



**FACULTE DE MEDECINE VETERINAIRE
DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES
BIOSTATISTIQUE, BIOINFORMATIQUE, ECONOMIE, SELECTION ANIMALE**

**EVALUATION DES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DU
PIETRAIN STRESS NEGATIF EN CROISEMENT INDUSTRIEL**

**EVALUATION OF ZOOTECHNICAL PERFORMANCES OF
STRESS NEGATIVE PIETRAIN IN INDUSTRIAL CROSS**

Luc DO DUC

**MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE DEA EN SCIENCE VETERINAIRE
ORIENTATION SANTE ET PRODUCTIONS ANIMALES**

ANNEE ACADEMIQUE 2004-2005

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été une démarche qui a demandé la contribution de nombreux individus et organismes. Je les prie de bien vouloir accepter mes remerciements les plus sincères pour avoir accepté de participer de près ou de loin à cette recherche.

Je voudrais témoigner de ma profonde reconnaissance au Professeur Pascal Leroy, mon promoteur et au Dr. Frédéric Farnir, Maître de conférence, mon Co-promoteur, pour leur soutien, leur disponibilité constante et leur aide pour accomplir ce mémoire.

Je tiens à remercier tout le personnel du département des Productions Animales, en particulier du Service de Biostatistique, Bioinformatique, Economie, Sélection animale de la Faculté de Médecine Vétérinaire pour leur accueil, leur aide et leur humour qui m'ont permis de travailler dans une ambiance agréable.

J'adresse un remerciement au Centre de la Coopération au Développement de l'Université de Liège (CECODEL), en particulier à Mme Hélène Crahay pour avoir toujours été attentive à toutes mes sollicitations et notamment pour les démarches administratives relatives à mon séjour à l'Université de Liège.

Enfin, à toute ma famille et mes amis qui m'ont entouré et soutenu au cours de ce travail, trouvez dans ces lignes mes sentiments les plus forts.

Liste des abréviations

ANOVA	Analyse de la variance
BC	Backcross
PSE	<i>P</i> ale, <i>S</i> oft et <i>E</i> xsudative
DFD	Dark, Dry, Firm
RéHal	Piétrain stress-négatif résistant au gaz halothane
LW	Large White
PIE	Piétrain
GLM	General Linear Model
LSM	Moyennes moindres carrés
SE	Erreur standard
SAS	Statistic Analysis System
GQM	Gain quotidien moyen
PVM	Pourcentage de viande
CC	Homozygote stress négatif à l'halothane
CT	Hétérozygote stress négatif à l'halothane
TT	Homozygote stress positif à l'halothane
Com	Ligne commercial
Res	Groupe Résistant à l'halothane
pH45	pH du carré 45 min après l'abattage
pH24	pH du carré 24 heures après l'abattage

Table des matières

Résumé et mots-clés en français.....	1
Résumé et mots-clés en anglais.....	2
1. Introduction.....	3
2. Matériel et Méthodes.....	5
2.1. Animaux.....	5
2.2. Type de données collectées, mesures et calculs réalisés.....	6
2.3. Analyse statistique.....	7
3. Résultats.....	8
3.1. Facteurs étudiés.....	8
3.2. Paramètres étudiés.....	8
3.2.1. Gain quotidien moyen (GQM).....	8
3.2.2. Le pH 45 minutes après l'abattage.....	8
3.2.3. Pourcentage de viande.....	9
3.2.4. Comparaison entre le porc Com et RES.....	9
4. Discussion.....	10
4.1. Effet du génotype (CC, CT, TT et Com).....	10
4.1.1. Effet du génotype sur le gain quotidien moyen.....	10
4.1.2. Effet du génotype sur le pH du carré 45 minutes après l'abattage.....	11
4.1.3. Effet du génotype sur le pourcentage de viande.....	11
4.2. Effet du type sexuel (mâle versus femelle).....	12
4.3. Effet de l'année d'engraissement (de 1996 à 2004).....	12
5. Conclusions et perspectives.....	13
6. Références bibliographiques.....	14
7. Annexe.....	18

Evaluation des performances zootechniques du Piétrain stress négatif en croisement industriel

Résumé

La présente étude a pour but d'analyser et d'évaluer les performances zootechniques (gain quotidien moyen, pH du carré 45 minutes *post* abattage et le pourcentage de viande) du Piétrain RéHal en croisement industriel. Les effets du génotype (CC, CT, TT et Com), du sexe (mâle ou femelle), de l'année d'engraissement (1996 à 2004) et de la loge (37 loges) sur ces caractères ont été estimés.

Les moyennes moindres carrés (LSM) obtenues varient selon les génotypes de 574,47 à 668,14 g pour le gain quotidien moyen, de 6,05 à 6,42 pour le pH du carré à 45 minutes après l'abattage, et de 60,10 % à 64,29 % pour le pourcentage de viande. Le gain quotidien moyen du porc de la lignée correspondant au croisement commercial (Com) est plus élevé (de + 87,2 à + 93,7 g), mais d'autre part, présente un pourcentage de viande inférieur (de - 4,2 à - 1 %) par rapport aux génotypes CC, CT et TT. Le pH du carré 45 minutes après l'abattage chez les porcs CT et Com est similaire, respectivement 6,3 et 6,2, et occupe une position intermédiaire entre les porcs CC (6,4) et les porcs TT (6,0), alors que celui du génotype TT est le plus faible.

Le mâle présente une vitesse de croissance supérieure (+ 35,4 g) mais un pourcentage de viande inférieur (- 1,8 %) à celui de la femelle. Le sexe n'a pas d'effet significatif sur le pH du carré 45 minutes après l'abattage ($p > 0,05$).

L'année d'engraissement a un effet significatif ($p < 0,001$) sur tous les caractères étudiés mais sans aucune évolution claire dans le temps.

Mots-clés : Piétrain stress négatif, Landrace, Large White, performance, génotype.

Evaluation of zootechnical performances of stress negative Pietrain in industrial cross

Summary

The objective of this study was to evaluate the zootechnical performances (average daily gain, pH of the loin at 45 minutes after slaughter and meat percentage) of Stress-negative Piétrain (Piétrain RéHal) in industrial cross. The effects of genotype (CC, CT TT and Com), sex (male and female), year of fattening (from 1996 to 2004) and cage (37 cages) on the study parameters have been estimated.

The observed least square means (LSM) ranged from 574.47 to 668.14 g for the average daily gain, from 6.05 to 6.42 for the pH of loin at 45 minutes post mortem, and from 60.10 to 64.29% for the lean percentage. The average daily gain of pig of the commercial line (Com) was higher (from + 87.2 to + 93.7 g), but inversely presented a carcass lean percentage lower than those of CC, CT and TT. The pH of the loin at 45 minutes post mortem of pig CT and Com was similar (6.3 and 6.2 respectively) and hold an intermediate position between CC (6.4) and TT (6.0), even though this value of genotype TT was lower.

