

## **Réponses neuroendocriniennes de stress et caractéristiques de carcasse, comparaison de cinq races de porcs. Données préliminaires obtenues dans le projet Européen QualityPorkGenes.**

*Pierre MORMÈDE (1), Aline FOURY (1), Nicoline GEVERINK (1), Marina GISPERT (2), Maria HORTÓS (2), Maria FONT I FURNOLS (2), Domingo CARRION (3), Michael CAIRNS (4), Grace DAVEY (4), Rachel TILLEY (5), Margaret DELDAY (5), Charlotte MALTIN (5), Ronald KLONT (3), Andrzej A. SOSNICKI (3), Graham S. PLASTOW (3), Sarah C. BLOTT (3)*

*(1) INRA, Neurogénétique et Stress, 33077 Bordeaux*

*(2) IRTA, Meat Technology Centre, 17121 Monells, Spain*

*(3) PIC/Sygen International, Department of Pathology, University of Cambridge, Cambridge CB2 1QP, Grande Bretagne*

*(4) National University of Ireland, The National Diagnostics Centre, Galway, Irlande*

*(5) Rowett Research Institute, Aberdeen AB21 9SB, Grande Bretagne.*

### **Réponses neuroendocriniennes de stress et caractéristiques de carcasse, comparaison de cinq races de porcs. Données préliminaires obtenues dans le projet Européen QualityPorkGenes**

Les études ont été menées chez 500 porcs femelles d'un poids moyen de 109,4 kg à l'abattage, issues des races pures Piétrain, Large White, Landrace, et de lignées composites à base de Duroc ou de Meishan (99-101 animaux par race). De l'urine a été prélevée le matin dans l'élevage (situation de repos), à l'arrivée à l'abattoir (après environ 10 heures de transport par camion) et le lendemain matin avant l'abattage pour le dosage du cortisol et des catécholamines (adrénaline et noradrénaline). Du sang a été prélevé au moment de la saignée pour le dosage du cortisol, de l'activité créatine kinase, du glucose et du lactate. Les mesures classiques de composition corporelle ont été réalisées sur les carcasses. Nous montrons ici qu'il y a une relation très forte entre les concentrations urinaires de cortisol mesurées en situation de base et après stress de transport, ce qui montre que les facteurs génétiques influencent essentiellement l'activité / réactivité intrinsèque de l'axe corticotrope. Les concentrations urinaires de cortisol sont corrélées avec l'adiposité des carcasses, sauf pour le porc de Piétrain dont l'adiposité est la plus faible, alors que le cortisol urinaire est élevé. La sécrétion d'hormones cataboliques (cortisol et catécholamines) est la plus faible chez les porcs Large White, qui présentent d'ailleurs peu de signes de mobilisation énergétique sous l'effet du stress, alors que le faible niveau de la glycémie chez les porcs Meishan et Duroc suggère que leur métabolisme est plus orienté vers l'anabolisme, ce qui est accord avec une adiposité plus élevée.

### **Comparison of neuroendocrine stress responses and carcass composition in five pig breeds. Preliminary data from the European project: QualityPorkGenes**

We studied five hundred female pigs (109.4kg) from three pure breeds: Piétrain, Large White and Landrace, and two composite lines based on the Duroc and the Meishan breeds (99-101 pigs per breed). Urine was sampled during spontaneous miction: on the farm (basal conditions), when the animals arrived in the lairage area (after approximately 10 hours of transport in a lorry) and the next morning before slaughter. Cortisol and catecholamines (adrenaline and noradrenaline) concentrations were measured in urine samples. Blood was sampled during exsanguination and creatine kinase activity and cortisol, glucose and lactate concentrations were measured in serum. Standard measurements of carcass composition were also performed. We showed that there was a strong relationship between cortisol concentrations measured in urine in the basal state and after transportation stress. This indicates that genetic factors influence primarily the intrinsic activity/reactivity of the corticotropic axis. Across genetic types, urine concentrations of cortisol were correlated with carcass fat content. However, Piétrain pigs proved to be an exception since they had very low adiposity together with high urinary cortisol concentrations. The secretion of catabolic hormones (cortisol and catecholamines) was the lowest for Large White pigs. They also showed the lowest levels of energy mobilization when under stress. The low concentrations of blood glucose in Meishan and Duroc pigs suggest that the metabolism of these pigs is oriented more towards energy storage than oxidation. This is in accordance with the higher carcass fat content of these breeds.

