

Variation de la qualité de la viande de porc selon la race :

Basque ou Large White et le système d'élevage :

conventionnel, alternatif ou extensif

Bénédicte LEBRET (1, 2), Marie DAMON (1, 2), Florence GONDRET (1, 2), Louis LEFAUCHEUR (1, 2), Isabelle LOUVEAU (1, 2), Armelle PRUNIER (1, 2), Nathalie BONHOMME (1, 2), Patrick ECOLAN (1, 2), Joanna WYSZYNSKA-KOKO (1, 2), Jacques LEPETIT (†) (3), Karine METEAU (4), Sophie BARTHELEMY (5), Pierre-Yves POLLET (5), Jean-Yves DOURMAD (1, 2)

(1) INRA, UMR1079 Systèmes d'Élevage et Nutrition Animale et Humaine, 35590, Saint-Gilles

(2) Agrocampus Ouest, UMR1079 Systèmes d'Élevage et Nutrition Animale et Humaine, 35000, Rennes

(3) INRA, UR370 Qualité des Produits Animaux, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle

(4) INRA, UE 1206 Elevage Alternatif et Santé des Monogastriques, Le Magneraud, 17700 Surgères

(5) Filière Porc Basque, 64430 Les Aldudes

Benedicte.Lebret@rennes.inra.fr

Variation de la qualité de la viande de porc selon la race : Basque ou Large White et le système d'élevage : conventionnel, alternatif ou extensif

Dans le cadre du programme de recherche européen Q-Porkchairs visant à proposer des marqueurs de qualité de la viande de porc, nous avons évalué la qualité de la viande de deux races contrastées : Large White (LW) et Basque (B), produites dans différents systèmes d'élevage : conventionnel (C), alternatif sur litière avec courette (L) et extensif sur parcours (E).

Deux répétitions expérimentales, incluant chacune 5 groupes de 10 porcs mâles castrés (BL, BC, BE, LWL et LWC) ont été réalisées. La race et le système d'élevage influencent considérablement les performances de croissance, la composition corporelle et la qualité de la viande. Les porcs B ont une vitesse de croissance réduite, en particulier les BE, et des carcasses plus grasses à l'abattage à 145 kg, en particulier les BL et BC, comparés aux LWL et LWC. Les porcs BE ont une viande (longe) plus rouge et un pH ultime plus élevé que les LWL et LWC, les porcs BL et BC étant intermédiaires. La teneur en lipides intramusculaires est plus basse chez les LWL et LWC et la plus élevée chez les BL et BC. La force de cisaillement de la viande cuite est plus élevée chez les LW comparés aux BL et BC. La viande des porcs B présente beaucoup moins de pertes en eau et est jugée plus tendre et plus juteuse que celle des porcs LW, le système d'élevage influençant peu ces caractères intra-race. Ces résultats confirment l'importance de la race et dans une moindre mesure du système d'élevage dans la détermination de la qualité de la viande, et constituent une base favorable pour l'identification de marqueurs de qualité de viande.

Pork quality variation in pig breeds: Large White or Basque and production system : conventional, alternative or extensive

Within the European FP6 Q-Porkchairs research program, which is aimed at identifying markers of pork quality, the quality of pork from two pure breeds of pigs, Large White (LW) and Basque (local breed), reared in different production systems (conventional (C), alternative on bedding with outdoor access (L) and extensive outdoor (E)), was evaluated.

Two experimental replicates, each involving 5 groups of 10 castrated males (BC, BL, BE, LWL, LWC), were undertaken. Breed and production system differences were observed with respect to growth performance, carcass composition and meat quality. The B pigs, in particular BE, had a lower growth rate and a higher carcass fatness at slaughter at 145 kg body weight, especially for BL and BC compared with LWL and LWC. Loin meat from BE pigs was redder and exhibited a higher ultimate pH compared with LWL and LWC, the BL and BE being intermediate. Intramuscular fat content was lower in LWL and LWC and highest in BL and BC. Shear force of cooked meat was highest in LW pork compared with BL and BC. Meat from B pigs had much lower drip and was judged more tender and juicy compared with meat from LW. Within breed, these traits were less influenced by the production system. Altogether, these results confirm the influence of pig breed and production system in the determination of pork quality, and are of high interest for the further identification of markers of pork quality.

INTRODUCTION

La qualité sensorielle et technologique des viandes porcines résulte d'interactions complexes entre le potentiel génétique, les conditions de production et d'abattage des porcs, et les procédés de transformation des viandes. Bien que plusieurs facteurs de variation de la qualité soient maintenant bien établis (gènes à effet majeur, conditions d'abattage), celle-ci présente toujours une variabilité importante. D'autre part, les caractéristiques biologiques conduisant à une qualité sensorielle élevée ne sont pas clairement identifiées. Un des objectifs du programme de recherche européen Q-Porkchairs (www.q-porkchairs.org) est d'identifier des marqueurs de la qualité sensorielle et technologique des viandes porcines et de produire des outils d'évaluation précoce de la qualité. Dans ce cadre, nous avons construit un dispositif expérimental induisant une variabilité importante de qualité, basé sur l'utilisation d'animaux de races pures contrastées : Large White (conventionnelle) et Basque, race locale génétiquement « distante » d'autres races européennes (Laval *et al.*, 2000) et fournissant des produits qualité sensorielle élevée. Ces animaux étaient élevés dans différents systèmes d'élevage influençant eux-mêmes la qualité (Guéblez *et al.*, 2002; Alfonso *et al.*, 2005; Lebret *et al.*, 2006, 2008). Le but est de relier les caractéristiques phénotypiques des tissus musculaires et adipeux et des viandes avec l'expression de gènes et de protéines afin de 1) mieux comprendre l'origine des différences qualitatives entre races et systèmes d'élevage et 2) identifier des marqueurs de la qualité sensorielle et technologique. Cet article présente le dispositif expérimental et les résultats de croissance, de composition corporelle et de qualité de la viande fraîche des porcs Basque et Large White élevés en système alternatif, conventionnel ou extensif. Les relations entre ces caractères et l'expression des gènes et des protéines, ainsi que les comparaisons d'expression génique entre races, sont présentés par ailleurs (Wyszynska-Koko *et al.*, 2009a, 2009b; Damon *et al.*, 2011; Salmi *et al.*, 2011; Vincent *et al.*, 2011). Des résultats complémentaires sur les jambons transformés en produits secs seront présentés ultérieurement.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Animaux et systèmes d'élevage