The male presented a superior growth rate (+ 35.4 g) but a carcass lean percentage inferior (- 1.82 %) to the female one. The sex was not a significant effect on the pH of loin at 45 minutes post mortem ($p > 0.05$).

The fattening year had a significant effect ($p < 0.001$) on all studied parameters however, without any particularly trend.

Key words: Stress negative Pietrain, Landrace, Large White, performance, genotype.

1. Introduction

Le Piétrain est un porc de taille moyenne avec une robe blanche tachetée pie noire. Selon Camerlynck et Brankaer (1958), il est caractérisé par un excellent rendement en carcasse (80,8 %) et une musculature exceptionnelle (60,9 %) comprenant le carré (23,3 %), le jambon (22,5 %) et l'épaule (15,2 %). En raison de la présence du gène de sensibilité à l'halothane possédant 2 allèles N (ou C) dominant (résistant) et n (ou T) récessif (sensible) (Ollivier *et al.*, 1975), et de la fréquence élevée de viande PSE (*Pale Soft Exsudative*), la qualité de la viande du Piétrain est souvent décriée. En 1991, Fuji et collaborateurs ont découvert que la mutation ponctuelle de l'allèle C en T consiste en la substitution d'une cytidine (C) par une thymidine (T) en position 1843 dans le gène et est responsable du syndrome du stress. La fréquence du Piétrain positif à l'halothane en Belgique est de 88,4 % et 93,3% respectivement chez les mâles et femelles (Hanset *et al.*, 1983).

Selon certains auteurs (Webb et Simpson, 1986 ; Simpson et Webb, 1989), le gène de l'halothane serait la cause de la vitesse de croissance plus lente, du pourcentage de viande plus élevé et de l'accroissement du pourcentage de viande PSE. Plus tard, Zhang et collaborateurs (1992) en comparant trois génotypes de porcs (CC, CT et TT), ont rapporté que les porcs CC et CT (c'est-à-dire les porcs résistants à l'halothane) avaient une croissance plus rapide par rapport aux porcs TT, c'est-à-dire les porcs positifs à l'halothane. Inversement, les porcs TT, présentent un meilleur pourcentage de viande par rapport aux CC et aux CT. Par ailleurs, les porcs CT ont une meilleure efficacité alimentaire que celle des porcs CC, mais ces derniers ont présenté une vitesse de chute du pH plus faible par rapport aux porcs CT (Guéblez *et al.*, 1995 ; Leach *et al.*, 1996 ; Pommier *et al.*, 1998 ; Aubry *et al.*, 2000).

Quant à la mesure de pH musculaire *post mortem*, elle constitue une bonne indication pour prédire la qualité et l'importance économique de la viande porcine (Buscailhon *et al.*, 1994 ; Fernandez *et al.*, 1994 ; Van der Wal *et al.*, 1995). En effet, une viande est considérée comme : (1) normale si le pH à 24 heures après l'abattage présente une valeur entre 5,3 et 5,8 ; (2) acide, si le pH 24 heures est inférieur à 5,3 ; (3) DFD (Dark, Firm et Dry) si le pH 24 heures est supérieur à 6,2. Ainsi, la chute rapide du pH 45 minutes (pH45) de la viande après l'abattage est caractéristique de la viande PSE (pH45 <5,8) et les conséquences économiques négatives pour la commercialisation de la viande de porc PSE et DFD, sous forme de viande fraîche et pour la préparation des charcuteries ont été rapportées (Filière Porcine Wallonne, 2001).

Les études de l'effet du locus de l'halothane, notamment, son influence sur le rendement de la carcasse et la qualité de la viande du Piétrain, avec l'amélioration du pH musculaire *post mortem*, ont contribué à la création d'une nouvelle ligne stress négatif Piétrain (Piétrain RéHal) à partir du backcross cinq (BC5), c'est-à-dire par l'introggression de l'allèle C du Large White dans le génome Piétrain (Hanset *et*

al., 1995a, 1995b, 1995c ; Leroy *et al.*, 1999a, 1999b, 2000). Une synthèse des étapes de création de cette nouvelle ligne a été rapportée par Youssao *et al.*, 2002a (tableau I en annexe). Les performances zootechniques du porc Piétrain RéHal se caractérisent par une croissance journalière moyenne de 599 g, une épaisseur du lard dorsal moyenne de 1,54 cm, une valeur moyenne de qualité de carcasse de 101 points, un pH à 45 minutes moyen après abattage de 6,11 et 6,33 au carré et au jambon respectivement, un pH à 24h de 5,48 et une perte moyenne en jus à la cuisson de 32,50 %. En définitive, le Piétrain RéHal, par rapport au Piétrain classique, présente certains paramètres de qualité de viande et un gain quotidien moyen meilleurs, en dehors de la qualité de la carcasse inférieure (Ministère des Classes Moyennes et de l'Agriculture, 1998). *In fine*, Leroy et collaborateurs (1999a) ont affirmé que le Piétrain RéHal présente toutes les qualités favorables du Piétrain classique, que les fréquences des animaux sensibles au stress diminuent avec son utilisation, et que la chute du pH de la viande après abattage a évolué favorablement.

L'expérience relative à l'utilisation du verrat Piétrain RéHal sur la truie commerciale dans les conditions commerciales a donné des résultats exceptionnels pour l'indice de consommation (2,96), le gain quotidien (649 g), le rendement à l'abattage (82,60 %), l'épaisseur du lard dorsal (2cm) et le pourcentage de la viande (59 %). Le pourcentage des produits terminaux en classe S et E a été de 85% indiquant bien que l'élimination de l'allèle T au locus halothane n'affecte pas le rendement de la carcasse (Leroy et Verleyen, 2000). Par ailleurs, le Piétrain RéHal CT et CC a été développé et commercialisé en Belgique par l'Université de Liège, Detry SA, le Centre Interprofessionnel pour l'Amélioration et la Promotion animales (CIAP) et l'Association Régionale du Porc Piétrain (ARPP). Les verrats Piétrain RéHal CC et CT ont suscité un grand intérêt pour la production et la commercialisation, et sont testés en régions chaudes notamment au Vietnam, au Burkina Faso et bientôt en Chine (Leroy *et al.*, 2001).

