important dans l'échantillon, ce qui expliquerait en même temps une tendreté accrue. L'association entre la teneur élevée en lactate et la formation de croûte serait liée au pH ultime ou à un moindre taux de gras intramusculaire. Une croûte se forme sur les surfaces de muscles non couvertes d'une couche de gras (le SM, les muscles gracilis et adducteur) si l'évaporation d'eau n'est compensée par la migration de l'eau venant de l'intérieur du jambon. Elle apparaît plus facilement si la viande est très maigre ou à pH bas (Arnaud, 1998; Garcia-Rey et al., 2004). L'effet du pH ultime sur le goût de rance est très probablement lié à son effet sur l'oxydation des lipides. Les cristaux sont des dépôts de tyrosine et phénylalanine dont la précipitation dépend de leur concentration et leur solubilité. Nos résultats sont cohérents avec d'autres études qui ont montré que leur apparition est réduite dans des jambons à pH élevé (Arnaud et al., 1994, 1996). Le gras visible peut avoir un effet isolant expliquant ainsi la température plus élevée à 24 h. La couleur hétérogène reflète une mauvaise pénétration du sel (Arnaud, 1998) qui peut être liée à la présence de gras.

Les meurtrissures étaient presque exclusivement causées par des combats entre les porcs. Les différences de couleur perçue de la longe s'expliquent par les conséquences de différents niveaux d'effort dus aux combats sur le métabolisme ante- et post-mortem. Les liens entre les pertes en eau et la tendreté peuvent être liés à la jutosité des longes (Hullberg et al., 2005). Le lien entre la température à 24 h et le goût pourrait s'expliquer par des différences dans la quantité de gras. D'autres liens, comme celui entre le goût et la surface de la longe, et entre la teneur en pigment et la sensation de sec sont plus difficiles à expliquer.

L'agressivité pendant le mélange était influencée par les conditions d'élevage. Lors des mélanges, les porcs intérieurs se battaient plus (plus de meurtrissures sur la carcasse) probablement parce que leur plus grande densité d'élevage avait modifié le développement normal de leur comportement social (Schouten, 1986). L'augmentation des combats a conduit à des niveaux de glycogène (45 min et 24 h) plus bas et à des pH

plus élevés. L'effet indésirable du taux de meurtrissures sur l'intensité du goût de la viande peut être relié aux effets indirects du glycogène résiduel ou du pH ultime, bien qu'aucune corrélation n'ait été mise en évidence entre ces paramètres et le goût de la longe. Une explication alternative est que les combats ont induit des altérations sur l'état métabolique du muscle (capacité oxydative ou enzymatique). La corrélation entre le niveau élevé de la posture debout pendant le test d'isolement et les taux élevés de glycogène à l'abattage suggère que les porcs restant debout avaient des taux de base en glycogène élevés leur permettant de rester actifs plus longtemps. La faible corrélation pour le groupe mélangé est expliquée par les combats qui ont diminué les taux de glycogène pré-abattage de chaque porc proportionnellement à la fréquence de combat.

En conclusion, l'étendue des effets du type génétique, du mode d'élevage et des conditions d'abattage sur les réserves musculaires en glycogène (et par conséquent sur le pH ultime) dépendaient de l'année d'expérimentation. Malgré cela, les résultats indiquent que les trois facteurs de variation influencent les qualités de viandes. L'élevage des porcs à l'extérieur et l'utilisation des porcs de père Duroc améliorent la qualité sensorielle des viandes et produits carnés, en particulier celle des jambons secs, qui pourrait être liée à la quantité plus importante de gras intramusculaire chez ces porcs. Cette étude ne montre pas de renforcement mutuel des effets d'une production à l'extérieur et l'utilisation du type génétique Duroc.

Le bien être animal était meilleur pour les porcs à l'extérieur car leur expression comportementale était plus variée alors qu'ils utilisaient toutes les parties de la parcelle. L'élevage à l'extérieur réduit la réactivité comportementale et cardiaque à l'isolement. Le niveau de combat moins élevé au cours du mélange des porcs extérieurs est à souligner. Les combats dégradent l'état des carcasses et accélèrent le métabolisme du glycogène ante mortem, pouvant provoquer des chutes du pH trop rapides ou des pH ultimes trop élevés. Enfin, il convient de rappeler que ces conclusions sont relatives à l'élevage en période estivale. Il reste à déterminer les effets de l'élevage en période hivernale sur ces variables.