Deux répétitions expérimentales (**R1** et **R2**) ont été réalisées successivement, chacune incluant 50 porcs mâles castrés de race pure Basque (**B**, n=30) ou Large White (**LW**, n=20). Pour les deux répétitions, les porcs B provenaient de deux élevages naisseurs de la Filière Basque (Anhau et Lantabat, 64). Les porcs LW provenaient des élevages expérimentaux INRA GEPA (Le Magneraud, 17) en R1 et SENAH (Saint-Gilles, 35) en R2. A chaque répétition, 30 porcelets B (3 frères dans 10 portées issues de 6 pères différents provenant des deux élevages naisseurs) ont été transférés vers l'élevage expérimental SENAH à l'âge de 7 à 8 semaines et placés en quarantaine (7 semaines). Concernant les LW, en R1, 30 porcelets (3 frères dans 10 portées issues de 9 pères différents) ont été transférés de GEPA vers SENAH à l'âge de 7 semaines et également placés en quarantaine. En R2, les porcelets LW étaient issus de 7 portées de pères différents (SENAH).

Dans chaque race, à environ 35 kg de poids vif (PV), deux (voire quatre pour les LW en R2) porcelets étaient choisis intra-portée sur la base de leurs PV et croissance depuis la

naissance et/ou en quarantaine et placés en système d'élevage alternatif (**L** : litière, 1,3 m²/porc avec libre accès à une courette extérieure couverte, 1,1 m²/porc; n=10 porcs/race/répétition : porcs **BL** et **LWL**) ou conventionnel (**C** : caillebotis, 1,0 m²/porc; n=10 porcs/race/répétition : porcs **BC** et **LWC**). Les deux systèmes étaient situés dans le même bâtiment de l'élevage expérimental SENAH. Par ailleurs, des demi-frères de portée des porcs B (porcelets de la bande précédente, provenant de 6 pères dont 4 en commun avec les BL et BC en R1, et de 7 pères dont 5 en commun avec les BL et BC en R2) étaient transférés des deux élevages naisseurs vers un élevage d'engraissement en système extensif de la Filière Basque (**E** : parc 2,5 ha avec cabane, altitude 650 m, situé à Banca, 64; n=10 dans un groupe de 40 en R1, n=10 dans un groupe de 30 en R2; porcs **BE**). Afin que tous les animaux soient abattus sur la même période, et en tenant compte de différences de vitesses de croissance entre races et entre systèmes estimées d'après la bibliographie (Guéblez *et al.*, 2002; Alfonso *et al.*, 2005), les porcs BE ont été mis en expérience 3 mois avant les porcs BL et BC, et les porcs LWL et LWC deux mois après les porcs BL et BC.

Les porcs L et C recevaient un aliment « croissance » entre 35 et 75 kg (2,29 Mcal EN/kg, 18,0% protéines brutes, 0,83% lysine digestible) puis un aliment « finition » à partir de 75 kg (2,14 Mcal EN/kg, 15,0% protéines brutes, 0,64% lysine digestible). Leur alimentation était plafonnée à 2,5 kg/j/porc (35-110 kg) puis 3,0 kg/j/porc (110-145 kg).

Les porcs BE dont la période de croissance-finition (35-145 kg) s'étalait de mars à janvier (R1) ou avril à février (R2) avaient accès aux ressources du parc (herbe, glands, châtaignes) et recevaient un aliment standard (2,25 Mcal EN/kg, 15,5% protéines brutes, 0,84% lysine digestible): 1,4 à 2,6 kg/j/porc (35-110 kg), 2,3 kg/j/porc (110-130 kg), puis 2,0 kg/j/porc (130-145 kg). Les porcs BL, BC, LWL et LWC étaient pesés toutes les semaines, et les porcs BE ont été pesés 3 fois au cours de la période de croissance-finition.

1.2. Mesures en abattoir, caractéristiques des carcasses

Les porcs BL, BC, LWL et LWC ont été abattus à l'abattoir de SENAH en 4 séries d'abattage par répétition, incluant chacune des porcs des 4 traitements (race x système) choisis sur la base de leur poids vif. Les porcs BE ont été abattus à l'abattoir de St-Jean-Pied-de-Port (64) en une série d'abattage par répétition. Les conditions de pré-abattage et d'abattage ont été standardisées au maximum entre les deux sites : mise à jeun de 36 h avant abattage (pratique de la filière Basque) et abattage après anesthésie électrique à bas voltage.

Du sang a été collecté (EDTA) à la saignée, centrifugé immédiatement et conservé à -20°C jusqu'à détermination des teneurs plasmatiques en ACTH et cortisol par RIA et de l'activité créatine kinase (spectrophotométrie), comme décrit précédemment (Lebret *et al.*, 2006).

Les poids de carcasse chaude et des pannes ont été enregistrés, ainsi que le poids du tube digestif vide et de son contenu pour les porcs abattus à St-Gilles.

L'épaisseur de lard dorsal (sans couenne) a été déterminée à la fente, entre les 4^e et 5^e vertèbres lombaires (site utilisé par la Filière Basque).

Les lésions (≥ 2 cm) ont été dénombrées sur chaque carcasse. Le lendemain de l'abattage, la carcasse froide a été pesée puis la demi-carcasse droite a été découpée selon le schéma de découpe pratiqué par la Filière Basque.

1.3. Critères de qualité de viande

Trente minutes après la saignée, sur la demi-carcasse droite, du muscle *Longissimus* (LM ; longe, au niveau de la dernière côte) a été prélevé, congelé immédiatement dans l'azote liquide et stocké à -80°C pour détermination ultérieure du pH 30 minutes (après broyage dans une solution iodoacétate), du lactate et du potentiel glycolytique (PG) par spectrophotométrie, comme décrit précédemment (Lebret *et al.*, 2006). Trente-cinq minutes après la saignée, du muscle *Semimembraneux* (SM ; jambon, face interne, 1-2 cm de profondeur) a été prélevé et conservé pour détermination du pH 35 min, du lactate et du PG comme décrit ci-dessus.