A l'issue de divers croisements industriels à la Station Expérimentale de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège, les porcs backcross (BC) BC5, BC6 et BC7 sont nés en 1997 et 1998 (Leroy *et al.*, 2000), puis en 2003 et 2004 pour les porcs BC10. Peu de littérature est disponible sur ces nouveaux génotypes. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'analyser et d'évaluer les performances zootechniques (le gain quotidien moyen, le pH du carré 45 minutes après l'abattage et le pourcentage de la viande) du Piétrain RéHal en croisement industriel.

2. Matériel et Méthodes

Les expériences de croisements ont été réalisées à la ferme expérimentale de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège au Sart Tilman. Les descendants issus de ces croisements ont été abattus à l'abattoir de Detry S. A. à Aubel (Belgique).

Deux types de croisements ont été réalisés (Tableau II en annexe). Le premier type consistait à croiser un verrat Piétrain classique (TT) ou un verrat Piétrain RéHal (CC et CT) et une truie RéHal (CC et CT). Tous les porcelets nés de ce croisement étaient de trois génotypes différents (CC, CT et TT) et les génotypes au locus Hal ont été identifiés par analyse d'ADN selon la procédure de Fuji *et al.* (1991) et de Grobet *et al.* (1992). Quant au deuxième type, il s'agissait de croiser un verrat Piétrain RéHal (CC et CT) et une truie F1 (Landrace x Large White) provenant de Detry SA (FPT), de la Coopérative paysanne luxembourgeoise (LUX) et du Nucléus français (NUC), ayant généralement le génotype CC. Les porcelets de ce croisement sont considérés comme commerciaux (Com) avec les deux génotypes possibles (CC et CT). Néanmoins le génotype au locus Hal des animaux de ces croisements n'a pas été identifié.

Pendant les années 1996 et 1997, pour obtenir le backcross 5 (BC5) et puis le backcross 6 (BC6), seul le verrat Piétrain pur (TT) a été utilisé en croisement avec les truies RéHal (CC et CT) de BC4 et BC5. Les porcelets CC étaient donc absents au cours de cette période. A partir de 1998, les verrats de type Piétrain pur et de type RéHal (CC et CT) ont été utilisés.

Les porcelets Com qui sont nés d'un père RéHal et d'une mère F1 (Landrace x Large White) ont été étudiés jusqu'en 2001. La mesure du pH du carré 45 min après l'abattage a été effectuée sur la même période.

2.1. Animaux

La gestion des animaux est caractérisée par trois phases d'organisation. (1) A la naissance, tous les animaux sont élevés avec leur mère pendant 28 jours. A l'âge de 14 jours ils reçoivent un aliment complémentaire Baby Starter. Les mâles sont castrés dans leur première semaine de vie et tous les descendants (mâles et femelles) sont sevrés à l'âge de 28 jours. (2) La période de pré engraissement ou phase de post sevrage dure 4 semaines, avec une alimentation *ad libitum* constituée d'aliment de post sevrage à base de Starter. (3) A partir d'un poids moyen de 25 kg jusqu'à l'âge de 80 jours, les animaux sont répartis par groupe de douze par loge, puis soumis pendant 135 jours à un régime d'engraissement dont les aliments sont constitués de « Carnipor B16 Finition » consommés *ad libitum*. Tous les animaux ont été élevés dans 37 loges à la Station expérimentale de la Faculté de Médecine Vétérinaire. A la fin de la période d'engraissement, les animaux pesaient en moyenne 110 kg à l'âge

de 215 jours âge, où ils sont abattus après mise à jeun de 12h à 18h.

2.2. Type de données collectées, mesures et calculs réalisés.

Les données relatives à 4071 animaux nés entre 1996 et 2004 à la Station Expérimentale de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège, ont été collectées. Elles concernent les poids à divers âges, les gains quotidiens moyens, le pH du carré 45 minutes après l'abattage et le pourcentage de viande. Bien que l'expérimentation ait été effectuée de 1996 à 2004, la mesure du pH quant à elle a eu lieu dans la période de 1996 et 2001.

Les poids relevés sont : poids à la naissance (72 heures au maximum après la naissance), poids à 28 jours (sevrage), poids à 80 jours (pré-engraissement) et poids à 215 jours (*post* engraissement).

Le gain quotidien moyen a été calculé comme le rapport de l'écart de poids entre le poids final et le poids initial à la durée d'engraissement divisé par la durée de l'engraissement en jours.

La mesure du pH 45 minutes après abattage a été effectuée sur une demi-carcasse dans le muscle « Longissimus dorsi ». On a introduit l'électrode « LoT 406-M6-DXK-S7/25 » Mettler-Toledo GmbH, Urdorf, Switzerland entre la dernière et l'avant-dernière vertèbre dorsale à environ 5cm de profondeur. Toutes les mesures ont été effectuées à l'abattoir de Detry SA à Aubel de 1996 à 2001.

Le pourcentage de viande a été estimé par le Capteur Gras/Maigre (CGM, Sydel) après abattage. L'appareil est équipé d'une sonde Sydel haute définition d'un diamètre de 8mm, d'une diode photoémettrice infrarouge (Honeywell) et de deux photorécepteurs (Honeywell). La distance opérable est comprise entre 0 et 105 mm. Les valeurs mesurées sont converties en une estimation du pourcentage de viande maigre par le CGM lui-même selon la formule suivante:

$$Y = 59,902386 - 1,060750 X_1 + 0,229324 X_2$$

Où :

Y = pourcentage estimé de viande maigre dans la carcasse.

X₁ = Epaisseur du lard dorsal (y compris la couenne) exprimée en millimètres, mesurée à 6cm latéralement de la ligne médiane de la carcasse entre la troisième et la quatrième dernière côte.

X₂ = Epaisseur du muscle exprimée en millimètres, mesurée en même temps et au même endroit que X₁.

2.3. Analyse statistique

Pour identifier les facteurs d'environnement importants, les données (GQM ou gain quotidien moyen; pH 45 ou pH du carré 45 minutes après l'abattage, et le PVM ou le pourcentage de viande) ont été d'abord analysées selon la méthode des moindres carrés *via* la procédure GLM de SAS (SAS, 1989). L'interaction entre le génotype et le sexe, n'étant pas significative, elle n'a donc pas été prise en compte dans le modèle final suivant :

$$Y_{ijklm} = \mu + \text{Génotype}_i + \text{Sexe}_j + \text{Année}_k + \text{Loge}_l + \varepsilon_{ijklm} \text{ (modèle 1)}$$

où : Y_{ijklm} est la $m^{\text{ème}}$ observation de caractère considéré (GQM ou PVM ou pH45) de génotype i (CC, CT, TT et Com), sexe j (male et femelle), année k (1999 à 2004), loge l (1 à 36 et 40) et μ est considéré comme la moyenne générale. Les moyennes moindres carrés ont été comparées par le test t de *Student*. Ainsi, pour comparer les performances entre les génotypes « résistance à l'halothane » (CC et CT) et le génotype commercial (Com), les deux génotypes CC et CT ont été regroupés en un groupe résistant à l'halothane (RES), le génotype TT a été supprimé des données. Donc le modèle 1 reste inchangé mais le facteur *génotype* présente seulement deux classes, la classe RES et la class Com.