## INTRODUCTION

La composition de carcasse et la qualité de la viande dépendent largement de facteurs génétiques dont la connaissance précise permettra une meilleure sélection des animaux. Par ailleurs le stress subi par les animaux avant l'abattage a une grande influence sur la qualité des produits. Le contrôle des conditions de manipulation, de transport et d'hébergement des animaux à l'abattoir permet d'en limiter les effets négatifs et d'optimiser le bien-être des animaux. Toutefois, les réponses de stress sont elles-mêmes sous contrôle génétique et peuvent aussi répondre à la sélection (MORMÈDE et al., 2002). Les nouveaux outils de la génétique moléculaire, tels que les marqueurs génétiques, l'étude de l'expression des gènes (génomique) et de la synthèse des protéines (protéomique) offrent de nouvelles perspectives pour la sélection des caractères de production favorables. L'objectif de ce projet (QualityPorkGENES - QPG : <http://www.qualityporkgenes.com>) est de caractériser les réponses de stress, les caractéristiques de croissance, la composition de carcasse et la qualité de la viande dans 5 lignées commerciales de porcs afin d'obtenir une base d'informations phénotypiques qui seront reliées aux données de l'analyse génomique et protéomique du tissu musculaire, afin de mettre en évidence les gènes impliqués dans les variations phénotypiques (PLASTOW et al., 2002). Nous présentons ici les premiers résultats concernant les caractéristiques des animaux et des carcasses, ainsi que les mesures neuroendocriniennes de réactivité au stress (axe corticotrope et système nerveux autonome).

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1.1. Animaux

Cinq cents porcs femelles ont été utilisés, appartenant aux cinq types génétiques couramment utilisés dans les croisements commerciaux, trois lignées femelles - Landrace (LR), n=99 ; Large White (LW), n=101 et lignée synthétique à base de Meishan (MS), n=100 - et deux lignées mâles - Piétrain (PI), n=100 et lignée synthétique à base de Duroc (DU), n=100. Tous les animaux sont négatifs pour l'allèle de sensibilité à l'halothane (NN).

### 1.2. Protocole expérimental

Les animaux ont été élevés dans les mêmes conditions (élevage dans le département des Landes) et ont reçu le même régime alimentaire. Ils ont été pesés à l'âge de 140 jours, puis transportés dans la journée (pendant environ 10 heures) à l'abattoir de l'IRTA (Monells, Espagne), sans mélange d'animaux de groupes différents et en prenant soin de minimiser le stress de manipulation. Le lendemain matin, les animaux ont été pesés (poids moyen 109,4 kg) et abattus dans des conditions standard avec insensibilisation au gaz carbonique. L'expérience a été réalisée en 22 lots successifs (janvier 2002 - juin 2003) et construite en blocs complets équilibrés, chaque bloc comprenant un animal de chaque lignée (sauf 1 bloc, du fait du léger déséquilibre des effectifs).

Au cours de la première heure *post mortem*, les carcasses ont été pesées en utilisant la présentation européenne.

L'épaisseur de lard a été mesurée au niveau de la dernière côte à 60 mm de la ligne médiane sur la carcasse gauche chaude avec une sonde Fat'O'Meter (FOM). Le pourcentage de viande maigre a été calculé en utilisant l'équation officielle espagnole (GISPERT et DIESTRE, 1994),

$$61,56 - 0,878 * LR34FOM + 0.157 * MFOM$$

avec l'épaisseur de lard (LR34FOM) et l'épaisseur de muscle (MFOM) mesurés entre les 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> côtes à 6 cm de la ligne médiane avec une sonde Fat'O'Meter. Vingt-quatre heures *post mortem*, la longueur de la carcasse gauche a été mesurée depuis le bord antérieur de la symphyse pubienne jusqu'au récessus de la première côte. La conformation visuelle a été évaluée par 3 juges selon le modèle photographique européen (EC pig grading grid for muscularity) de 1 (très bonne conformation) à 4 (très mauvaise). La surface de la longe a été mesurée au niveau de l'espace entre les 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> côtes. Chaque carcasse a été découpée en 12 pièces selon la méthode de référence européenne (WALSTRA et MERKUS, 1995) et chaque pièce a été pesée. Le rendement en jambon et en longe a été calculé par rapport au poids de carcasse froide et le contenu en maigre de ces deux pièces a été déterminé par dissection.