Le lendemain de l'abattage, après élimination du tissu autour du prélèvement effectué la veille, un échantillon des muscles LM et SM a été prélevé et congelé à -80°C pour la détermination du pH ultime comme décrit ci-dessus.

Une tranche des muscles LM (1^{ère} vertèbre lombaire) et SM a été prélevée et placée 1h30 à 4°C sous lumière artificielle avant détermination de la couleur (moyenne des déterminations en 3 sites représentatifs de la tranche des coordonnées L* : luminance (ou clarté), a* : indice sur l'axe vert-rouge ; b* : indice sur l'axe bleu-jaune ; C* : saturation (terne à vif) et h° : angle de teinte (rouge pourpre à orangé) ; chromamètre Minolta CR 300).

Ces tranches ont ensuite été parées et broyées ; une fraction a été mise sous vide et conservée à -20°C avant détermination de la teneur en lipides (extraction à froid par solvants, Lebret *et al.*, 2006). La seconde fraction (muscle LM) a été lyophilisée puis broyée pour déterminer la teneur en collagène total et de la thermosolubilité du collagène comme décrit précédemment (Lebret *et al.*, 2001). Sur le LM, une autre tranche a été prélevée (2^{ème} vertèbre lombaire) ; après élimination des muscles adjacents mais sans parage, la tranche (100±10 g) a été placée 48h à 4°C (sac plastique) pour déterminer les pertes en eau (Honikel, 1998).

1.4. Mesures mécaniques de texture et évaluation sensorielle de la viande

Le lendemain de l'abattage, sur chaque demi-carcasse gauche, la section de longe comprise entre les 2^{ème}/3^{ème} et 6^{ème}/7^{ème} (porcs LW) ou 7^{ème}/8^{ème} (porcs B) sous-dernières côtes a été prélevée, parée et laissée à maturer à 4°C pendant 3 jours. A J4, cette pièce a été désossée; le muscle LM mis sous vide, refroidi en plongeant le sac dans de l'alcool préalablement placé à -20°C (congélation plus rapide) puis stocké à -20°C avant analyse de la texture par des mesures mécaniques (INRA QuaPA). Les échantillons ont été décongelés, recoupés en pièces de 8 X 4 cm dans le sens des fibres, pesés, mis sous vide, chauffés au bain-marie (70°C, 50 min) et pesés à nouveau pour déterminer les pertes à la cuisson.

Après refroidissement à température ambiante, l'énergie de rupture et la contrainte maximale de cisaillement de la viande ont été déterminées sur des sections rectangulaires de 1 X 1 X 3 cm parallèles au sens des fibres (valeur moyenne établie à partir de 10 déterminations par échantillon), à l'aide d'une cellule Warner-Bratzler (Instron), selon les recommandations de Honikel (1998). Suite au prélèvement de longe gauche effectué le lendemain de l'abattage pour les mesures de texture, la partie restante (côté cranial) a été conservée sur 3 porcs représentatifs de chaque traitement, laissée maturer jusqu'à J4 puis désossée, mise sous vide et congelée à -20°C en vue de l'entraînement du jury d'analyses sensorielles.

Le lendemain de l'abattage, sur la demi-carcasse droite, la pièce de longe située entre les 2^{ème}/3^{ème} et 9^{ème}/10^{ème} sous-dernières côtes (soit adjacente, côté cranial, aux prélèvements déjà réalisés) a été parée puis laissée à maturer à 4°C pendant 3 jours. A J4, ce morceau a été désossé, pesé, mis sous vide et congelé à -20°C. L'ensemble des rôtis (pour entraînement du jury et tests sensoriels) ont été transportés vers le laboratoire d'analyses sensorielles INRA EASM (Le Magneraud, 17). Les tests sensoriels ont été réalisés par deux jurys de 12 personnes expérimentées pour la dégustation de viande, selon la norme AFNOR-NFV09105. Préalablement, deux séances d'entraînement par jury ont été effectuées avec des rôtis issus de l'expérience. Cinq rôtis (un par traitement) ont été testés par séance, en présentation monadique.

Après décongélation lente (48h à 4°C), une tranche a été prélevée côté caudal pour évaluation visuelle du produit cru. Les cinq tranches (une par traitement) ont été présentées (face interne de la coupe) simultanément, pour notation de : l'intensité et l'homogénéité de couleur rouge et du persillé sur une échelle continue bornée de 0 (absence) à 10 (très intense).

Les rôtis ont été cuits au four en chaleur sèche (250°C, 10 min) puis en chaleur humide (100°C jusqu'à 80°C à cœur, soit environ 55 min de cuisson au total, selon le poids et l'épaisseur du rôti). Les échantillons de viande ont été évalués pour les caractères : odeur de porc, tendreté, jutosité, fibreux, farineux, texture grasse, flaveur globale, flaveur de porc, sur une échelle bornée de 0 à 10. La moyenne des notes obtenues par échantillon pour chaque critère (visuel ou dégustation) a ensuite été calculée.

1.5. Analyses statistiques

L'ensemble des données collectées a été soumis à une analyse de variance incluant les effets du traitement (=race X système d'élevage ; n=5) de la répétition (n=2) et de l'interaction traitement X répétition (proc glm, SAS). Les données de concentrations hormonales plasmatiques ont été analysées après une transformation logarithmique, pour suivre une distribution normale. Les moyennes des moindres carrés ont été calculées et comparées (Bonferonni) en cas d'effet significatif du traitement.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Croissance des animaux

Comme attendu, les porcs B présentent une vitesse de croissance très inférieure à celle des LW et sont nettement plus âgés à l'abattage, en particulier les porcs BE (Tableau 1). Sur l'ensemble de la période expérimentale, les porcs BL et BC ont une vitesse de croissance réduite d'environ 46% relativement aux porcs LWL et LWC, et les porcs BE ont une vitesse de croissance réduite d'environ 36% relativement aux porcs BL et BC. Ces écarts entre traitements, notamment entre BE d'une part et BL et BC d'autre part, sont plus marqués en croissance (35-75 kg) et en fin d'expérience (110-145 kg) qu'en début de finition (75-110 kg). Ces résultats sont conformes aux différences bien établies de potentiel de croissance entre races B et LW (Guéblez *et al.*, 2002 ; Alfonso *et al.*, 2005).

