

Estimation, par utilisation de semence congelée, des évolutions génétiques réalisées entre 1977 et 1998-2000 dans les races Large White et Landrace pour les systèmes neuroendocriniens de réponse au stress

Aline FOURY (1), Thierry TRIBOUT (2), Christophe BAZIN (3), Jean-Pierre BIDANEL (2), Pierre MORMEDE (1)

(1) Laboratoire PsyNuGen, INRA UMR1286, CNRS UMR5226, Université Victor Ségalen Bordeaux 2, F-33076 Bordeaux

(2) INRA, UMR1313, Génétique Animale et Biologie Intégrative, F-78350 Jouy-en-Josas

(3) IFIP, Pôle Génétique, F-35651 Le Rheu

aline.foury@bordeaux.inra.fr

Estimation, par utilisation de semence congelée, des évolutions génétiques réalisées entre 1977 et 2000 dans les races Large White et Landrace pour les systèmes neuroendocriniens de réponse au stress

Une expérimentation destinée à estimer les évolutions génétiques réalisées entre 1977 et 1998-2000 dans les races Large White (LW) et Landrace (LR) a été menée par l'INRA et l'IFIP-Institut du Porc. Des truies LW ont été saillies avec de la semence de verrats LW nés en 1977 (semence congelée) ou en 1998 et les animaux de 2nde génération ont été contrôlés en station. De même, des truies LR ont été saillies avec de la semence de verrats LR nés en 1977 (semence congelée) ou en 1999-2000 et ont produit des individus également contrôlés en station. Les concentrations urinaires des hormones du stress (cortisol et catécholamines) et des caractéristiques de composition de carcasse (teneur en viande maigre (TVM) et adiposité globale) ont été déterminées. Pour les deux races, la sélection pratiquée depuis 1977 a conduit à une augmentation de la TVM et à une diminution de l'adiposité de la carcasse. Entre 1977 et 2000, les concentrations urinaires des hormones du stress restent inchangées pour les porcs LR, mais elles ont diminué pour les porcs LW. De plus, pour les animaux issus de verrats LW nés en 1977, les niveaux de cortisol urinaire sont corrélés négativement avec la TVM. Ainsi, pour la race LW, la sélection pratiquée sur le tissu maigre a entraîné une diminution de la production du cortisol. La sélection pratiquée sur la TVM conduit, dans cette race, à d'importantes modifications du fonctionnement des systèmes de réponse au stress, eux-mêmes influençant une large gamme de régulations physiologiques.

Estimation of genetic trends from 1977 to 2000 for stress-responsive neuroendocrine systems in the French Large White and Landrace breeds using frozen semen

An experimental design aiming at estimating realised genetic trends from 1977 to 1998-2000 in the French Large White (LW) and Landrace (LR) breeds was conducted by INRA and IFIP-Institut du Porc. Large White sows were inseminated with semen of LW boars born in 1977 (frozen semen) or in 1998 and animals from the 2nd generation were tested in station. Landrace sows were inseminated with semen of LR boars born in 1977 (frozen semen) or in 1999-2000, and produced animals tested in station. Urinary concentration of stress hormones (cortisol and catecholamines) and carcass composition traits (estimated carcass lean content (ECLC) and global adiposity) were measured. For the two breeds, selection carried out since 1977 led to an increase in ECLC and a decrease in carcass adiposity. Between 1977 and 1998-2000, urinary concentrations of stress hormones were unchanged in the LR breed, but were decreased in the LW breed. Moreover, for the animals generated from LW boars born in 1977, urinary cortisol levels were negatively correlated with ECLC. Therefore, in the LW breed, selection carried out for higher ECLC resulted in a decrease in cortisol production. Selection carried out for increased carcass lean content leads, in this breed, to large modifications in the functioning of the stress-responsive systems, thereby influencing a large range of physiological regulations.

INTRODUCTION

Les deux principaux systèmes neuroendocriniens de réponse au stress jouent un rôle critique dans la régulation des flux d'énergie. L'axe corticotrope influence le comportement alimentaire, la sécrétion d'hormones pancréatiques, la dépense énergétique et l'équilibre protéines/lipides (Dallman et al., 1993). Le cortisol, principale hormone de l'axe corticotrope, favorise l'adipogénèse aux dépens du dépôt musculaire (Devenport et al., 1989). D'autre part, les catécholamines (adrénaline et noradrénaline), sécrétées par le système nerveux sympathique (SNS), stimulent l'utilisation des réserves énergétiques (glycogène et lipides) (Scheurink et Steffens, 1990) et exercent des effets anaboliques sur le métabolisme des protéines (Navegantes et al., 2002). L'activation sympathique par le stress avant l'abattage réduit le contenu en glycogène du muscle et son acidification post-mortem, menant à l'apparition de viandes sombres, dures et sèches (viande de type DFD) (Fernandez et Tornberg, 1991; Monin, 2003).