De l'urine a été récoltée lors de mictions spontanées à 3 reprises, 1) dans l'élevage le matin au cours de la semaine précédant le départ des animaux (situation de base), 2) dans l'heure qui suit l'arrivée des animaux à l'abattoir et 3) le matin du jour d'abattage, entre 6h30 et 7h00 ; une partie seulement des animaux a fourni un échantillon d'urine dans ces deux dernières conditions. Les échantillons ont été immédiatement congelés après addition d'un conservateur (EDTA à 10 %, 1 ml / 40 ml d'urine) pour dosage ultérieur des glucocorticoïdes et catécholamines. Le cortisol a été dosé par HPLC et détection UV après extraction sur colonnes apolaires (HAY et MORMÈDE, 1997a), l'adrénaline et la noradrénaline ont été dosées par HPLC et détection électrochimique après extractions sur colonnes échangeuses de cations (HAY et MORMÈDE, 1997b). Les concentrations d'hormones sont rapportées au contenu en créatinine afin de tenir compte de la concentration de l'urine.

Du sang a été prélevé au moment de la saignée sur tube sec. Après coagulation, il a été centrifugé et le sérum a été congelé pour le dosage du cortisol par technique radioimmunologique (DÉSAUTÉS et al., 1997), de l'activité créatine kinase, du glucose et du lactate par les techniques classiques de biologie clinique.

### 1.3. Analyses statistiques

La procédure GLM du logiciel SAS (1999) a été utilisée. Les variables ont été corrigées pour l'effet fixé du lot d'abattage. L'effet du type génétique a été inclus dans le modèle comme un effet fixé et le poids de carcasse comme covariable lorsqu'il était significatif. Les différences entre groupes ont été analysées par le test de Bonferroni. La comparaison des concentrations hormonales urinaires chez les mêmes animaux dans deux prélèvements différents a été réalisée par analyse de variance avec un facteur répété (numéro du pré-

èvement) et le facteur type génétique (logiciel CRUNCH®). Une transformation logarithmique des valeurs des concentrations hormonales urinaires, du cortisol et de l'activité créatine kinase plasmatiques a été appliquée avant analyse pour normalisation des distributions.

## 2. RÉSULTATS

### 2.1. Caractéristiques de croissance et de carcasse (tableau 1)

Les porcs de Piétrain se distinguent de tous les autres types génétiques par leur meilleure conformation, la surface de la longe, le pourcentage de viande maigre et de jambon, ainsi que le contenu en maigre du jambon et de la longe. Ils présentent également, avec les porcs Large White, la plus faible épaisseur de lard. Les porcs Meishan s'y opposent en tous points, avec en plus la vitesse de croissance la plus lente. Les trois autres types génétiques (Large White, Landrace, Duroc)

sont en position intermédiaire et diffèrent peu entre eux pour la plupart des caractères, sauf les porcs Duroc qui présentent une épaisseur de lard plus élevée et un contenu en viande maigre plus faible.

### 2.2. Mesures biologiques dans le plasma (tableau 2)

Les porcs Meishan présentent les concentrations les plus élevées de cortisol (28,1 ng/ml), les valeurs les plus faibles étant mesurées chez les porcs Landrace (13,8 ng/ml), et les autres types génétiques présentent des valeurs intermédiaires (Duroc, 15,0 ng/ml ; Large White, 16,8 ng/ml ; Piétrain, 20 ng/ml). L'activité plasmatique de la créatine kinase d'origine essentiellement musculaire, est la plus élevée chez les porcs de Piétrain (3.819 UI/ml), les valeurs les plus faibles étant mesurées chez les porcs Meishan (1.452 UI/ml). Des variations entre types génétiques sont aussi observées dans les concentrations plasmatiques du glucose et du lactate.