Les différences de conduite alimentaire entre porcs BL et BC d'une part et BE d'autre part, qui recevaient des apports inférieurs à ceux des porcs BL et BC en période de croissance (-25%) puis à partir de 110 kg (-20 jusqu'à -30%) expliquent les écarts de croissance et d'âge à l'abattage observés entre ces trois traitements.

Ceci indique également que les ressources alimentaires disponibles sur le parc associées aux rations d'aliment standard apportées ne couvrent pas de façon satisfaisante les besoins des porcs BE, ces besoins étant supérieurs à ceux des porcs BL et surtout BC en raison des conditions d'élevage extensives (activité physique plus élevée, thermorégulation).

Concernant les systèmes L et C, nous ne notons pas de différences intra-race (BL vs BC ou LWL vs LWC) sur les performances de croissance, contrairement à des résultats antérieurs obtenus sur des animaux croisés issus de lignée synthétique ou croisés Duroc (Lebret *et al.*, 2006 ; 2010). Ceci peut s'expliquer par le plafonnement des apports alimentaires dans la présente étude, contrairement aux travaux antérieurs où les animaux étaient alimentés à volonté.

Des résultats équivalents ont été obtenus sur les deux répétitions, excepté l'âge en début d'expérience légèrement supérieur pour les porcs BE en R2 comparé à R1 (113 vs 99 j), toutefois cet écart s'est réduit ensuite. Par ailleurs, la vitesse

de croissance moyenne des 5 traitements sur la période 110-145 kg était plus faible en R2 comparé à R1 (479 vs 525 g/j, $P < 0,05$) et s'explique en partie par une moindre croissance des porcs BE en R2 comparé à R1 sur cette période (175 vs 298 g/j, interaction T*R non significative).

A l'abattage, le poids vif moyen des porcs BC est réduit par rapport au LWC, alors que les porcs BL, BE et LWL présentent des poids intermédiaires.

On note aussi une interaction traitement X répétition significative : en R2, le poids vif des porcs BE (133,5 kg) est inférieur à celui des porcs BL (147,3 kg) et LWC (148,0 kg), alors qu'en R1, les porcs BE ont poids d'abattage (150,0 kg) non différent de celui des autres groupes. Ceci résulte de la croissance légèrement plus faible des porcs BE en R2 comparé à R1 en finition, et traduit la variabilité des conditions de production auxquelles sont soumis les animaux en système extensif, même lorsqu'il s'agit du même élevage.

Tableau 1 - Performances de croissance et composition corporelle

	Traitement : race X système d'élevage ¹					Signification ²			
	BL	BC	BE	LWL	LWC	ETR	T	R	T*R
Nombre d'animaux	20	20	20	19	20				
Croissance - finition 35-145 kg									
Poids vif initial, kg	35,3	34,8	35,7	37,8	38,5	5,4	ns	ns	ns
Age initial, j	106 b	106 b	106 b	84 a	84 a	5	***	ns	***
Poids vif final, kg	146,3 ab	139,9 a	141,8 ab	144,7 ab	148,0 b	8,2	*	ns	**
Age final, j	312 b	319 b	423 c	230 a	228 a	17	***	ns	ns
Consommation alimentaire, kg/j	2,67	2,36	2,10	2,81	2,80	-	-	-	-
Vitesse de croissance, g/j	544 b	498 b	335 a	756 c	772 c	86	***	ns	ns
Indice de consommation, kg/kg	4,90	4,72	5,73	3,80	3,72	-	-	-	-
Carcasses									
Poids chaud, kg	118,9	114,4	113,9	113,9	118,3	6,8	ns	ns	*
Rendement, %	81,3 c	81,8 cd	80,4 bc	78,7 a	79,9 b	1,2	***	ns	ns
Ep. lard dorsal 4/5 VL, mm	50,6 c	46,2 c	38,9 b	24,4 a	23,9 a	5,1	***	ns	*
Pannes, kg (données brutes)	4,86 c	4,63 c	3,90 b	1,88 a	2,00 a	0,61	***	*	***
Pertes ressuage, % ⁴	1,63 a	1,70 a	-	1,97 b	1,99 b	0,18	***	***	ns
Jambon, % demi-carcasse	25,8 a	25,9 a	27,7 b	28,4 b	28,3 b	0,9	***	ns	*
Longe, % demi-carcasse	18,0 a	17,8 a	17,7 a	23,7 b	22,7 b	0,9	***	**	ns
Bardière, % demi-carcasse	15,8 c	15,0 c	11,2 b	8,0 a	8,1 a	1,4	***	ns	***

¹ Traitement= race X système d'élevage (BL : Basque Litière, BC : Basque Caillebotis, BE : Basque Extensif, LWL : Large White Litière, LWC : Large White Caillebotis)

² ETR : écart-type résiduel. T : Traitement (n=5) ; R : Répétition (n=2) ; *** : $P < 0,001$; ** : $P < 0,01$; * : $P < 0,05$; ns : $P > 0,05$. Sur une même ligne, les moyennes des moindres carrés affectées d'une lettre différente diffèrent significativement ($P < 0,05$)

³ Unité expérimentale=groupe

⁴ Non déterminé sur porcs BE

2.2. Caractéristiques des carcasses

Concernant le poids de carcasse, les différences entre traitements ne sont pas significatives, et atténuées par rapport à celles constatées sur le poids vif.

Cependant on observe une interaction traitement X répétition : le poids de carcasse des porcs BE (107,3 kg) est inférieur à celui des porcs BL et LWC en R2, et à celui de tous les traitements dont BE (120,6 kg) en R1. Le rendement de carcasse varie beaucoup selon le traitement : il est plus élevé pour les porcs B que pour les porcs LW, et plus bas pour les porcs LWL comparés aux LWC.