Il est maintenant bien établi que des facteurs génétiques influencent les variations individuelles des réponses comportementales et neuroendocriniennes au stress (Mormède et al., 2002). Dans une étude utilisant une population F2 Duroc x Large White, nous avons démontré que les niveaux de cortisol mesurés dans l'urine prélevée dans la vessie après l'abattage sont négativement corrélés avec la teneur en viande maigre et que les niveaux de catécholamines urinaires sont positivement corrélés avec le pH ultime de la viande (Foury et al., 2005). Dans le contexte d'une plus grande étude destinée à explorer les composantes génétiques de la qualité de la viande (Plastow et al., 2005), l'activité des systèmes neuroendocriniens de réponse au stress et la relation entre les caractéristiques neuroendocriniennes et la composition de la carcasse ont été étudiées au sein de cinq lignées génétiques représentant une proportion significative de la production porcine européenne (Foury et al., 2007). Les races Large White, Landrace, Duroc et Meishan montrent des niveaux de base de cortisol urinaire négativement corrélés avec la teneur en viande maigre. La sélection génétique sur des caractéristiques de réactivité au stress pourrait améliorer le bien-être animal comme la qualité des produits. La cartographie des régions chromosomiques impliquées dans des variations génétiques ouvre la voie à l'identification des mécanismes moléculaires impliqués dans les différences individuelles de réponse au stress (Désautés et al., 2002 ; Ousova et al., 2004).

Au cours des trente dernières années, la réduction de l'adiposité des carcasses a été l'un des objectifs majeurs de la sélection génétique, tout comme l'augmentation de la vitesse de croissance et, plus récemment, la prolificité des truies dans les populations maternelles (Legault, 1998 ; Renand et al., 2003). Ce travail de sélection a abouti à une amélioration génétique très importante des populations porcines françaises Large White (LW) et Landrace (LR) pour les caractères sélectionnés, en particulier pour la teneur en viande maigre de la carcasse (Bazin et al., 2003 ; Tribout et al., 2004). Le but de la présente étude était de rechercher si la sélection réalisée dans l'espèce porcine au cours des deux dernières décennies avait également été à l'origine d'une évolution des systèmes neuroendocriniens de réponse au stress. Pour cela, les concentrations en hormones du stress de porcs issus de verrats LW et LR nés en 1977 ou en 1998-2000 ont été comparées.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Animaux et dispositif expérimental

La présente étude s'appuie sur un vaste dispositif expérimental destiné à estimer les évolutions génétiques réalisées dans les populations porcines collectives maternelles entre 1977 et 1998 (LW) ou entre 1977 et 1999-2000 (LR) pour un grand nombre de caractères de croissance, de composition et de qualité de la carcasse et de reproduction. Deux groupes d'animaux (appelés G77 et G98 pour les LW et L77 et L99 pour les LR) ont été produits en inséminant des truies LW et LR avec la semence de verrats de la même race nés en 1977 ou entre 1998 et 2000. Le dispositif expérimental est schématisé sur la figure 1.