**Tableau 1** - Influence du génotype sur la croissance et les caractéristiques de carcasse

	Type génétique					
	PI	LW	LR	DU	MS	ETR
Gain de poids à 140 j (g/j)	571,3 <sup>bc</sup>	584,9 <sup>ab</sup>	589,9 <sup>a</sup>	587,8 <sup>a</sup>	559,5 <sup>c</sup>	50,7
Poids de carcasse (kg)	88,8 <sup>b</sup>	90,8 <sup>ab</sup>	89,7 <sup>ab</sup>	91,9 <sup>a</sup>	85,8 <sup>c</sup>	6,0
Longueur de carcasse (cm)	81,6 <sup>c</sup>	86,8 <sup>a</sup>	87,4 <sup>a</sup>	83,6 <sup>b</sup>	83,8 <sup>b</sup>	2,2
Conformation <sup>+</sup>	1,1 <sup>d</sup>	2,7 <sup>c</sup>	2,4 <sup>b</sup>	2,6 <sup>bc</sup>	3,8 <sup>a</sup>	0,5
Surface de longe (cm <sup>2</sup> )	57,5 <sup>a</sup>	46,7 <sup>b</sup>	47,7 <sup>b</sup>	48,6 <sup>b</sup>	40,8 <sup>c</sup>	5,4
Épaisseur de lard (mm) <sup>++</sup>	12,3 <sup>d</sup>	13,2 <sup>cd</sup>	14,4 <sup>c</sup>	16,4 <sup>b</sup>	22,8 <sup>a</sup>	3,4
Pourcentage de viande maigre <sup>+++</sup>	60,1 <sup>a</sup>	57,4 <sup>b</sup>	57,1 <sup>b</sup>	55,4 <sup>c</sup>	48,0 <sup>d</sup>	3,1
Jambon %	28,3 <sup>a</sup>	25,8 <sup>b</sup>	26,2 <sup>b</sup>	26,0 <sup>b</sup>	23,9 <sup>c</sup>	0,9
Longe %	17,7 <sup>b</sup>	17,7 <sup>b</sup>	17,9 <sup>ab</sup>	18,1 <sup>a</sup>	17,5 <sup>b</sup>	0,9
Contenu maigre du jambon (%)	75,4 <sup>a</sup>	72,8 <sup>b</sup>	72,1 <sup>b</sup>	71,1 <sup>b</sup>	63,5 <sup>c</sup>	3,3
Contenu maigre de la longe (%)	66,1 <sup>a</sup>	61,3 <sup>b</sup>	60,1 <sup>b</sup>	58,1 <sup>c</sup>	47,8 <sup>d</sup>	4,4

PI = Piétrain, LW = Large White, LR = Landrace, DU = Duroc, MS = Meishan, ETR = écart-type résiduel. Les lettres différentes dans la même ligne indiquent une différence significative entre types génétiques ( $P < 0,05$ )

+ : Echelle subjective d'évaluation de 1 (meilleure conformation) à 4 (mauvaise conformation),

++ : Épaisseur de lard à 6 cm de la ligne médiane au niveau de la dernière côte, mesurée au FOM

+++ : Calculé avec l'équation officielle espagnole

**Tableau 2** - Effet du type génétique sur les paramètres plasmatiques

	Type génétique					
	PI	LW	LR	DU	MS	ETR
Cortisol (ng/ml, log)	1,300 <sup>c</sup>	1,226 <sup>b</sup>	1,140 <sup>a</sup>	1,177 <sup>ab</sup>	1,449 <sup>d</sup>	0,252
Créatine kinase (UI/L, log)	3,582 <sup>c</sup>	3,258 <sup>b</sup>	3,207 <sup>ab</sup>	3,179 <sup>a</sup>	3,162 <sup>a</sup>	0,254
Glucose (mmol/L)	7,950 <sup>c</sup>	7,549 <sup>bc</sup>	7,379 <sup>b</sup>	6,829 <sup>a</sup>	6,491 <sup>a</sup>	1,524
Lactate (mmol/L)	3,677 <sup>c</sup>	2,859 <sup>b</sup>	3,989 <sup>c</sup>	2,427 <sup>a</sup>	3,115 <sup>b</sup>	1,509

### 2.3. Concentrations urinaires de cortisol et catécholamines (figure 1)

Les concentrations de cortisol mesurées en situation de base sont très différentes entre types génétiques (Meishan > Duroc = Piétrain > Landrace > Large White). Après transport, les concentrations sont largement augmentées (+278 %,  $P < 0,0001$ ), sans interaction significative avec le type génétique. Le lendemain matin, les valeurs mesurées sont plus basses, mais seuls les porcs Meishan ont retrouvé les niveaux de base (+26 %, ns), contrairement aux porcs Duroc (+44 %,  $P < 0,01$ ), Piétrain (+62 %,  $P < 0,001$ ), Large White (+109 % ;  $P < 0,0001$ ) et Landrace (+113 % ;  $P < 0,0001$ ).