Ces écarts s'expliquent par un poids de tractus digestif vide, et surtout de contenu digestif supérieur chez les LW en particulier lorsqu'ils sont élevés sur litière, comparativement aux porcs B (contenu digestif : 3,09 vs 2,45 kg pour les LWL et LWC ; 1,06 et 0,95 kg pour les BL et BC, $P < 0,001$). Ceci résulte en grande partie d'un contenu du gros intestin plus important chez les LWL comparativement aux LWC (1,78 vs 1,28 kg) et aux BL (0,64kg) et BC (0,55 kg) suite aux effets cumulés d'une digestion probablement plus lente chez les LW, et de la consommation de litière par les LWL pendant la nuit de jeûne en élevage avant le transport, comme observé précédemment (Lebret *et al.*, 2006).

L'adiposité des carcasses varie très fortement selon la race et le système d'élevage, les porcs BL et BC présentant une épaisseur de lard dorsal doublée relativement aux LWL et LWC, les BE se situant en position intermédiaire. Des écarts similaires sont observés sur le poids brut de panne et sur le pourcentage de panne relativement au poids vif ($P < 0,001$, données non présentées), et se retrouvent logiquement pour la proportion de bardière dans la carcasse. A l'inverse, les proportions de jambon et de longe sont plus élevées chez les LWL et LWC relativement aux BL et BC. Les BE présentent une proportion de jambon proche de celle des LW et de longe équivalente aux BL et BC. Une interaction traitement X répétition est observée sur les critères d'adiposité, les porcs BE présentant une épaisseur de lard dorsal, un poids de panne et un pourcentage de bardière inférieurs en R2 par rapport à R1, qui peut s'expliquer par le poids de carcasse plus faible des porcs BE en R2. Les différences majeures d'adiposité entre races confirment les résultats de Guéblez *et al.* (2002) et Alonso *et al.* (2005). Concernant les effets du système d'élevage sur l'adiposité, la moindre consommation alimentaire des porcs BE comparativement aux porcs BL et BC, explique vraisemblablement leur moindre adiposité. Par contre, nous n'observons pas de différence significative entre les porcs élevés sur litière ou sur caillebotis, pour chacune des races. Des études antérieures ont rapporté des porcs plus gras en système L (Lebret *et al.*, 2006) ou une adiposité équivalente entre systèmes L et C (Lebret *et al.*, 2010).

Tableau 2 - Indicateurs du comportement en phase pré-abattage

	Traitement : race X système d'élevage ¹					Signification ²			
	BL	BC	BE	LWL	LWC	ETR	T	R	T*R
Lésions sur carcasse, n	0,25 a	1,65 ab	2,60 b	0,27 a	0,15 a	1,9	***	***	*
Concentrations plasmatiques									
Log ACTH, pg/ml	1,50	1,45	1,49	1,31	1,41	0,41	ns	*	ns
Log Cortisol, ng/ml	1,61 ab	1,62 ab	1,40 a	1,63 ab	1,65 b	0,28	*	ns	*
Créatine Kinase, U/ml	1,04 a	1,18 a	1,96 b	1,43 ab	1,36 a	0,63	***	ns	*

^{1,2} Cf tableau 1.

2.4. Critères de qualité de viande

Les critères de qualité de viande varient fortement selon la race et le système d'élevage des animaux. Concernant la longe, les porcs BE présentent des valeurs de pH 30 min et surtout de pH 24 h plus élevées comparativement aux porcs BL et BC et surtout aux porcs LWL et LWC (Tableau 3).

La couleur de la viande est également très dépendante du traitement, les porcs BE présentant une viande plus sombre (L* inférieure), un indice de jaune inférieur et par suite une teinte (h°) plus rouge que les porcs BL et BC, les porcs LWL et LWC présentant les viandes les plus claires et les moins rouges, alors que la valeur de l'indice a* n'est pas différente entre les traitements. Les pertes en eau en phase de maturation sont équivalentes pour les 3 groupes de porcs B et très nettement plus faibles que celles des LW.

La plus faible teneur en lactate musculaire (30 min p.m.) est observée chez les porcs BE en accord avec les différences (inversées) de pH 30 min. Le potentiel glycolytique (PG) est nettement plus faible chez les porcs B relativement aux LW mais ne dépend pas du système d'élevage intra-race.

Ainsi, l'activité physique pré-abattage supérieure des porcs BE relativement aux porcs BL et BC se traduit logiquement par un pH 24h plus élevé (0,13 unités en moyenne) mais n'est pas

Dans le cas présent, le niveau alimentaire similaire entre systèmes L et C peut expliquer l'absence de différence d'adiposité.

Plus globalement, ces résultats montrent à nouveau que l'influence des conditions d'élevage sur la croissance et l'adiposité résulte de l'interaction de différents facteurs tels que la conduite alimentaire, les conditions climatiques et l'activité physique (Lebret, 2008).

2.3. Indicateurs du comportement en phase pré-abattage

Le niveau d'ACTH plasmatique (log) ne varie pas selon le traitement, alors que celui du cortisol (log) est légèrement plus faible chez les porcs BE relativement aux LWC, et intermédiaire chez les porcs BL, BC et LWL (Tableau 2). Dans nos conditions expérimentales, la réactivité des animaux aux changements d'environnement en phase pré-abattage ne dépend donc pas du système d'élevage, et varie également très peu selon la race. Par contre, le nombre de lésions sur carcasse et l'activité créatine kinase, marqueur de l'activité musculaire, plus élevés chez les porcs BE en particulier en R1, indiquent une activité physique en phase pré-abattage plus importante pour ces animaux. Malgré des conditions standardisées au maximum entre les deux sites d'abattage, les conditions de transport (durée, parcours) différentes entre les porcs BE et les autres, expliquent probablement ces résultats.

associée à un PG p.m. inférieur, comparativement aux autres traitements. On peut émettre l'hypothèse que le PG en phase d'élevage était plus élevé chez les BE, comme généralement observé chez des porcs élevés en système extensif surtout en saison froide (Lebret 2008), mais que ces animaux ont eu une consommation supérieure en glycogène musculaire en phase pré-abattage en relation avec leur activité physique plus élevée, conduisant à des valeurs de PG p.m. équivalentes entre les porcs BE, et BL ou BC. Ceci suggère aussi que le PG n'est pas le seul déterminant du pH 24h et que les propriétés métaboliques et/ou le pouvoir tampon du muscle interviennent également dans la détermination du pH ultime.