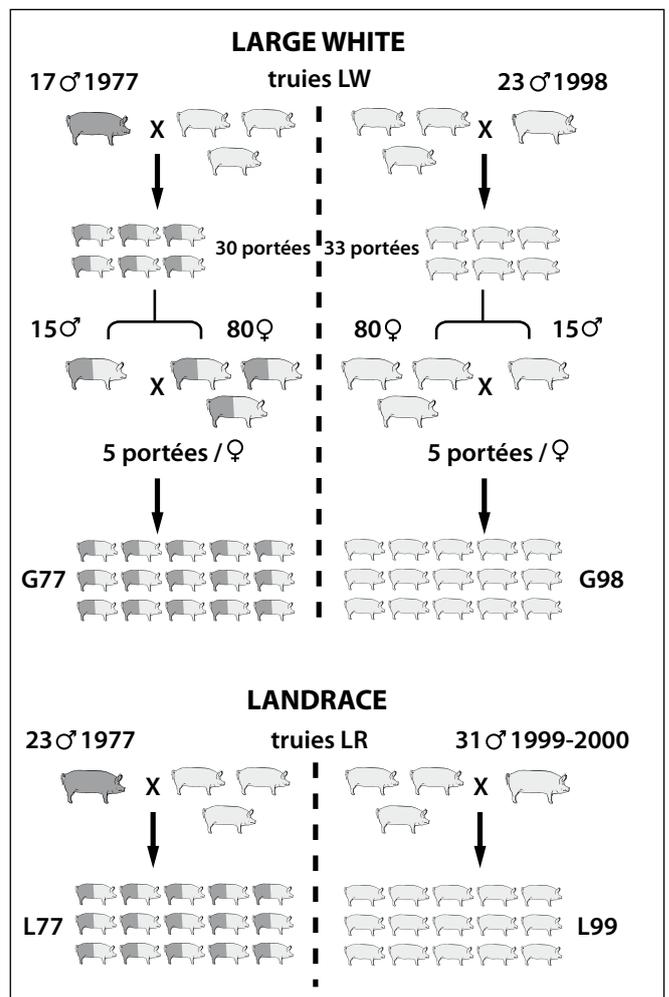


Figure 1 - Dispositif expérimental

Les individus LW de la présente étude ont été produits et engraisés sur les élevages expérimentaux INRA du Magneraud (Charente-Maritime) et de Bourges (Cher). Des truies LW ont été saillies avec de la semence de 17 verrats LW nés en 1977 ou de 23 verrats LW nés en 1998, les deux groupes de verrats étant représentatifs de l'ensemble de leurs contemporains reproducteurs. Parmi les individus produits, environ 15 mâles et 80 femelles ont été accouplés dans chacun des deux groupes expérimentaux afin de produire une seconde génération d'individus (individus G77 et G98) qui ont été engraisés. Les détails du dispositif expérimental ont été présentés par Tribout et al. (2004). À un poids vif d'environ 106 kg et après un jeune

de 18h et 4h30 de transport, 236 porcs (castrats et femelles) ont été abattus après insensibilisation par électronarcose dans les abattoirs expérimentaux INRA de Jouy-en-Josas (Yvelines) et de Saint-Gilles (Ille-et-Vilaine).

L'Institut du Porc (IFIP) était responsable du dispositif analogue mis en place chez le LR. Des truies LR ont été inséminées par des verrats LR nés en 1977 ou en 1999 et 2000 dans sept élevages de sélection et les porcs produits (individus L77 et L99) ont été transférés dans les stations publiques de contrôle des performances de Mauron (Morbihan) et du Rheu (Ille-et-Vilaine) pour y être engraisés. Les détails du dispositif expérimental ont été présentés par Bazin et al. (2003). À un poids vif d'environ 105 kg et après un jeûne de 18h et 30 min de transport, 189 porcs (castrats et femelles) ont été abattus après insensibilisation par électronarcose dans l'abattoir Cooperl-Industrie de Montfort-sur-Meu (Ille-et-Vilaine).

1.2. Prélèvements et analyses biologiques

Après éviscération, l'urine a été prélevée dans la vessie pour mesurer les niveaux des hormones du stress (cortisol et catécholamines) sur 136 porcs LW et 126 porcs LR. Un conservateur (l'éthylène diaminetetraacétique (EDTA) 10 %, 1ml/40ml) a été ajouté et les échantillons ont été congelés jusqu'à leur analyse.

Les concentrations urinaires de cortisol ont été déterminées en utilisant une procédure d'extraction sur des cartouches avec un support greffé en C18, suivie par une injection HPLC couplée à une détection UV (254 nm), comme précédemment décrit (Hay et Mormède, 1997b). Les coefficients de variation (%) intra et inter-essai étaient respectivement de 7,4 et 10,6.

Les concentrations urinaires des catécholamines (adrénaline et noradrénaline) ont été mesurées en utilisant une procédure de purification sur colonne échangeuse d'ions suivie par une injection HPLC couplée à une détection électrochimique, comme précédemment décrit (Hay et Mormède, 1997a). Les coefficients de variation (%) intra et inter-essai étaient respectivement de 7,0 et 7,1 pour l'adrénaline et de 6,5 et 11,6 pour la noradrénaline.

Les concentrations urinaires d'hormones sont rapportées au contenu en créatinine (ng/mg créatinine), afin de tenir compte de la dilution de l'urine liée à la consommation d'eau (Crockett et al., 1993). Les niveaux de créatinine ont été déterminés en utilisant une réaction quantitative colorimétrique (Créatinine, BIOLABO, Fismes, France).

Le lendemain de l'abattage, l'épaisseur de lard a été mesurée au niveau du cou, du dos et des reins sur la demi-carcasse droite. La variable ELD correspond à la moyenne de ces trois valeurs. Le pH ultime a été mesuré 24 heures après l'abattage dans le muscle semi-membraneux (pH24). Une découpe normalisée de la demi-carcasse droite a été pratiquée, et les morceaux de découpe ont été pesés ; la teneur en viande maigre (TVM découpe) a été calculée à partir des poids de jambon, longe et bardière exprimés par rapport au poids de la demi-carcasse, en utilisant l'équation suivante (Métayer et Daumas, 1998) :

TVM découpe = 5,684 + 1,197 % jambon + 1,076 % longe - 1,059 % bardière.