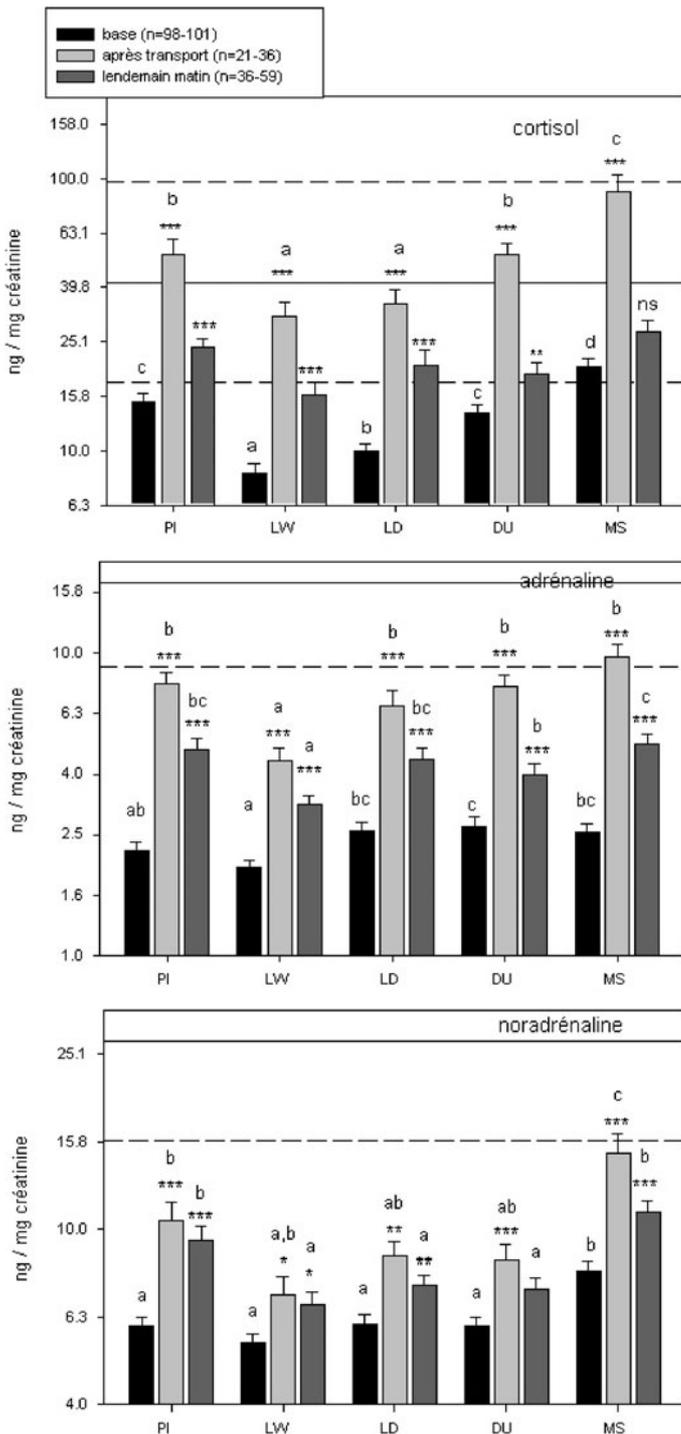
Les concentrations d'adrénaline mesurées en situation de base présentent moins de variabilité entre lignées à taux faibles (Piétrain et Large White) et lignées à taux élevés (Landrace, Duroc et Meishan), dont les valeurs ne sont en moyenne que 29 % supérieures. Les concentrations augmentent après transport ( $P < 0,001$ ), de façon différente selon les types génétiques (interaction condition x lignée :  $P < 0,02$ ), Piétrain +308 %, Meishan +252 % ; Duroc +230 %, Landrace +115 %, Large White +110 %. Le lendemain, toutes les souches présentent des concentrations urinaires d'adrénaline plus faibles, mais qui restent élevées par rapport aux concentrations de base (condition :  $P < 0,0001$  ; interaction condition x lignée :  $P > 0,10$ , augmentation moyenne par rapport aux concentrations de base, +73 %).

Les porcs Meishan présentent des concentrations de base de noradrénaline plus élevées que les autres types génétiques (+ 37 %). Celles-ci augmentent après le transport ( $P < 0,0001$ ), mais de façon différente selon les lignées (interaction condition x lignée :  $P < 0,05$ ). Comme pour l'adrénaline, l'augmentation la plus élevée de noradrénaline est présentée par les porcs Meishan (+102 %,  $P < 0,0001$ ) et la plus faible par les porcs Large White (+24 %,  $P < 0,05$ ). Le lendemain, le contenu urinaire en noradrénaline reste élevé par rapport aux valeurs de base ( $P < 0,0001$ ), sans différence significative entre lignées (augmentation moyenne : +29 %).