La teneur en lipides intramusculaires (LIM) dépend fortement de la race et du système d'élevage, avec les teneurs les plus basses pour les LWL et LWC, intermédiaires pour les BE et les plus élevées pour les BC et BL. Ces variations suivent assez logiquement celles de l'adiposité corporelle.

La teneur en collagène total du LM est légèrement plus élevée chez les LW en particulier les LWC relativement aux BE, et surtout aux BL et BC. La solubilité thermique du collagène est plus faible chez les porcs B relativement au LW, indépendamment du système d'élevage, et peut s'expliquer en partie par l'âge à l'abattage plus élevé des porcs B, sans toutefois de différence entre les BE et les BC ou BL.

Tableau 3 - Critères de qualité du muscle *Longissimus* (longe)

	Traitement : race X système d'élevage ¹					Signification ²			
	BL	BC	BE	LWL	LWC	ETR	T	R	T*R
pH 30 min	6,52 ab	6,48 a	6,63 b	6,42 a	6,40 a	0,16	***	***	ns
pH 24 h	5,57 a	5,58 a	5,71 b	5,47 a	5,47 a	0,13	***	ns	ns
Couleur L*	51,6 bc	51,2 b	48,1 a	53,8 c	53,6 bc	2,8	***	ns	ns
a*	9,7	9,6	9,3	9,1	8,7	1,5	ns	ns	ns
b*	6,9 b	6,5 b	4,9 a	7,2 b	6,7 b	1,0	***	***	ns
C*	11,9	11,6	10,5	11,7	11,0	1,7	ns	*	ns
h°	35,3 b	34,5 b	27,8 a	38,3 c	37,7 c	2,8	***	**	ns
Pertes en eau 1-3 j, %	1,1 a	0,9 a	0,6 a	2,7 b	2,7 b	1,0	***	ns	ns
Lactate, µg/g	40,9 ab	43,2 b	30,4 a	49,3 b	47,3b	13,3	***	**	ns
Potentiel glycolytique, µg eq. lactate/g	138 a	136 a	136 a	173 b	164 b	18	***	*	*
Lipides intramusculaires, %	4,07 c	3,79 bc	3,28 b	2,15 a	2,32 a	0,9	***	ns	ns
Collagène, %	0,42 a	0,43 a	0,45 ab	0,47 ab	0,50 b	0,09	*	***	ns
Solubilité du collagène, % ³	9,5 a	9,1 a	9,0 a	12,2 b	11,8 b	1,7	***	ns	ns
Mesures de texture sur viande cuite									
Pertes en eau à la cuisson, %	17,9 ab	19,0 b	17,2 a	23,3 c	22,7 c	1,8	***	ns	ns
Energie de rupture, J	0,22 a	0,23 a	0,26 ab	0,30 c	0,29 bc	0,04	***	ns	ns
Contrainte maximale de cisaillement, N/cm ²	22,7 a	24,6 a	30,3 b	31,7 b	30,6 b	5,2	***	ns	ns

^{1,2} Cf tableau 1.

³ Solubilité thermique du collagène, en pourcentage du collagène total

Les mesures mécaniques de texture mettent en évidence une dureté supérieure de la viande cuite des porcs LWL et LWC relativement aux porcs BL et BC, les porcs BE présentant des valeurs intermédiaires voire proche de celles des LW pour la contrainte maximale de cisaillement. Les relations modérées entre les mesures mécaniques de texture et la teneur ou la solubilité du collagène du LM (énergie de rupture : $r=0,21$, $P<0,05$ avec la teneur en collagène et $r=0,22$, $P<0,05$ avec la solubilité ; contrainte maximale de cisaillement : $r=0,19$, $P=0,06$ avec la teneur en collagène et $r=0,10$, ns avec la solubilité) montrent que la composante collagénique influence peu la texture de la viande. A l'inverse, les mesures de texture sont fortement et négativement corrélées avec la teneur en LIM ($r=-0,49$, $P<0,001$ avec l'énergie de rupture et $r=-0,44$, $P<0,001$ avec la contrainte maximale de cisaillement) confirmant la contribution importante dans certains dispositifs expérimentaux de la teneur en LIM dans la détermination de la qualité sensorielle de la viande (De Vol *et al.*, 1988).

Par ailleurs, les pertes en eau à la cuisson varient fortement selon les traitements avec des pertes réduites pour les porcs BE, BL et BC relativement aux LWL et LWC, comme observé pour les pertes en eau *p.m.* Ce résultat contribue également à expliquer les différences observées entre traitements sur les mesures de texture de la viande.

Dans le muscle SM, l'influence du traitement sur le pH 35 min n'atteint pas le seuil de signification ($P=0,07$), alors que le pH 24 h des porcs BE est nettement plus élevé que celui des porcs autres groupes de porcs comme observé dans le LM (Tableau 4). La couleur du SM varie également fortement selon le traitement, avec une luminance plus faible chez les B, surtout BE, que chez les LW. L'indice a^* est plus élevé dans les 3 groupes B relativement au LW et l'indice b^* plus faible chez les BE relativement aux 4 autres traitements. Ceci conduit à une viande de couleur plus vive (C^*) chez les BL et BC

relativement aux LWL et LWC, les BE étant en position intermédiaire, et à une viande d'un rouge plus sombre pour les BE comparé aux porcs BL et BC, et surtout aux LWL et LWC. Les différences de couleur du SM entre traitements confirment, et sont mêmes accentués par rapport à ceux observés dans le LM.

La teneur en lactate varie significativement à l'inverse du pH 35 min avec la teneur la plus faible pour les BE et la plus élevée pour les LWC. Comme dans le LM, le PG est plus faible pour les BL, BC et BE par rapport aux LWL et LWC, sans différence significative entre systèmes d'élevage.

De même, il apparaît que le PG n'est pas le seul déterminant du pH 24 h, en accord avec Scheffler *et al.* (2009). Enfin, la teneur en LIM est plus élevée chez les BL, BC et BE que chez les LWL et LWC, sans différence entre groupes intra-race B, contrairement aux résultats obtenus dans le LM.