1.3. Analyses statistiques

Les populations et les données LW et LR étant totalement indépendantes, les données ont été analysées séparément à l'aide de la procédure MIXED du logiciel SAS (Statistical Analysis Systems Institute, 2000). Une transformation logarithmique (ln) des niveaux d'hormones dans l'urine a été appliquée pour normalisation des distributions. Le groupe expérimental (G77 vs. G98 ou L77 vs. L99), le sexe, la station et la bande d'élevage, l'abattoir et le lot d'abattage ont été inclus comme effets fixes et le poids vif comme covariable dans les modèles d'analyse lorsqu'ils étaient significatifs. Les moyennes des moindres carrés (Least-Squares Means (LSM)) ont été obtenues par l'instruction LSMEANS. Les corrélations de Pearson ont été calculées entre les concentrations d'hormones et la composition de carcasse (la teneur en viande maigre et l'épaisseur moyenne de lard) avec la procédure CORR, en considérant les performances ajustées pour les effets du modèle d'analyse.

L'évolution génétique réalisée entre 1977 et 1998 (ΔG) et son erreur standard (e.s. ΔG) ont été estimées pour chaque caractère selon Smith (1977) : $\Delta G = 2 \times (G98\text{-LSM} - G77\text{-LSM})$ et e.s. (ΔG) = $2 \times \text{e.s.}(G98\text{-LSM} - G77\text{-LSM})$.

2. RÉSULTATS

Les moyennes des moindres carrés (LSM) et les évolutions génétiques estimées pour les hormones du stress sont présentées dans des tableaux 1 et 2 (page suivante) pour les populations LW et LR respectivement. Pour la race LW, les niveaux urinaires de cortisol, d'adrénaline et de noradrénaline des porcs G98 ont été plus faibles que ceux des porcs G77 (-24,4 %, -26,7 % et -18,9 % respectivement). La TVM a fortement augmenté entre 1977 et 1998, alors que les variables ELD et pH24 ont significativement diminué sur cette même période. Pour la race LR, TVM et ELD ont suivi les mêmes évolutions que chez le LW, mais le pH24 et les niveaux urinaires de cortisol, d'adrénaline et de noradrénaline n'ont pas significativement évolué entre 1977 et 1999.

Les corrélations de Pearson entre les concentrations d'hormones du stress et la composition de la carcasse sont présentées dans les tableaux 3 (LW) et 4 (LR). Des corrélations significatives ont été trouvées uniquement pour les porcs issus de verrats LW nés en 1977 : les niveaux urinaires de cortisol et d'adrénaline sont corrélés négativement avec la TVM, et la concentration urinaire d'adrénaline est corrélée positivement avec l'ELD. Les relations entre concentration en cortisol et TVM dans les populations LW et LR sont présentées sur la figure 2. Aucune corrélation significative n'a été observée entre les hormones du stress et le pH24.

3. DISCUSSION

La composition de la carcasse des porcs est influencée par les hormones du stress à cause de leur rôle métabolique. Dans une étude précédente sur une population F2 Large White x Duroc, nous avons démontré l'existence de corrélations phénotypiques entre des concentrations de cortisol mesurées dans l'urine prélevée après l'abattage et l'adiposité et entre des concentrations urinaires de catécholamines et le pH ultime de la viande (Foury et al., 2005). Nous avons également mis en évidence des relations entre les niveaux de base du cortisol urinaire et l'adiposité des