## 3. DISCUSSION

### 3.1. Intensité du stress subi par les animaux

Pour ce qui concerne les niveaux atteints par les concentrations des différents paramètres biologiques mesurés comme indices de stress, il est important de noter que les valeurs mesurées ici restent très basses par rapport aux données de la littérature ou aux valeurs que nous avons obtenues dans des expériences précédentes. Dans la figure 1, on peut observer un gradient dans l'intensité des réponses des hormones mesurées dans l'urine après le transport par rapport aux valeurs mesurées dans une expérience précédente dans l'urine prélevée dans la vessie après abattage (FOURY et al., 2002). Avec d'importantes variations selon le type génétique, les concentrations de cortisol mesurées après transport sont proches de celles mesurées *post mortem* chez des animaux manipulés et abattus en conditions commerciales, par contre, les concentrations de catécholamines et en particulier de noradrénaline, sont considérablement plus faibles. Ces



Les lignes horizontales donnent des valeurs de référence (moyenne  $\pm$  écart type) mesurées dans l'urine collectée après abattage dans la vessie de 299 (catécholamines) à 302 (cortisol) porcs F2 Duroc x Large White manipulés et abattus dans des conditions commerciales (FOURY et al., 2002). Les lettres différentes au dessus des colonnes représentant les valeurs mesurées au même temps de prélèvement indiquent une différence significative entre types génétiques ( $P < 0,05$ ). Les étoiles indiquent pour chaque type génétique la différence entre les valeurs mesurées après transport ou le lendemain matin, par rapport aux valeurs de base (ns = non significatif, \*  $P < 0,05$  ; \*\*  $P < 0,01$  ; \*\*\*  $P < 0,001$ ).

**Figure 1** - Concentrations de cortisol, adrénaline et noradrénaline dans l'urine prélevée le matin en élevage (base), à l'arrivée à l'abattoir après 10 h de transport, et le lendemain matin (6h30-7h00) avant abattage.

résultats sont en accord avec la grande sensibilité de l'axe corticotrope aux stimulations environnementales, même mineures, et la saturation rapide de la réponse du cortisol lorsque l'intensité de la stimulation augmente (MORMÈDE, 1995) ; la mesure simultanée des variations de sécrétion de catécholamines est donc très informative de l'intensité du stress subi par les animaux (HAY et al., 2001). Dans le plasma recueilli au moment de la saignée, les concentrations de cortisol sont également très faibles par rapport aux valeurs (non publiées) obtenues chez 256 animaux commerciaux (101,2 [63,7-160,7] ng/ml, moyenne  $\pm$  ET), et dans la limite des valeurs de base décrites dans la littérature. Ceci est aussi vrai des autres paramètres sanguins (valeurs obtenues chez 256 animaux commerciaux : créatine kinase, 14.622 [6.194-34.514] U.I. ; glucose,  $6,13 \pm 1,55$  mmol/l ; lactate,  $13,3 \pm 4,7$  mmol/l). Chez le porc charcutier, le stress de transport et de manipulation, ainsi que l'attente à l'abattoir se traduisent par une hypercortisolémie, marqueur non spécifique du stress, une augmentation de la créatine kinase d'origine musculaire, une hypoglycémie liée au catabolisme énergétique en situation de jeûne et une augmentation du lactate, produit de la glycolyse anaérobie (PÉREZ et al., 2002). Les valeurs des paramètres biologiques mesurés dans cette expérience montrent bien que les animaux ont subi un stress très limité, autant au moment du transport qu'à l'abattage.

### 3.2. Variation des réponses de stress selon le type génétique

#### 3.2.1. Axe corticotrope

Les concentrations élevées de cortisol dans le plasma et dans l'urine des porcs Meishan, par rapport aux porcs Large White ont déjà été montrées par nous-mêmes (DÉSOUTÉS et al., 1997, 1999 ; HAY et MORMÈDE, 1998) et par d'autres (BERGERON et al., 1996). Dans l'urine, les niveaux de base mesurés chez les animaux des autres types génétiques se répartissent entre ces deux extrêmes. Il est intéressant de remarquer le strict parallélisme entre les niveaux de cortisol mesurés dans l'urine au repos et après transport. Ce résultat suggère que les différences génétiques de réponse de l'axe corticotrope au stress sont en rapport avec les variations de fonctionnement du système endocrinien lui-même plutôt qu'avec la perception et l'intégration des stimulus par l'animal. Parmi les mécanismes candidats à explorer, la réceptivité de la glande surrénale à l'ACTH joue probablement un grand rôle dans ces différences (DÉSOUTÉS et al., 1997, 1999 ; MORMÈDE et al., 2002). Par contre, la vitesse de récupération après le transport (mesurée ici par les concentrations dans l'urine le matin suivant) est très différente selon les types génétiques, les porcs Meishan et Duroc se distinguant clairement des autres races étudiées. Les mécanismes sous-jacents restent à explorer.