2.5. Qualité sensorielle de la viande

L'analyse sensorielle met en évidence des différences d'aspect de la viande entre traitements (Figure 1).

Les porcs BE ont une viande de couleur rouge plus intense que les porcs BL et BC, et surtout que les porcs LWL et LWC, en accord avec les valeurs observées de h° et L^* .

La viande des porcs LWL et LWC apparaît de couleur plus homogène que celle des B, toutefois les écarts sont relativement réduits.

La viande des porcs B (surtout BC) est plus persillée que celle des LW (en particulier des LWL) en accord avec les variations de LIM observées entre traitements. Le persillé est jugé plus homogène pour la viande des porcs B que celle des LW, suggérant que le persillé relativement important de la viande des porcs B n'est pas associé à une répartition inégale des lipides, qui pourrait avoir un impact négatif sur l'acceptabilité des produits par les consommateurs.

Tableau 4 - Critères de qualité du muscle *Semimembraneux* (jambon)

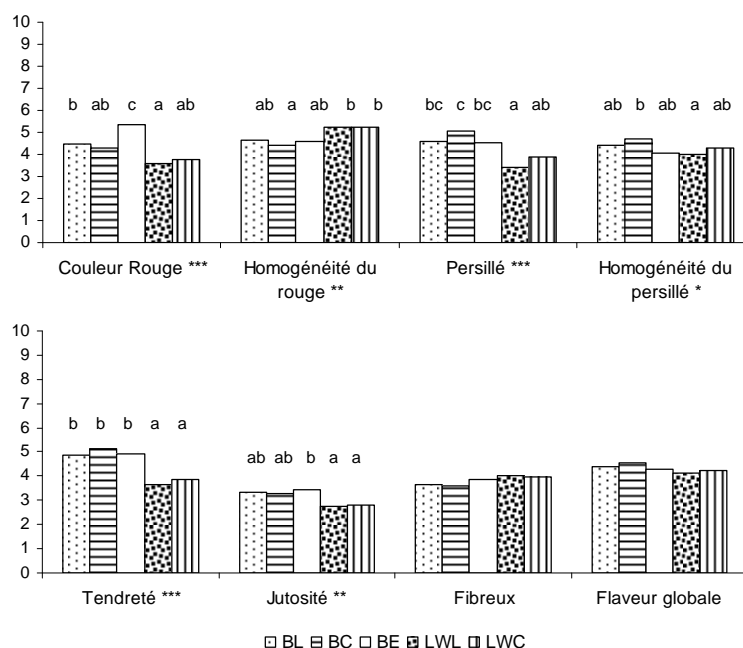
	Traitement : race X système d'élevage ¹					Signification ²			
	BL	BC	BE	LWL	LWC	ETR	T	R	T*R
pH 35 min	6,52	6,47	6,54	6,45	6,41	0,16	ns	ns	ns
pH 24 h	5,63 a	5,59 a	5,83 b	5,48 a	5,50 a	0,18	***	ns	ns
Couleur L*	47,0 a	47,3 a	44,7 a	51,9 b	52,2 b	2,9	***	***	*
a*	14,2 b	13,5 b	13,4 b	10,8 a	9,9 a	1,8	***	ns	ns
b*	8,0 b	7,7 b	6,2 a	7,8 b	7,2 ab	1,3	***	**	ns
C* (saturation) : terne -> vif	16,3 b	15,6 b	14,7 ab	13,3 a	12,3 a	2,1	***	ns	ns
h° (angle de) teinte	29,2 b	29,6 b	24,8 a	35,7 c	36,1 c	2,5	***	***	ns
Lactate, µg/g	44,8 ab	48,4 ab	37,4 a	48,6 ab	51,8 b	14,4	*	***	ns
Potentiel glycolytique, µg eq. lactate/g	139 a	139 a	123 a	164 b	161 b	19,2	***	ns	ns
Lipides intramusculaires, %	4,37 b	4,12 b	3,90 b	2,02 a	2,28 a	1,2	***	ns	*

^{1,2} Cf tableau 1.

A la dégustation, les viandes des porcs B sont jugées plus tendres que celles des LW, sans différence entre systèmes d'élevage intra-race. Des différences sont également observées sur la jutosité, la viande des porcs BE étant plus juteuse que celle des LWL et LWC, les viandes des porcs BL et BC étant très proches de celle des BE.

Les analyses ne montrent pas de différences entre traitements pour les autres caractères sensoriels : odeur de porc, fibreux, farineux, texture grasse, flaveur globale, flaveur de porc. Les variations de tendreté entre traitements, liées surtout à la

race, sont associées aux différences de propriétés physico-chimiques : teneur en LIM ($r=0,56$, $P<0,001$), pertes en eau ($r=-0,42$, $P<0,001$), h° ($r=-0,38$, $P<0,001$) et mécaniques : énergie de rupture ($r=-0,55$, $P<0,001$) force de cisaillement ($r=-0,44$, $P<0,001$) des viandes, alors que la composante collagénique a peu d'effet, comme observé pour les mesures mécaniques de texture. Les variations de jutosité sont corrélées, bien que moins fortement, aux mêmes caractères (LIM, pertes en eau, couleur, mesures de texture), ainsi qu'à la tendreté ($r=0,61$, $P<0,001$).