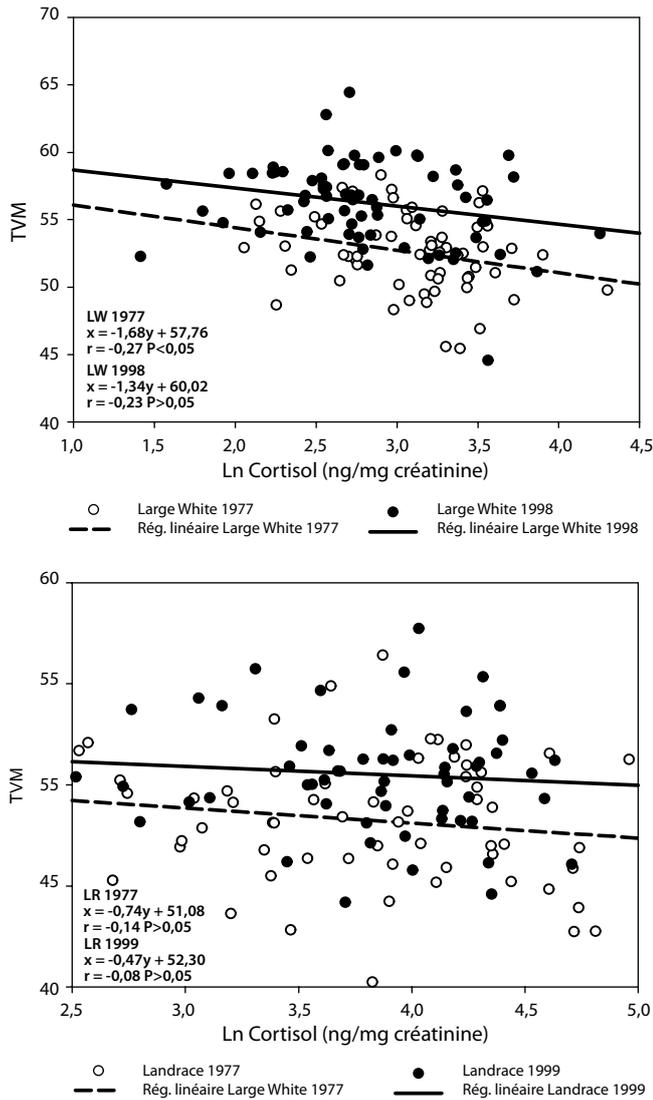


Figure 2 - Nuage de points et droite de régression linéaire pour la teneur en viande maigre (TVM) et la concentration urinaire de cortisol (ng/mg créatinine, ln) pour les races Large White (LW) et Landrace (LR)

carcasses pour les porcs Large White, Landrace, Duroc et Meishan (Foury et al., 2007). Les populations Large White et Landrace ont principalement été sélectionnées sur la teneur en viande maigre au cours de la période 1977-2000. Le but de notre étude était d'explorer les conséquences de cette sélection sur les systèmes neuroendocriniens de réponse au stress et les relations entre ces caractères en comparant des porcs issus de verrats Large White (LW) et Landrace (LR) nés en 1977 ou en 1998-2000.

La présente étude s'appuie sur un vaste dispositif expérimental destiné à estimer les évolutions génétiques réalisées dans les populations porcines collectives maternelles entre 1977 et 1998 (LW) ou entre 1977 et 1999-2000 (LR) pour un grand nombre de caractères. Les résultats obtenus ici pour la teneur en viande maigre, l'adiposité de la carcasse et le pH ultime sont en accord avec les résultats obtenus par Tribout et al. (2004) et Bazin et al. (2003) sur l'ensemble des individus LW et LR de l'expérimentation, ce qui est le signe de la bonne représentativité du sous-échantillon d'individus considéré dans la présente étude.

Les populations LW et LR étant très différentes, autant par les conditions d'élevage que d'abattage, elles ont été étudiées de façon totalement indépendante.

Dans la population Large White, les conséquences de la sélection sont évidemment une forte augmentation de la teneur en viande maigre et une diminution importante de l'adiposité des carcasses, mais également une diminution des niveaux de cortisol et de catécholamines. Le cortisol favorisant le stockage des lipides (en présence d'insuline) aux dépens du dépôt des protéines, via le catabolisme périphérique et la néoglucogenèse hépatique (Dallman et al., 1993 ; Devenport et al., 1989), il n'est pas surprenant que la sélection sur la teneur en viande maigre aboutisse à la sélection d'animaux présentant des niveaux plus faibles de cortisol dans la population LW. La corrélation négative entre le cortisol et la teneur en viande maigre chez les porcs G77 illustre la relation entre cortisol et adiposité. La liaison positive trouvée entre les catécholamines et l'adiposité de la carcasse chez ces mêmes porcs G77 est, par contre, plus difficile à

Tableau 1 - Moyennes des moindres carrés (LSM) et évolutions génétiques estimées (ΔG)⁽¹⁾ pour les caractères endocriniens, la composition de la carcasse et la qualité de la viande pour les porcs Large White G77 et G98

Caractère ⁽²⁾	n G77	n G98	G77-LSM (e.s.)	G98-LSM (e.s.)	ΔG (e.s.)	Pr > t (H0 : $\Delta G=0$)
Cortisol urinaire (ng/mg créatinine), ln	63	70	2,97 (0,07)	2,69 (0,07)	-0,56 (0,19)	**
Adrénaline urinaire (ng/mg créatinine), ln	57	58	1,96 (0,10)	1,65 (0,10)	-0,63 (0,22)	**
Noradrénaline urinaire (ng/mg créatinine), ln	58	63	2,60 (0,08)	2,39 (0,08)	-0,42 (0,18)	*
TVM découpe (%)	116	120	52,2 (0,30)	56,0 (0,30)	7,59 (0,82)	****
ELD (mm)	116	120	24,5 (0,28)	22,1 (0,28)	-4,76 (0,80)	****
pH24	116	120	5,84 (0,03)	5,76 (0,03)	-0,17 (0,07)	*

⁽¹⁾ $\Delta G = 2 \times (G98\text{-LSM} - G77\text{-LSM})$

⁽²⁾ TVM = Taux de viande maigre ; ELD = moyenne des épaisseurs de lard mesurées au niveau du cou, du dos et des reins ; pH24 = pH ultime du muscle demi-membraneux, n = effectif