Nous avons mis en évidence, dans un croisement F2 Duroc x Large White, une corrélation entre le niveau de cortisol contenu dans l'urine prélevée à l'abattoir dans la vessie et divers paramètres d'adiposité (épaisseur de lard, pourcentage de maigre calculé) (FOURY et al., 2002). Nous retrouvons ici cette relation pour les quatre types génétiques Large

White, Landrace, Duroc et Meishan, qui s'ordonnent de cette façon pour le contenu urinaire en cortisol (en situation de base et après transport), l'épaisseur de lard sous-cutané et le pourcentage de viande maigre, ce qui confirme les relations entre production de cortisol et adiposité, et le rôle de facteurs génétiques dans cette relation. Cependant, le porc de Piétrain se distingue par une très faible adiposité, en dépit de concentrations urinaires élevées en cortisol (non différentes de celles mesurées chez les porcs Duroc). Ceci suggère que dans cette race des mécanismes génétiques distincts perturbent la relation entre production de cortisol et adiposité. L'exploration approfondie de ces animaux pourra révéler des mécanismes de résistance à l'obésité.

#### 3.2.2. Catécholamines

Nous disposons de très peu de données sur les différences génétiques dans le fonctionnement du système nerveux autonome chez le Porc. Nous avons montré chez des truies allaitantes que l'urine des porcs Meishan contient des concentrations plus élevées de catécholamines que l'urine des porcs Large White (HAY et MORMÈDE, 1998). Nous confirmons ici la différence entre ces races. Nos résultats montrent que les différences des niveaux de base entre types génétiques sont modestes, mais que la réponse au stress varie aussi selon la lignée. Le maintien de niveaux élevés de catécholamines dans l'urine le matin de l'abattage peut être en rapport avec l'état de jeûne puisque les catécholamines sont impliquées dans la mobilisation énergétique (cf. discussion dans HAY et al., 2001).

#### 3.2.3. Créatine kinase et métabolites plasmatiques

La créatine kinase (CK) circulante est essentiellement d'origine musculaire. Bien que tous les animaux soient négatifs pour l'allèle de sensibilité à l'halothane, les porcs de Piétrain montrent cependant des concentrations de CK plus élevées que les autres types génétiques, ce qui suggère une fragilité musculaire constitutive qui pourrait être en rapport avec sa conformation. Des résultats similaires ont été obtenus chez les bovins soumis à une exercice physique (GARCÍA-BELEN-GUER et al., 1996).

Il n'est pas facile d'interpréter les variations de glycémie et lactacidémie lorsqu'on ne dispose que d'un seul point de mesure, au moment de l'abattage, les différences entre lignées pouvant être dues à des différences dans les taux de base et/ou dans la réponse aux manipulations et au jeûne. Chez quelques animaux par type génétique (n = 20-22), nous avons aussi mesuré les concentrations circulantes d'acides gras libres (AGL), indice de mobilisation des réserves lipidiques. Les porcs Large White avaient des taux d'AGL plus faibles, les autres lignées ne différant pas entre elles. Ces résultats indiquent que les porcs Large White sont les moins sensibles aux effets métaboliques du stress (faible concentration de lactate et d'AGL). De fait, c'est aussi la lignée qui a les plus faibles sécrétions d'hormones cataboliques, cortisol et catécholamines. Par contre, les faibles concentrations de lactate chez les porcs Meishan et Duroc peuvent être mis en relation avec leur faible glycémie qui pourrait indiquer que leur métabolisme est plus orienté vers

l'anabolisme énergétique, d'où l'accumulation de graisse. De fait, il a déjà été décrit des particularités du porc Meishan dans les réponses à l'insuline et au glucose (BONNEAU, 1993 ; DÉSAUTÉS, 1996).