3. Résultats

Les résultats de cette étude sont présentés en annexe dans les tableaux III à VII. Ces tableaux décrivent les différents niveaux de signification (p au seuil de 0,001 et 0,05) des effets des facteurs estimés et de leurs coefficients de détermination (R^2) respectifs (tableau III) ; les moyennes moindres carrés (LSM) et erreurs standard (E.S.) pour chaque caractère étudié et le nombre d'observations (N) (tableaux IV à VII).

Dans le tableau VII les résultats des analyses sont donnés pour le groupe commercial (Com) et le groupe stress-négatif (RES). Pour chaque groupe, on a estimé les moyennes moindres carrés et les erreurs standard correspondant aux caractères « gain quotidien moyen », « pH du carré 45 minutes après l'abattage » et « pourcentage de viande » ainsi que les probabilités significatives (p) entre deux moyennes comparées et les coefficients de détermination (R^2).

Les coefficients de détermination varient entre 30,90 % et 8,66 % selon les modèles analysés (Tableaux III et VII). Le coefficient le plus élevé correspond au gain quotidien moyen (29,46-30,90%) et le plus faible au pH du carré 45 minutes après l'abattage (8,66-13,50).

3.1. Facteurs étudiés

Tous les facteurs (génotype, sexe et année d'engraissement et loge) ont été très significatifs ($p < 0,001$) pour tous les paramètres étudiés mis à part le facteur « sexe » pour le pH à 45 minutes après l'abattage ($p > 0,05$) et le facteur « loge » pour le pourcentage de viande (Tableau II).

3.2. Paramètres étudiés

3.2.1. Gain quotidien moyen (GQM)

Le modèle analysé explique 29,46 % de la variation de gain quotidien moyen (Tableau III). Les porcs Com ont présenté une meilleure croissance ($p < 0,05$) par rapport aux autres génotypes (CC, CT et TT). Si l'on considère l'ensemble des trois génotypes (CC, CT et TT), le gain quotidien moyen (GQM) n'est pas différent ($p > 0,05$). Le génotype explique 12 % de la variation de GQM. Le gain quotidien moyen chez le mâle est plus élevé que celui de la femelle ($p < 0,05$) mais l'année d'engraissement ne permet pas de déceler une quelconque tendance (Tableau IV).

3.2.2. Le pH 45 minutes après l'abattage

Le pH 45 minutes après l'abattage est influencé significativement ($p < 0,001$) par le génotype (Tableau III). Le coefficient de détermination dans ce cas est de 13,5 %. Le génotype CC a un pH supérieur de + 0,4 par rapport au génotype TT : c'est-à-dire 6,42 *versus* 6,05. Les génotypes Com et CT quant à

eux représentent des valeurs intermédiaires entre CC et TT mais il n'y a pas de différence significative entre ces deux derniers ($p > 0,05$) (Tableau V).

Aucun effet du sexe sur le pH 45 minutes après l'abattage n'a été observé. Ce pH est respectivement de 6,25 et 6,23 chez la femelle et le mâle.

Pour les années 1997 et 1998, le pH du carré à 45 minutes après l'abattage est plus élevé que celui de l'année 1996 et des années 1999 à 2001 pour lesquelles on ne note pas de différence significative ($p > 0,05$) (Tableau V). En d'autres termes, les années 1996, 1999, 2000 et 2001 sont comparables.

3.2.3. Pourcentage de viande

Le pourcentage de viande varie significativement ($p < 0,001$) selon les génotypes étudiés, et correspond par ordre croissant : Com (60,10 %), CC (61,10 %), CT (62,67 %) et TT (64,29 %) (Tableau VI). Les femelles ont présenté une carcasse plus musclée de +1,8% par rapport aux mâles (62,95 % *versus* 61,13 % $p < 0,05$). Le pourcentage de viande des années 1996 et 1997 est inférieur à celui des années 1998 à 2004 (Tableau VI).

3.2.4. Comparaison entre le porc Com et RES

Le résultat des comparaisons entre les deux groupes Com et RES est présenté dans le Tableau VII. La dénomination RES regroupe les génotypes de l'halothane (CC et CT). Les effets du sexe et de l'année d'engraissement sur le gain quotidien, le pH 45 minutes après l'abattage et le pourcentage de viande pour les données groupées sont analogues aux données non-groupées. Donc seul l'effet du groupe a été considéré et les moyennes moindres carrés (et leur erreurs standard) du gain quotidien moyen, du pH du carré 45 minutes après l'abattage et du pourcentage de viande ont été estimées.

Le porc Com a présenté une meilleure croissance que le porc RES ($p < 0,001$). En revanche, la carcasse de porc RES est plus viandeuse et a un pH plus élevé que le porc Com.

En ce qui concerne le pH du carré 45 minutes après l'abattage et le pourcentage de viande, les coefficients de détermination pour les données non-groupées sont supérieurs à ceux des données groupées (13,50 % *versus* 8,66 % et 27,98 % *versus* 22,78 % respectivement) (Tableau III et VIII). Pour le gain quotidien moyen et le pourcentage de la viande, la différence entre les deux groupes est significative au seuil de 0,1 % mais pour le pH du carré 45 minutes après l'abattage, elle n'est significative qu'au seuil de 5 %.

4. Discussion

Dans cette étude, les valeurs des performances (gain quotidien moyen, pH 45 minutes après l'abattage et le pourcentage de viande) obtenues ont varié significativement en fonction du génotype, du sexe et de l'année d'engraissement.

4.1. Effet du génotype (CC, CT, TT et Com)

4.1.1. Effet du génotype sur le gain quotidien moyen

Les gains quotidiens moyens ayant été de 673,57 ; 581,69 ; 580,55 et 572,62 g/j respectivement chez les porcs Com, CC, CT et TT (Tableau IV), il en résulte que les porcs Com ont une vitesse de croissance supérieure à celle des trois autres génotypes (CC, CT et TT) ($p < 0,05$).