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; **** $P < 0,0001$

Tableau 2 - Moyennes des moindres carrés (LSM) et évolutions génétiques estimées (ΔG)⁽¹⁾ pour les caractères endocriniens, la composition de la carcasse et la qualité de la viande pour les porcs Landrace L77 et L99

Caractère ⁽²⁾	n L77	n L99	L77-LSM (e.s.)	L99-LSM (e.s.)	ΔG (e.s.)	Pr > t (H0: $\Delta G=0$)
Cortisol urinaire (ng/mg créatinine), ln	59	58	3,93 (0,08)	3,97 (0,08)	0,07 (0,22)	NS
Adrénaline urinaire (ng/mg créatinine), ln	58	58	2,25 (0,07)	2,28 (0,08)	0,07 (0,17)	NS
Noradrénaline urinaire (ng/mg créatinine), ln	58	59	2,67 (0,07)	2,68 (0,07)	0,04 (0,18)	NS
TVM découpe (%)	91	98	48,6 (0,32)	51,2 (0,32)	5,07 (0,92)	****
ELD (mm)	91	98	27,9 (0,36)	23,8 (0,35)	-8,07 (1,02)	****
pH24	91	98	5,68 (0,02)	5,69 (0,02)	0,02 (0,06)	NS

⁽¹⁾ $\Delta G = 2 \times (L99 \text{ LSM} - L77 \text{ LSM})$

⁽²⁾ TVM = Taux de viande maigre; ELD = moyenne des épaisseurs de lard mesurées au niveau du cou, du dos et des reins; pH24 = pH ultime du muscle demi-membraneux, n = effectif **** $P < 0,0001$; NS : non significatif

Tableau 3 - Corrélations de Pearson entre les caractères endocriniens et la composition de la carcasse chez les porcs Large White G77 et G98

Caractères		Cortisol urinaire, ln	Adrénaline urinaire, ln	Noradrénaline urinaire, ln
G77	TVM	-0,27 *	-0,36 **	0,06 NS
	ELD	0,21 NS	0,33 *	0,00 NS
G98	TVM	-0,23 NS	-0,05 NS	0,21 NS
	ELD	0,03 NS	0,02 NS	-0,16 NS

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; NS : non significatif

Tableau 4 - Corrélations de Pearson entre les caractères endocriniens et la composition de la carcasse chez les porcs Landrace L77 et L99

Caractères		Cortisol urinaire, ln	Adrénaline urinaire, ln	Noradrénaline urinaire, ln
L77	TVM	-0,15 NS	-0,26 NS	-0,12 NS
	ELD	0,03 NS	0,11 NS	-0,01 NS
L99	TVM	-0,08 NS	-0,14 NS	-0,05 NS
	ELD	0,01 NS	0,04 NS	0,04 NS

NS : non significatif

comprendre. Etant donné que l'activation de récepteurs β -adrénergiques augmente la mobilisation des lipides et réduit le catabolisme des protéines (Navegantes et al., 2002), nous aurions pu nous attendre à un résultat inverse. Une partie de cette relation résulte de l'association entre la sécrétion d'adrénaline et celle du cortisol. En effet, la synthèse d'adrénaline est sous le contrôle du cortisol qui stimule la phényléthanolamine N-méthyl transférase (PNMT), enzyme convertissant la noradrénaline en adrénaline dans la médullosurrénale (Ciaranello, 1978). L'absence de corrélation significative entre catécholamines et adiposité chez les porcs G98 peut probablement s'expliquer par une réduction de la variabilité dans la population due à la sélection. Les résultats d'un autre volet de la présente expérimentation ayant pour objet d'estimer les évolutions génétiques dans la population LW pour des caractères d'aptitude maternelle (Canario et al., 2007b; Canario et al., 2007a) suggèrent que l'amélioration de la teneur en viande maigre et de la prolificité des truies entre 1977 et 1998 a abouti à une moindre maturité des porcelets à la naissance. Leenhouwers et al. (2002) ont montré que le degré de maturité physiologique des porcelets augmente avec une concentration croissante de cortisol plasmatique chez le nouveau né. Ainsi, la sélection porcine sur la teneur en viande maigre a conduit à la sélection de porcs ayant une production plus faible de cortisol, ce qui pourrait mener à une moindre maturité des porcelets à la naissance.