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

- ARNAU J., GUERRERO L., GOU P., 1994.** The effects of freezing, meat pH and storage temperature on the formation of white film and tyrosine crystals in dry-cured ham. *J. Sci. Food Agric.*, 66, 279-282.
- ARNAU J., GUERRERO L., HORTOS M., GARCIA-REGUEIRO J.A., 1996.** The composition of white film and white crystals found in dry-cured hams. *J. Sci. Food Agric.*, 70, 449-452.
- ARNAU J. 1998.** Principales problemas tecnológicos en la elaboración de jamón curado. In Special Symposium-44th ICOMST (pp72-86), Barcelona, Spain.
- BEE G., GUEx G., HERZOG W., 2004.** Free-range rearing of pigs during the winter: adaptations in muscle fibre characteristics and effects on adipose tissue composition and meat quality traits. *J. Anim. Sci.*, 82, 1206-1218.
- BRAMBELL F.W.R., 1965.** Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Animals kept Under Intensive Livestock Husbandry Systems. Command Paper 2836. Her Majesty's Stationary Office. London.
- BARTON-GADE P.A., WARRISS P.D., BROWN S.N., LAMBOOIJ E., 1996.** Methods of improving pig welfare and meat quality by reducing stress and discomfort before slaughter — Methods of measuring meat quality. Proceedings of an EU-Seminar "New information on welfare and meat quality in pigs as related to handling, transport and lairage conditions. Sonderheft 166, Mariensee, Germany, pp. 23-34.
- DAY J.E.L., BURFOOT A., DOCKING C.M., WHITTAKER X., SPOOLDER H.A.M., EDWARDS S.A., 2002.** The effects of prior experience of straw and the level of straw provision on the behaviour of growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 76, 189-202.
- DE JONG I.C., PRELLE I.T., VAN DE BURGWAAL J.A., LAMBOOIJ E., KORTE S.M., BLOKHUIS H.J., KOOLHAAS J.M., 2000.** Effects of rearing conditions on behavioural and physiological responses of pigs to pre-slaughter handling and mixing at transport. *Can. J. Anim. Sci.*, 80, 451-458.
- ENFÄLT A. C., LUNDSTRÖM, K., HANSSON, I., LUNDEHEIM N., NYSTRÖM P.E., 1997.** Effects of outdoor rearing and sire breed (Duroc or Yorkshire) on carcass composition and sensory and technological meat quality. *Meat Sci.*, 45, 1-15.
- ENFÄLT A.C., LUNDSTROM K., HANSSON I., KARLSSON A., ESSEN-GUSTAVSSON B., HAKANSSON J., 1993.** Moderate indoor exercise: effect on production and carcass traits, muscle enzyme activities and meat quality in pigs. *Anim. Prod.*, 57, 127-135.
- GARCIA-REY, R.M., GARCIA-GARRIDO, J.A., QUILES-ZAFRA, R., TAPIADOR, J. LUQUE DE CASTRO, M.D. 2004.** Relationship between pH before salting and dry-cured ham quality. *Meat Sci.* 67, 625-632.
- GENTRY J.G., MCGLONE J.J., MILLER M.F., BLANTON JR J.R. 2004.** Environmental effects on pig performance, meat quality and muscle characteristics. *J. Anim. Sci.*, 82, 209-217.
- HULLBERG A., JOHANSSON L., LUNDSTROM K., 2005.** Sensory perception of cured-smoked pork loin from carriers and noncarriers of the RN-allele and its relationship with technological meat quality. *J. Muscle Foods*, 16, 54-76.
- KEMP J.D., GAMMON D.L., MOODY, W.G., JACOBS, J.A., 1968.** Effect of fresh ham quality on aged ham quality. *J. Anim. Sci.*, 27, 366-369.
- KLONT R.E., HULSEGG B., HOVING-BOLINK A.H., GERRITZEN M.A., KURT E., WINKELMAN-GOEDHART H.A., DE JONG I.C., KRANEN R.W., 2001.** Relationships between behavioural and meat quality characteristics of pigs raised under barren and enriched housing conditions. *J. Anim. Sci.*, 79, 2835-2843.
- LAMBOOIJ E., HULSEGGE B., KLONT R.E., WINKELMAN-GOEDHART H.A., REIMERT H.G.M., KRANEN R.W., 2004.** Effects of housing conditions of slaughterpigs on some post-mortem muscle metabolites and pork quality characteristics. *Meat Sci*, 66, 855-862.
- LEBRET B., MASSABIE P., GRANIER R., JUIN H., MOUROT J., CHEVILLON P., 2002.** Influence of outdoor rearing and indoor temperature on growth performance, carcass, adipose tissue and muscle traits in pigs, and on the technological and eating quality of dry-cured hams. *Meat Sci.*, 62, 447-455.
- MARCHANT J.N., BROOM D.M., 1996.** Effects of dry sow housing conditions on muscle weight and bone strength. *Anim. Sci.*, 62, 105-113.
- MONIN G., SELLIER P., 1985.** Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate post-mortem period: The case of the Hampshire breed. *Meat Sci.*, 13, 49-63.
- SATHER A.P., JONES S.D.M., SCHAEFER A.L., COLYN J., ROBERSTON W.M., 1997.** Feedlot performance, carcass composition and meat quality of free-range reared pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 77, 225-235.
- SCHOUTEN W.G.P., 1986.** Rearing conditions and behaviour in pigs. Ph.D. thesis, Agricultural University Wageningen, The Netherlands.
- VIRGILI R., DEGNI M., SCHIVAZAPPA C., FAETI V., POLETTI E., MARCHETTO G., PACCHIOLI M.T., MORDENTI A., 2003.** Effect of age at slaughter on carcass traits and meat quality of Italian heavy pigs. *J. Anim. Sci.*, 81, 2448-2456.

REMERCIEMENTS

Ce travail faisait partie du projet européen "Sustainability in the production of pork with improved nutritional and eating quality using strategic feeding in out-door production", QLK5-2000-00162.