La différence de GQM entre les porcs Com et les porcs des autres génotypes (CC, CT et TT) serait liée à l'effet d'hétérosis. En effet, pour avoir croisé dans cette étude la truie F1 (Landrace × Yorkshire) et le verrat RéHal, on est donc en présence de l'effet de trois types d'hétérosis : hétérosis maternel, paternel et direct. L'importance de l'effet d'hétérosis a été rapportée par des études antérieures ; Clutter et Brascamp (1998) ont affirmé que tous les types d'hétérosis pouvaient être maximisés par utilisation des parents hybrides. Pellois et collaborateurs (1991) en comparant les performances des porcs charcutiers à proportion variable de sang Piétrain (0 %, 25 %, 50 % et 100 %) ont signalé que le Piétrain pur (100 %) a une croissance plus faible par rapport aux autres (0 %, 25 %, 50 %) et que les performances d'engraissement étaient élevées dans le cas croisement Piétrain × Large White.

La vitesse de croissance des trois génotypes de l'halothane (CC, CT et TT) a été semblable (Tableau IV). Ce résultat montre que le gène Halothane n'affecte pas le gain quotidien moyen ; autrement dit, si l'on sélectionne les porcs résistants à l'halothane (le génotype CC et CT), leur vitesse de croissance n'est pas influencée. Ce résultat confirme celui de Guéblez *et al.* (1995), Hanset *et al.* (1995b) alors que d'autres auteurs (Zhang *et al.*, 1992 ; Leach *et al.*, 1996 ; Sanchez *et al.*, 2003) rapportent l'effet significatif du gène Halothane sur la vitesse de croissance.

La vitesse de croissance de porc RES (regroupant les génotypes CC et CT) est inférieure à celle du porc Com de génotypes CC et CT. Dans ce cas on a deux génotypes de l'halothane (CC et CT) dans chaque groupe des animaux (RES et Com). L'avantage des porcs Com sur le gain quotidien moyen est expliqué aussi par l'effet d'hétérosis discuté préalablement. Le coefficient de détermination est aussi élevé dans ce cas ($R^2 = 30,90\%$) et le génotype (Com et RES) explique 11,11% de la variation totale.

4.1.2. Effet du génotype sur le pH du carré 45 minutes après l'abattage

Comme pour le gain quotidien moyen, le pH 45 minutes a été influencé par le génotype ($p < 0,001$). Le pH des porcs CT et Com est similaire ($p > 0,05$) et présente une valeur de 6,22 et 6,26 respectivement. Il en résulte que les porcs qui ne portent pas l'allèle T au locus halothane, présentent un pH du carré 45 minutes après l'abattage plus élevé que celui des porcs portant l'allèle T. Dans une synthèse, Sellier (1998) a conclu que les porcs sensibles à l'halothane présentaient un pH 45 minutes après l'abattage plus faible que les porcs négatifs à l'halothane et la différence entre l'homozygote négatif (CC) et l'homozygote positif (TT) était de trois déviations standard.

Le porc CT ayant occupé une position intermédiaire entre CC et TT pour le pH, ce résultat est conforme à ceux de Christian et Rothschild (1981), Hanset et al. (1995c), De Smet et al. (1996), Tam et al. (1998), Schumann et Münz (2001) et Fernandez et collaborateurs (2002).

Bien que le pH 45 chez le porc TT soit le plus bas (6,05), il reste supérieur au seuil de 5,8 où la viande est considérée comme la viande PSE. C'est pourquoi le RéHal présente un réel intérêt pour les producteurs, industriels et consommateurs en raison de la qualité de sa viande et de la non nécessité de tranquillisant lors du transport.

Le pH du carré à 45 minutes de 6,24 et de 6,28 rapporté respectivement par Pellois et Runavot (1991) chez le verrat Piétrain et la truie Landrace \times Large White, et Leroy et al. (2000) chez le verrat RéHal et la truie Landrace \times Large White est proche de celui observé dans la présente étude chez les porcs CT et Com.

L'écart de pH entre Com et RES reste significatif au seuil de 5 %. Tous deux (Com et RES) présentent un pH favorable, supérieur à la norme de 5,8: 6,23 et 6,28. Le coefficient de détermination dans ce cas présente une valeur inférieure ($R^2 = 8,66 \%$), et le génotype (Com et RES) explique seulement 0,40 % de la variation totale.

4.1.3. Effet du génotype sur le pourcentage de viande

Le porc CC présente un pourcentage de viande de 61,10 %, il est suivi du porc CT avec un pourcentage 62,67 % puis du porc TT avec un pourcentage de 64,29 %. Une étude comparable réalisée par Youssao et al. (2002b, c) impliquant les 3 génotypes (CC, CT et TT) des porcs de père soit Piétrain classique (TT) soit RéHal (CT) et de mère RéHal (CT) a montré les mêmes tendances : le pourcentage de la viande chez le porc TT était plus élevé que celui du porc CC, les valeurs du porc CT étant intermédiaire entre celles des porcs TT et CC.

L'augmentation de +1,5 à + 3,2 % de viande observée chez les porcs CT et TT par rapport à CC, serait

due à la présence de l'allèle T dans le locus Hal et du gène majeur IGF2. Selon Vries *et al.* (2000) la présence du gène halothane améliore nettement le pourcentage de viande. En conséquence Nezer *et al.* (1995) ont estimé que le locus Hal et le locus IGF2 expliquent chacun environ 25 % de la différence entre Piétrain et Large White, alors que Hanset *et al.* (1995c) ont rapporté une contribution d'environ 7,7 % du locus Hal à la variation totale du pourcentage de la viande.

L'importance du sang Piétrain en terme de rendement a été également rapportée (Pellois et Rounavot, 1991): les porcs 50 % Piétrain (type 50) provenant du croisement verrats Piétrain x truies Landrace × Large White ou truie Large White ont présenté des carcasses moins musclées (-3,6 %) par rapport au Piétrain pur (type 100) 56,76 % *versus* 60,37 %.

Les porcs RES de génotype CC et CT venant de parents Piétrain présentent une carcasse avec un pourcentage de viande de + 2,51 % supérieur aux porcs Com. La présence de gène IGF2 chez le Piétrain peut expliquer la différence entre eux.

4.2. Effet du type sexuel (mâle versus femelle)

L'effet du sexe n'a pas influencé le pH du carré 45 minutes après l'abattage mais il a un effet significatif sur les autres caractères. La plupart des études ont affirmé que le pH de la viande 45 minutes après l'abattage n'a pas subi l'effet de sexe ; c'est le cas de la plupart des études antérieures (Hanset *et al.*, 1995b ; De Smet et collaborateurs 1996 ; Leach *et al.*, 1996 ; Aubry *et al.*, 2000, Heyer, 2004).