Dans la race Landrace, la sélection n'a pas affecté les niveaux de cortisol. Une hypothèse pour expliquer cela pourrait être que les gènes responsables de la variabilité de la sécrétion du cortisol ne sont pas dans en ségrégation dans la population LR. Cependant, l'héritabilité de la concentration de cortisol urinaire ou sanguin n'étant pas connue à l'heure actuelle, nous n'avons encore pas d'argument pour vérifier cette hypothèse. La stabilité des niveaux de cortisol pourrait expliquer en partie la plus faible réponse à la sélection sur la teneur en viande maigre dans la population LR en comparaison du progrès observé en LW, même si l'ELD montre une diminution plus importante en race LR que LW. En effet, la TVM illustre la balance protéines/lipides et est ainsi plus en rapport avec l'action du cortisol que la seule adiposité de la carcasse. Cependant, la principale cause de ce gain plus limité au niveau de la TVM est vraisemblablement une réduction de la pression de sélection sur des traits de composition de carcasse dans les années 80-90 lors de l'éradication du gène de sensibilité à l'halothane dans la population LR (Renand et al., 2003). L'éradication de ce gène n'a probablement pas eu d'effet propre sur les taux de cortisol puisque les animaux porteurs de l'allèle de sensibilité montrent les mêmes niveaux de cortisol que les animaux non porteurs (Mormède et Dantzer, 1978; Terlouw et al., 2001).

Dans la population LW, la sélection sur la croissance du tissu maigre a abouti à une diminution des catécholamines et du pH

ultime. Ceci s'explique par le fait que l'activation sympathique avant l'abattage stimule la glycogénolyse musculaire et réduit ainsi la production post-mortem d'acide lactique et l'acidification de la viande (Fernandez et Tornberg, 1991).

CONCLUSION

Ces résultats montrent que la sélection sur la teneur en viande maigre mène, chez le Large White, à d'importantes modifications du fonctionnement des systèmes de réponse au stress, influençant eux-mêmes une large gamme de régulations physiologiques. Une meilleure compréhension des mécanismes moléculaires et physiologiques impliqués dans les relations