## CONCLUSION

Les résultats présentés ici montrent l'importance des variations d'origine génétique dans l'activité et la réactivité des systèmes neuroendocriniens de réponses de stress en rapport avec la composition corporelle et ouvrent de nombreuses pistes de recherche sur les mécanismes biologiques impliqués. Les travaux de génétique moléculaire ont déjà permis de mettre en évidence un locus chromosomique et un gène candidat associés aux variations d'activité de l'axe cortico-

trope en rapport avec la composition corporelle (DÉSAUTÉS et al., 2002 ; OUSOVA et al., 2002). Les travaux en cours de protéomique et de génomique au niveau du tissu musculaire dans le cadre du projet européen QualityPorkGENES devrait permettre d'identifier les mécanismes moléculaires responsables des variations de ces différents paramètres qui concourent à la rentabilité des productions animales, en vue de sélectionner les caractères favorables de façon plus efficace grâce à l'utilisation de marqueurs moléculaires.

## REMERCIEMENTS

Ce projet est financé par la Communauté Européenne, programme « Quality of Life and Management of Living Resources » (projet n° QLRT-2000-01888).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERGERON R., GONYOU H.W., EURELL T.E., 1996. *Can. J. Anim. Sci.* 76, 289-297.
- BONNEAU M., 1993. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 264, E54-E59.
- DÉSAUTÉS C., 1996. Réactivité comportementale et neuroendocrinienne chez le Porc : étude génétique. Thèse de l'ENSAR, Rennes, n° 96-33, 172 p.
- DÉSAUTÉS C., BIDANEL J.P., MORMÈDE P., 1997. *Physiol. Behav.* 62, 337-345.
- DÉSAUTÉS C., SARRIEAU A., CARITEZ J.C., MORMÈDE P., 1999. *Domest. Anim. Endocrinol.* 16, 193-205.
- DÉSAUTÉS C., BIDANEL J.P., MILAN D., IANNUCELLI N., AMIGUES Y., BOURGEOIS F., CARITEZ J.C., RENARD C., CHEVALET C., MORMÈDE P., 2002. *J. Anim. Sci.* 80, 2276-2285.
- FOURY A., DEVILLERS N., SANCHEZ M.P., GRIFFON H., Le ROY P., MORMÈDE P., 2002. 7<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, France, communication 03-16.
- GARCÍA-BELENQUER S., PALACIO J., GASCÓN M., ACEÑA M.C., REVILLA R., MORMÈDE P., 1996. *Vet. Res.* 27, 515-526.
- GISPERT M., DIESTRE A., 1994. *Techni-Porc*, 17, 29-32.
- HAY M., MORMÈDE P., 1997a. *J. Chromatogr. B.*, 702, 33-39.
- HAY M., MORMÈDE P., 1997b. *J. Chromatogr. B.*, 703, 15-23.
- HAY M., MORMÈDE P., 1998. *Vet. Res.* 29, 119-128.
- HAY M., ORGEUR P., LÉVY F., LE DIVIDICH J., CONCORDET D., NOWAK R., SCHAAL B., MORMÈDE P., 2001. *Physiol. Behav.* 72, 263-269.
- MORMÈDE P., 1995. *Cahiers Agriculture*, 4, 275-286.
- MORMÈDE P., COURVOISIER H., RAMOS A., MARISSAL-ARVY N., OUSOVA O., DÉSAUTÉS C., DUCLOS M., CHAOULOFF F., MOISAN M.P., 2002. *Psychoneuroendocrinology*, 27, 563-583.
- OUSOVA O., IANNUCELLI N., MILAN D., BIDANEL J.P., GENËT C., YERLE M., GELLIN J., CHARDON P., MORMÈDE P., MOISAN M.P., 2002. 7<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, France, communication 03-15.
- PÉREZ M.P., PALACIO J., SANTOLARIA M.P., ACEÑA M.C., CHACÓN G., VERDE M.T., CALVO J.H., ZARAGOZA M.P., GASCÓN M., GARCÍA-BELENQUER S., 2002. *Vet. Res.* 33, 239-250.
- PLASTOW G.S., SOSNICKI A.A., MALTIN C., TILLEY R., DIESTRE A., GIL M., GARCÍA-REGUEIRO J.A., SMITH T., CAIRNS M., DAVEY G., CONNOLLY D., MORMÈDE P., FOURY A., DORNAN S., SARGENT C., CARRION D., KLONT R. *Proceedings 48<sup>th</sup> ICoMST, Rome*, 25-30 August. Vol. 2, 638-639.
- SAS, 1999. SAS for windows release 8<sup>e</sup>-2000. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- WALSTRA P., MERKUS G.S.M., 1995. Procedure for assessment of the lean meat percentage as a consequence of the new EU reference dissection method in pig carcass classification. ID-DLO, Zeist, Pays-Bas.