Les mâles ont un pourcentage de viande moindre ($p < 0,001$) mais inversement une meilleure croissance ($p < 0,01$) par rapport aux femelles. Les différences entre les deux sexes sont de 1,68 % pour le pourcentage de la viande et de 33,06 g pour le gain quotidien moyen. Un effet analogue du sexe sur le pourcentage de viande a été obtenu par Schirvel et Hanset (1988), Leach *et al.* (1996) et Youssao *et al.*, (2002c). Par ailleurs, en étudiant l'introgression dans le génome Piétrain de l'allèle normal au locus de sensibilité à l'halothane, Hanset *et al.* (1995b) ont rapporté que le gain quotidien moyen est plus important chez les mâles, mais que les femelles ont présenté en revanche un pourcentage de viande supérieur.

4.3. Effet de l'année d'engraissement (de 1996 à 2004)

L'année d'engraissement a un effet significatif sur tous les paramètres étudiés ($p < 0,001$). Cependant, il explique seulement 3,33 %, 5,32 %, et 2,62 % de la variation totale pour le gain quotidien moyen, le pourcentage de la viande et le pH45. L'effet de l'année d'engraissement ne montre aucune tendance particulière et pourrait être dû à des facteurs non identifiés.

5. Conclusions et perspectives

La présente étude dont le but est d'analyser et d'évaluer les performances zootechniques (gain quotidien moyen, pH du carré 45 minutes après l'abattage et le pourcentage de viande) du Piétrain RéHal en croisement industriel, a également estimé l'importance des effets du génotype, du sexe et de l'année d'engraissement sur les performances étudiées.

Le gain quotidien moyen du porc Com, de père RéHal (CC et CT) et de mère F1 (L x LW) est plus rapide que celui des porcs CC, CT et TT de père verrat soit Piétrain classique (TT) soit RéHal (CC et CT) et de mère RéHal (CC, CT) mais sa carcasse présente moins de viande. Les porcs Com et CT quant à eux, ont eu un pH du carré 45 minutes après l'abattage intermédiaire entre les porcs CC et TT.

Le porc Com présente une vitesse de croissance supérieure mais a un pH plus faible et une carcasse moins musclée par rapport aux porcs RES de génotypes CC et TT.

Dans les conditions actuelles, la production des descendants CC et CT à partir du croisement verrats RéHal (CC et CT) x truies RéHal (CC et CT) ou truies F1 (Landrace × Large White) de génotype CC demeure économiquement intéressante.

La nature des données disponibles n'a pas permis de situer l'importance de l'indice de consommation des génotypes considérés, pour laquelle des études ultérieures sont nécessaires.

Tous les facteurs étudiés ont été considérés comme facteurs fixes dans le modèle analysé. Une fois les données supplémentaires disponibles, le modèle animal pourrait être utilisé pour l'étude de la variabilité génétique.

Le verrat RéHal ayant été testé en milieu chaud, une étude plus poussée pourrait s'intéresser aux performances des différents types de croisements entre le verrat RéHal et les truies locales ou les truies exotiques, afin d'évaluer et de trouver les meilleurs des types de croisements nécessaires au développement de l'élevage porcin dans les conditions agro-climatiques du Vietnam.

6. Références bibliographiques

- AUBRY A., LIGONESCHE B., GUEBLEZ R., GAUDRE D. Comparaison de porcs charcutiers NN et Nn pour les performances de croissance, carcasse et qualité de viande, et l'aptitude à produire du jambon cuit. *Journées Rech. Porcine en France*, 2000, 32, 361-367.
- BUSCAILHON S., BERDAGUE J. L., GANDEMER G., TOURAILLE C., MONIN G. Effects of initial pH on compositional changes and sensory traits of French dry-cured hams. *J. Muscle Foods*, 1994, 5, 257-270.
- CAMERLYNCK R., BRANKAER R. Quelques considérations sur la race porcine "Piétrain" en Belgique. *Rev. Agric.*, 1958, 11, 575-602.
- CHRISTIAN L. L., ROTHSCHILD M.F. Performance and carcass characteristic of normal, stress carrier and stress susceptible swine. Iowa Sate University. 1981, Iowa Sate University extension publication AS-528-F.
- CLUTTER A. C., BRASCAMP E. W. Genetics of performance traits. In: Rothschild M. F., Ruvinsky A. (Eds), *The genetics of the pig*. CAB International : Oxon, 1998, 427-462.
- DE SMET S. M., PAUWELS H., DE BIE S., DEMEYER D. I., CALLEWIER J., EECKHOUT W. Effect of halothane genotype, breed, feed withdrawal, and lairage on pork quality of belgain slaughter pigs. *J. Anim. Sci.*, 1996, 74, 1854-1863.
- DE VRIES, A. G., FAUCITANO L., SOSNICKI A. A., PLASTOW G. S. The use of gene technology for optimal development of pork meat quality. *Food Chem.*, 2000, 69, 397-405.
- FERNANDEZ X., CULIOLI J., GUEBLEZ R. Relationship between rate of *post mortem* pH fall and ageing of Longissimus muscle in Piétrain pigs. *J. Sci. Food Agric.*, 1994, 65, 215-222.
- FERNANDEZ X., NEYRAUD E., ASTRUC T., SANTE V. Effects of halothane genotype and pre-slaughter treatment on pig meat quality. Part 1. Post mortem metabolism, meat quality indicators and sensory traits of m. Longissimus lumborum. *Meat Sci.*, 2002, 62, 429-437.
- FILIERE PORCINE WALLONNE. La qualité de la viande de porc. Dossier Technique. Filière Porcine Wallonne asbl : Gembloux, 2001.
- FUJI J., OTSU K., ZORZATO F., DE LEON S., KHANNA V. K., WEILER J. E., O'BRIEN P. J., MAC LENNAN D. H. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science*, 1991, 253, 448-451.