Traitement : *** : $P<0,001$; ** : $P<0,01$; * : $P<0,05$; Répétition : ns ; T X R : ns. Intra caractère, les données affectées d'une lettre différente diffèrent significativement ($P<0,05$)

Figure 1 - Evaluation sensorielle : aspect de la viande et dégustation

Les effets favorables de la race B comparativement à la race LW sur les critères de qualité de viande (pH, couleur, pertes en eau, LIM, mesures mécaniques de texture) et les caractères sensoriels (persillé, tendreté, jutosité) confirment les résultats de Guéblez *et al.* (2002) et Alfonso *et al.* (2005) et répondent à notre objectif de générer une variabilité élevée de qualité dans ce dispositif expérimental. Intra-race, le système d'élevage

influence la qualité pour la race B essentiellement, avec des différences entre les porcs BE d'une part et BL et BC d'autre part pour la plupart des caractères (pHu plus élevé, couleur rouge sombre). Ceci résulte des conditions d'élevage extensives (conduite alimentaire, activité physique, conditions de logement,...) associées aux conditions pré-abattage un peu différentes (transport notamment) des porcs BE comparé aux

porcs BL et BC. Par contre, on note très peu de différences entre systèmes L et C intra-race B ou LW, à l'inverse d'une étude antérieure où la viande des porcs L présentait des pertes en eau et une teneur en LIM supérieures, ainsi qu'un pHu inférieur associé à un PG accru dans le muscle SM notamment (Lebret *et al.*, 2006). Toutefois, dans une comparaison ultérieure des systèmes L et C, seul l'effet sur les LIM avait été retrouvé (Lebret *et al.*, 2010). Ceci met à nouveau en évidence le déterminisme multifactoriel des composantes de la qualité de viande, et leur variabilité selon les génotypes ou les conditions d'élevage (climat, conduite alimentaire...) considérés.

CONCLUSION

L'ensemble de ces résultats met en évidence des différences très importantes de croissance, composition corporelle et qualité de la viande entre porcs de race Basque et Large White et selon le système d'élevage des animaux, en particulier entre le système extensif Basque d'une part, et l'élevage alternatif sur litière-courette, ou sur caillebotis d'autre part. La variabilité élevée obtenue sur de nombreux paramètres biochimiques, physico-chimiques et sensoriels de la viande constitue une base favorable pour la mise en évidence de

marqueurs de qualité de la viande, et permettra par ailleurs d'approfondir nos connaissances sur la construction biologique de la qualité des produits carnés.

REMERCIEMENTS

Nous remercions chaleureusement toutes les personnes qui ont contribué à la conception ou à la réalisation de ce travail : C. Larzul (INRA), M.J. Mercat et H. Lenoir (IFIP), J.P. Chapart (Ligéral), G. Bordagaray, P. Sainte-Marie et M. Oçafrain (éleveurs), J. Mogabure et le personnel de l'abattoir de Saint-Jean-Pied-de-Port (64), P. Oteiza, N. Cardet et le personnel de l'entreprise P. Oteiza (Les Aldudes, 64), le personnel de l'élevage, de l'abattoir et des laboratoires de l'UMR INRA SENAH (Saint-Gilles, 35) et des laboratoires de l'UR INRA QuaPA (Theix, 63).

Les auteurs remercient la participation de la Communauté Européenne, 6è PCRD, pour le Projet Intégré Q-PORKCHAINS FOOD-CT-2007-036245.

Les résultats et conclusions de cet article sont sous la seule responsabilité des auteurs et ne reflètent pas nécessairement la position de la Communauté Européenne.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alfonso L., Mourot J., Insausti K., Mendizabal J.A., Arana A., 2005. Comparative description of growth, fat deposition, carcass and meat quality characteristics of Basque and large White pigs. *Anim. Res.*, 54, 33-42.
- Damon M., Wyszynska-Koko J., Guernec G., Lebret B., 2011. Utilisation de données d'expression génique pour prédire la qualité de viande chez le porc. *Journées Rech. Porcine*, 43, 47-48.
- DeVol D.L., McKeith, F.K., Bechtel P.J., Novakofski F.K., Shanks R.D., Carr T.R., 1988. Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. *J. Anim. Sci.* 66, 385-395.
- Guéblez R., Labroue F., Mercat M.J., 2002. Performances de croissance, carcasse et qualité de viande de quatre races locales. *Techni-Porc*, 25, 5-15.
- Honikel K.O., 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.*, 49, 447-457.
- Laval G., Iannuccelli N., Legault C., Milan D., Groenen M.A.M., Giuffra E., Andersson L., Nissen P.H., Jørgensen C.B., Beeckmann P., Geldermann H., Foulley J.L., Chevalet C., Ollivier L., 2000. Genetic diversity of eleven European pig breeds. *Genet. Sel. Evol.*, 32, 187-203.
- Lebret B., Juin H., Noblet J., Bonneau M., 2001. The effects of two methods of increasing age at slaughter on carcass and muscle traits and meat sensory quality in pigs. *Anim. Sci.*, 72, 87-94.
- Lebret B., Meunier-Salaün M.C., Foury A., Mormède P., Dransfield E., Dourmad J.Y., 2006. Influence of pig rearing conditions on performance, behavioural, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality. *J. Anim. Sci.*, 84, 2436-2447.
- Lebret B., 2008. Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. *Animal*, 2, 1548-1558.
- Lebret B., Prunier A., Bonhomme N., Foury A., Mormède P., Dourmad J.Y., 2010. Physiological traits and meat quality of pigs as affected by genotype and housing system. *Meat Sci.* (2010), doi:10.1016/j.meatsci.2010.11.025
- Salmi B., Larzul C., Damon M., Lefaucheur L., Mourot J., Laville E., Gatellier P., Meteau K., Lanoë D., Lebret B., 2011. Analyse multivariée de la variabilité de la qualité de viande de porc selon la race et le système d'élevage. *Journées Rech. Porcine*, 43, 51-52.
- Scheffler T., Gerrard D., 2009. Glycogen and lactate content do not fully explain differences in pork ultimate pH. *Proc. 55th International Congress of Meat Science and Technology*, 16-21 August 2009, Copenhagen, Denmark. Paper PE1.63, 5 p.
- Vincent A., Louveau I., Wyszynska-Koko J., Lebret B., Damon M., 2011. Comparaison de l'expression des gènes du tissu adipeux entre les porcs Large White et Basque. *Journées Rech. Porcine*, 43, 53-54.
- Wyszynska-Koko J., Damon M., Lebret B., 2009. Transcriptomic analysis of Longissimus muscle to select genes correlated to drip loss in pork. *Proc. 55th International Congress of Meat Science and Technology*, 16-21 August 2009, Copenhagen, Denmark. Paper PE1.39, 4 p.
- Wyszynska-Koko J., Lebret B., Damon M., 2009. Microarray analysis of differential genes expression patterns in Longissimus muscle of Large White and Basque pigs. *Proc. 55th International Congress of Meat Science and Technology*, 16-21 August 2009, Copenhagen, Denmark. Paper PE1.40, 6 p.