entre les systèmes endocriniens (cortisol et catécholamines) et les différents caractères de production aiderait à optimiser la sélection en améliorant à la fois le bien-être animal et la qualité des produits.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche pour son soutien financier, les agents des Unités Expérimentales INRA et des stations publiques du Rheu et de Mauron, de l'IFIP et des abattoirs INRA, ainsi que le personnel de l'abattoir Cooperl-Industrie de Montfort-sur-Meu ayant participé à cette expérimentation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bazin C., Tiger E., Tribout T., Bouffaud M., Madigand G., Boulard J., Deschodt G., Flého J.-Y., Gueblez R., Maignel L., Bidanel J.P., 2003. Estimation, par utilisation de semence congelée en élevage de sélection, du progrès génétique réalisé entre 1977 et 2000 dans les races Large White et Landrace Français pour les caractères de croissance, de carcasse et de qualité de la viande. *Journées Rech. Porcine*, 35, 277-284.
- Canario L., Pere M.C., Tribout T., Thomas F., David C., Gogue J., Herpin P., Bidanel J.P., Le Dividich J., 2007a. Estimation of genetic trends from 1977 to 1998 of body composition and physiological state of Large White pigs at birth. *Animal*, 1, 1409-1413.
- Canario L., Rydhmer L., Gogue J., Tribout T., Bidanel J.P., 2007b. Estimation of genetic trends from 1977 to 1998 for farrowing characteristics in the French Large White breed using frozen semen. *Animal*, 1, 929-938.
- Ciaranello R.D., 1978. Regulation of Phenylethanolamine N-Methyltransferase. *Biochemical Pharmacology*, 27, 1895-1897.
- Crockett C.M., Bowers C.L., Sackett G.P., Bowden D.M., 1993. Urinary cortisol responses of longtailed macaques to 5 cage sizes, tethering, sedation, and room change. *Am. J. Primat.*, 30, 55-74.
- Dallman M.F., Strack A.M., Akana S.F., Bradbury M.J., Hanson E.S., Scribner K.A., Smith M., 1993. Feast and famine: critical role of glucocorticoids with insulin in daily energy flow. *Front. Neuroendocrinol.*, 14, 303-347.
- Désautés C., Bidanel J., Milan D., Iannuccelli N., Amigues Y., Bourgeois F., Caritez J., Renard C., Chevalet C., Mormède P., 2002. Genetic linkage mapping of quantitative trait loci for behavioral and neuroendocrine stress response traits in pigs. *J. Anim. Sci.*, 80, 2276-2285.
- Devenport L., Knehans A., Sundstrom A., Thomas T., 1989. Corticosterone's dual metabolic actions. *Life Sci.*, 45, 1389-1396.
- Fernandez X., Tornberg E., 1991. A review of the causes of variation in muscle glycogen content and ultimate pH in pigs. *J. Muscle Foods*, 2, 209-235.
- Foury A., Devillers N., Sanchez M.P., Griffon H., Le Roy P., Mormède P., 2005. Stress hormones, carcass composition and meat quality in Large White x Duroc pigs. *Meat Sci.*, 69, 703-707.
- Foury A., Geverink N., Gil M., Gispert M., Hortos M., Furnols M., Carrion D., Blott S., Plastow G., Mormède P., 2007. Stress neuroendocrine profiles in five pig breeding lines and the relationship with carcass composition. *Animal*, 1, 973-982.
- Hay M. et Mormède P., 1997a. Determination of catecholamines and methoxycatecholamines excretion patterns in pig and rat urine by ion-exchange liquid chromatography with electrochemical detection. *J. Chromatogr. B*, 703, 15-23.
- Hay M., Mormède P., 1997b. Improved determination of urinary cortisol and cortisone, or corticosterone and 11-dehydrocorticosterone by high-performance liquid chromatography with ultraviolet absorbance detection. *J. Chromatogr. B*, 702, 33-39.
- Leenhouders J.I., Knol E., Groot P., Vos H., Lende T., 2002. Fetal development in the pig in relation to genetic merit for piglet survival. *J. Anim. Sci.*, 80, 1759-1770.
- Legault C., 1998. Génétique et prolificité chez la truie : la voie hyperproliférique et la voie sino-européenne. *Prod. Anim.*, 11, 214-218.
- Métayer A., Daumas G., 1998. Estimation, par découpe, de la teneur en viande maigre des carcasses de porcs. *Journées Rech. Porcine*, 30, 7-11.
- Monin G., 2003. Abattage des porcs et qualités des carcasses et des viandes. *Prod. Anim.*, 16, 251-262.
- Mormède P., Courvoisier H., Ramos A., Marissal-Arvy N., Ousova O., Désautés C., Duclos M., Chaouloff F., Moisan M.P., 2002. Molecular genetic approaches to investigate individual variations in behavioral and neuroendocrine stress responses. *Psychoneuroendocrinology*, 27, 563-583.
- Mormède P., Dantzer R., 1978. Behavioral and pituitary-adrenal characteristics of pigs differing by their susceptibility to the malignant hyperthermia syndrome induced by halothane anesthesia. 2. Pituitary-adrenal-function. *Ann. Rech. Vét.*, 9, 569-576.
- Navegantes L., Migliorini R., Kettelhut I., 2002. Adrenergic control of protein metabolism in skeletal muscle. *Curr. Opin. Clin. Nut. Met. Care*, 5, 281-286.
- Ousova O., Guyonnet-Duperat V., Iannuccelli N., Didanel J.P., Milan D., Genet C., Llamas B., Yerle M., Gellin J., Chardon P., Emptoz-Bonneton A., Pugeat M., Mormède P., Moisan M.P., 2004. Corticosteroid binding globulin: A new target for cortisol-driven obesity. *Mol. Endocr.*, 18, 1687-1696.
- Plastow G.S., Carrión D., Gil M., García-Regueiro J.A., Font i Furnols M., Gispert M., Oliver M.A., Velarde A., Guàrdia M.D., Hortos M., Rius M.A., Sárraga C., Díaz I., Valero A., Sosnicki A., Klont R., Dornan S., Wilkinson J.M., Evans G., Sargent C., Davey G., Connolly D., Houeix B., Maltin C.M., Hayes H.E., Anandavijayan V., Foury A., Geverink N., Cairns M., Tilley R.E., Mormède P., Blott S.C., 2005. Quality pork genes and meat production. *Meat Sci.*, 70, 409-421.
- Renand G., Larzul C., Le Bihan-Duval E., Le Roy P., 2003. L'amélioration génétique de la qualité de la viande dans les différentes espèces : situation actuelle et perspectives à court et moyen terme. *Prod. Anim.*, 16, 159-173.
- Scheurink A.J., Steffens A.B., 1990. Central and peripheral control of sympathoadrenal activity and energy metabolism in rats. *Physiol. Behav.*, 48, 909-920.
- Smith C., 1977. Use of stored frozen semen and embryos to measure genetic trends in farm livestock. *Z. Tierzüchtg. ZüchtBiol.*, 94, 119-130.
- Statistical Analysis Systems Institute, 2000. *Statistics Version 8.02*. SAS Institute Inc.
- Terlouw C., Ludriks A., Schouten W., Vaessen S., Fernandez X., Andanson S., Père M.C., 2001. Réactivité des porcs au stress à l'abattage : prédominance de l'allèle de sensibilité à l'halothane Viandes *Prod. Carnés*, 22, 127-136.
- Tribout T., Caritez J.C., Gogue J., Gruand J., Bouffaud M., Billon Y., Péry C., Griffon H., Brénot S., Le Tiran M.-H., Bussièrès F., Le Roy P., Bidanel J.P., 2004. Estimation, par utilisation de semence congelée, du progrès génétique réalisé en France entre 1977 et 1998 dans la race porcine Large White : résultats pour quelques caractères de production et de qualité des tissus gras et maigres. *Journées Rech. Porcine*, 36, 275-282.