- GROBET L., HANSET R., DASNOIS C. Réponse au test à l'halothane et génotype au locus RYR1 du récepteur à la ryanodine chez des porcs croisés Piétrain. *Ann. Méd. Vet.*, 1992, 136, 249-257.
- HANSET R., LEROY P., MICHAUX C., KINTABA K. N. The Hal locus in the Belgian Pietrain pig breed. *Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol.*, 1983, 100, 123-133.
- HANSET, R., SCALAI S., GROBET L. Du Piétrain classique au Piétrain résistant à l'halothane ou Piétrain RéHal. *Ann. Méd. Vét.*, 1995a, 139, 23-35.
- HANSET, R., DASNOIS C., SCALAI S., MICHAUX C., GROBET L. Effet de l'introgession dans le génome Piétrain de l'allèle normal au locus de sensibilité à l'halothane. *Genet. Sel. Evol.*, 1995b, 27, 77-88.
- HANSET, R., DASNOIS C., SCALAI S., MICHAUX C., GROBET L. Génotypes au locus de sensibilité à l'halothane et caractères de croissance et de carcasse dans une F2 Piétrain × Large White. *Genet. Sel. Evol.*, 1995c, 27, 63-76.
- HEYER A. Performance, carcass and meat quality in pigs. Influence of rearing system, breed and feeding (PhD Thesis). Swedish University of Agricultural Sciences: Uppsala, 2004, 174 p.
- HYUN Y., ELLIS M. Effect of group size and feeder type on growth performance and feeding patterns in finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 2002, 80, 568-574.
- KINTABA K. N., HANSET R., LEROY P., MICHAUX C. Paramètres génétiques des caractères d'engraissement et de carcasse chez le porc de Piétrain et le porc Landrace belge. *Ann. Méd. Vet.*, 1981, 125, 123-142.
- LEACH L. M., ELLIS M., SUTTON D.S., MCKEITH F. K., WILSON E. R. The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. *J. Anim. Sci.*, 1996, 74, 934-943.
- LEROY P.L., VERLEYEN V. Le porc Piétrain résistant au stress (RéHal) dans la filière porcine. In : Quatrième Carrefour des productions animales. Les démarches de qualité en production de viandes. Gembloux, 27-01-1999, 1999a, 39-40
- LEROY P.L., VERLEYEN V. The new stress negative Piétrain line developed at the Faculty of Veterinary Medicine of the University of Liege. AIVETs meeting, Brugge, Belgium, 1999b, 27-31.
- LEROY P.L., VERLEYEN V. Performance of the Piétrain ReHal, the new stress negative Piétrain

- line. In: Wenk C., Fernandez A., Dupuis M., Quality of meat and fat in pigs affected by genetics and nutrition. Proceeding of the joint session of the European Association for Animal Production Commission on Pig Production, Animal Genetics and Animal Nutrition, Zürich, Switzerland, 25 August 1999. 2000, 161-164.
- LEROY P. L., BEDUIN J-M, VERLEYEN V., LEBAILLY P., BERTI F. Les attentes des consommateurs, des nouveaux critères de sélection porcine. In: Centre de recherches agronomiques de l'Etat, Gembloux (Ed.), Sixième carrefour des productions animales et santé humaine. Centre de recherches agronomiques de l'Etat : Gembloux, 2001. 2001, 74-83.
- MINISTÈRE DES CLASSES MOYENNES ET DE L'AGRICULTURE. ADMINISTRATION RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT. Piétrain RéHal. Ministère des Classes Moyennes et de l'Agriculture, Service Développement Production animale, Bruxelles, 1998, 32 p.
- NEZER C., MOREAU L., BROUWERS B., COOPIETERS W., DETILLEUX J., HANSET R., KARIM L., KVASZ A., LEROY P., GEORGES M. An imprinted QTL with major effect on muscle mass and fat deposition maps to IGF2 locus in pigs. *Nature Genetics*, 1999, 21, 155-156.
- GUÉBLEZ R., PABOEUF F., SELLIER P., BOUFFAUD M., BOULARD J., BRAULT D., LE TIRAN M-H., PETIT G. Effet du génotype Halothane sur les performances d'engraissement, de carcasse et de qualité de la viande du porc charcutier. *Journées Rech. Porcine en France*, 1995, 27, 155-164.
- OLLIVIER, L., SELLIER P., MONIN G. Déterminisme génétique du syndrome d'hyperthermie maligne chez le porc Piétrain. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 1975, 7, 159-166.
- PELLOIS H., RUNAVOT J. P. Comparaison des performances d'engraissement, de carcasse et de qualité de la viande de 4 types de porcs ayant une proportion variable de sang Piétrain. *Journées Rech. Porcine en France*, 1991, 23, 369-376.
- POMMIER A. S., POMAR C., GODBOUT D. Effect of the halothane genotype and stress on animal performance, carcass composition and meat quality of crossbred pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 1998, 78, 257-264.
- SANCHEZ M-P., RIQUET J., FÈVE K., GILBERT H., LE ROY P., IANNUCELLI N., GOGUÉ J., RÉRY C., BINADEL J-P., MILAN D. Effet de la région du gène IGF2 et du gène halothane sur la composition corporelle et la qualité de la viande dans une population F2 Piétrain × Large White. *Journées Rech. Porcine en France*, 2003, 35, 269-276.

- SCHIRVEL C., HANSET R. Effet de la saison, du sexe, de l'âge initial, du poids initial et du poids final sur les performances d'engraissement et la composition de la carcasse des porcs de Piétrain testés à la station de sélection porcine de Wavre (Belgique) de 1982 à 1986. *Ann. Méd. Vét.*, 1988, 132, 307-330.
- SCHUMANN B., MÜNZ M., Akzeptiert der Markt den stresssicheren Pietraineber, *SUS 5/2001*, 2001, 24-29.
- SELLIER P. Genetics of meat and carcass traits. In: Rothschild M. F., Ruvinsky A. (Eds), *The genetics of the pig*. CAB International : Oxon, 1998, 463-510.
- SIMPSON S. P., WEBB A. J. Growth and carcass performance of British Landrace pigs heterozygous at the halothane locus. *Anim. Prod.* 1989, 49, 505-511.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE, SAS/STAT user guide, version 6, fourth edition. SAS Institute Inc.:Carry, NC, 1989, 846 pages.
- TAM L. G., BERG, E. P., GERRARD, D. E., SHEISS E. B., TAN F. J., OKOS M. R., FORREST J. C. Effect of halothane genotype on porcine meat quality and myoglobin antioxidation. *Meat Sci.*, 1998, 49, 41-53.
- VAN DER WAL P. G., DE VRIES A. G., EIKELENBOOM G. Predictive value of slaughterhouse measurement of ultimate pork quality in seven halothane negative Yorkshire populations. *Meat Sci.*, 1995, 40, 183-191.
- YOUSAO A. K. I., VERLEYEN V., MICHAUX C., CLINQUART A., LEROY P. L. Composition de la carcasse, qualité de la viande et exploitation du Piétrain stress négatif. *Ann. Méd. Vét.*, 2002a, 146, 329-338.
- YOUSAO A. K. I., VERLEYEN V., LEROY P. L. Prediction of carcass lean content by real-time ultrasound in Pietrain and negatif-stress Pietrain. *Anim. Sci.*, 2002b, 75, 25-32.
- WEBB A. J., SIMPSON S. P. Performance of British Landrace pigs selected for high and low incidence of halothane sensitivity. 2. Growth and carcass traits. *Anim. Prod.*, 1986, 43, 493-503.
- ZHANG W., KUHLEERS D. L., REMPELE W. E. Halothane gene and swine performance. *J. Anim. Sci.*, 1992, 70, 1307-1313.

7. Annexe

Tableaux I à VII

Tableau I : Etapes de création du Piétrain RéHal et son exploitation (d'après Youssao *et al.*, 2002)

Objectif	Période	Type de croisement	Résultat du croisement	Test génomique	Génotype au locus Hal		
					CC	CT	TT
Structure génétique du Piétrain	1983 à 1989	LW x PIE	F1	Test	-	+	-
		F1 x F1	F2	Halothane	+*	+*	+
Reconstitution du génome Piétrain avec maintien de l'hétérozygotie au locus Hal	1989 à 1995	F1 x PIE	BC1	Test	-	+	+
		BC1 x PIE	BC2	Halothane et	-	+	+
		BC2 x PIE	BC3	Test de la	-	+	+
		BC3 x PIE	BC4	Ryanodine	-	+	+
Reconstitution du génome Piétrain (suite)	1995 à 1999	BC4 x PIE	BC5	Test de la	-	+	+
		BC5 x PIE	BC6	Ryanodine	-	+	+
		BC6 x PIE	BC7		-	+	+
Création du Piétrain stress négatif homozygote et poursuite de la reconstitution du génome Piétrain	1999 à 2002	BC7 x BC7	BC7	Test de la	+	+	+
		BC7 x PIE	BC8	Ryanodine	-	+	+

+ : Génotype observé ; - : Absence du génotype ; * : L'épreuve du gaz anesthésique halothane ne faisait pas la différence entre les génotype CC et CT

BC : Backcross

LW : Large White ; PIE : Piétrain

F1 : Croisement entre le verrat Piétrain classique (TT) et la truie Large White (CC)

F2 : Croisement entre deux F1.

Tableau II : Les différents types de croisements entre les verrats et les truies

Verrats	Truies	Génotypes des descendants
<i>Première formule de croisement</i>		
Piétrain pur TT	RéHal CC, CT	CT, TT
RéHal CC	RéHal CC, CT	CC, CT
RéHal CT	RéHal CC, CT	CC, CT et TT
<i>Deuxième formule de croisement</i>		
RéHal CC	F1 (L × LW)	Com
RéHal CT	F1 (L × LW)	Com

L : Landrace

LW : Large White

CC : homozygote négatif à l'halothane

CT : hétérozygote négatif à l'halothane

TT : homozygote positif à l'halothane

Com : porc commercial

Tableau III : Niveaux de signification des facteurs de variation (génotype, sexe, année et loge) et coefficients de détermination (R^2 %) pour les modèles appliqués¹ aux variables (gain quotidien moyen, pH 45 min et pourcentage de viande).

Variables	Facteurs				R^2 (%)
	génotype	sexe	année	loge	
Gain quotidien moyen	***	***	***	***	29,46
Pourcentage de la viande	***	***	***	ns	27,98
Le pH 45 min.	***	ns	***	***	13,50

*** : $p < 0,001$; ns : $p \geq 0,05$

R^2 : Coefficient de détermination

¹ Voir les modèles appliqués dans la partie « Matériel et Méthodes »

Tableau IV : Moyennes moindres carrés et erreurs standard du gain quotidien moyen correspondant aux effets « génotype », « sexe » et « année d'engraissement » (gramme)

	N	LSM	SE
Génotype			
CC	288	580,97 ^a	6,26
CT	591	578,54 ^a	4,33
TT	354	574,47 ^a	5,54
Com	858	668,14 ^b	4,61
Sexe			
Femelle	1040	582,84 ^a	3,49
Mâle	1051	618,22 ^b	3,51
Année d'engraissement			
1996	337	591,81 ^d	5,96
1997	77	618,92 ^{abc}	11,41
1998	294	591,13 ^d	6,11
1999	569	632,48 ^a	4,41
2000	388	595,37 ^{cd}	5,22
2001	100	538,81 ^e	9,83
2002	117	610,01 ^{bcd}	9,18
2003	78	627,45 ^{ab}	11,49
2004	131	598,78 ^{cd}	9,04

Dans une colonne et pour le même effet, les valeurs n'ayant aucune lettre en commun sont significativement différentes au seuil de $p < 0,05$

Tableau V : Moyennes moindres carrés et erreurs standard du pH à 45 min après l'abattage correspondant aux effets « génotype », « sexe » et « année d'engraissement »

	N	LSM	SE
Génotype			
CC	65	6,42 ^a	0,04
CT	306	6,26 ^b	0,02
TT	255	6,05 ^c	0,02
Com	828	6,22 ^b	0,01
Sexe			
Femelle	697	6,25 ^a	0,01
Mâle	757	6,23 ^a	0,01
Année d'engraissement			
1996	208	6,22 ^a	0,03
1997	256	6,31 ^b	0,02
1998	266	6,33 ^b	0,02
1999	432	6,23 ^a	0,02
2000	239	6,19 ^a	0,02
2001	53	6,15 ^a	0,04

Dans une colonne et pour le même effet, les valeurs n'ayant aucune lettre en commun sont significativement différentes au seuil de $p < 0,05$

Tableau VI : Moyennes moindres carrés et erreurs standard du pourcentage de viande correspondant aux effets « génotype », « sexe » et « année d’engraissement » (%)

	N	LSM	SE
Génotype			
CC	295	61,10 ^a	0,23
CT	691	62,67 ^b	0,14
TT	412	64,29 ^c	0,19
Com	970	60,10 ^d	0,16
Sexe			
Femelle	1021	62,95 ^a	0,11
Mâle	1167	61,13 ^b	0,12
Année d’engraissement			
1996	288	60,80 ^a	0,24
1997	408	61,15 ^{ab}	0,21
1998	324	61,39 ^{bc}	0,22
1999	343	63,34 ^e	0,20
2000	350	62,94 ^{de}	0,20
2001	239	61,95 ^c	0,24
2002	215	61,72 ^{bc}	0,25
2003	72	62,29 ^{cd}	0,44
2004	129	62,77 ^{de}	0,34

Dans une colonne et pour le même effet, les valeurs n’ayant aucune lettre en commun sont significativement différentes au seuil de $p < 0,05$

Tableau VII : Moyennes moindres carrés et erreurs standard des caractères étudiés par groupe (Commercial – Com et Stress-négatif – RES)

	Com			RES			P	R ² (%)
	n	LSMEAN	SE	n	LSMEAN	SE		
Gain quotidien moyen (g)	909	674,21	4,32	944	578,11	3,48	***	30,90
Pourcentage de viande (%)	1100	59,83	0,14	1078	62,34	0,11	***	22,78
pH 45 min après l'abattage	828	6,23	0,01	371	6,28	0,02	*	8,66

*** : $p < 0,001$; * : $p < 0,05$

R² : Coefficient de détermination