

## Modes d'élevage alternatifs des porcs

### (2) Effets sur des indicateurs du métabolisme énergétique musculaire et du stress pré-abattage en relation avec les qualités des viandes

*Aline FOURY (1), Bénédicte LEBRET (2), Patrick CHEVILLON (3), Antoine VAUTIER (3),  
Claudia TERLOUW (4), Pierre MORMÈDE (1)*

*(1) INRA - Université de Bordeaux 2, UMR Neurogénétique et Stress, 33077 Bordeaux*

*(2) INRA - Agrocampus Rennes, UMR Veau et Porc, 35590 Saint-Gilles*

*(3) Institut Technique du Porc, BP 35104, 35651 Le Rheu*

*(4) INRA, Station de Recherches sur la Viande, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle*

*Avec la collaboration de Nathalie Bonhomme (2)*

#### **Modes d'élevage alternatifs des porcs. Effets sur des indicateurs du métabolisme énergétique musculaire et du stress pré-abattage en relation avec les qualités des viandes**

L'objectif de l'étude est de comparer les effets de trois modes alternatifs d'engraissement de porcs (plein air-150 m<sup>2</sup>/porc, sur paille-1,3 m<sup>2</sup>/porc, cabane avec accès à une courette extérieure-1,3 m<sup>2</sup>/porc) par rapport à un lot témoin en claustration sur caillebotis (0,65 m<sup>2</sup>/porc), en saisons d'été et d'hiver, sur des indicateurs du métabolisme énergétique musculaire et du stress pré-abattage en relation avec les qualités des viandes.

Les différences sont particulièrement marquées pour la comparaison plein air vs caillebotis mais lorsqu'elles sont significatives, les différences observées dans les autres comparaisons (paille ou courette vs caillebotis) vont dans le même sens. En système alternatif, la physiologie musculaire est orientée vers un métabolisme plus oxydatif et un potentiel glycolytique plus élevé qui aboutit à un pH ultime de la viande plus faible. L'un des facteurs explicatifs de ces différences semble être une plus faible activité physique dans la période qui précède l'abattage, ainsi qu'en témoignent les taux inférieurs de créatine kinase circulante et de catécholamines urinaires et le plus faible nombre de griffures sur la carcasse des porcs élevés en système alternatif (en particulier en plein air, ainsi que sur courette), comparativement au caillebotis.

#### **Influence of alternative pig rearing systems on muscular energetic metabolism and pre-slaughter stress indicators in relation with meat quality traits**

The objective of the study was to evaluate the effects of three alternative rearing systems for fattening pigs (outdoor-150 m<sup>2</sup>/pig, straw bedding-1,3 m<sup>2</sup>/pig, hut with access to a courtyard-1,3 m<sup>2</sup>/pig) compared to a "conventional" system (fully slatted floor, 0,65 m<sup>2</sup>/pig considered as control), in summer and winter, on muscular energetic metabolism and pre-slaughter stress indicators in relation with meat quality.

The differences were particularly marked for the comparison outdoor vs slatted floor but when significant, the differences observed for the other alternative systems (straw bedding or courtyard vs slatted floor) were in the same direction. In alternative rearing systems, the muscular physiology was modified towards a more oxydative metabolism and a higher glycolytic potential, thus resulting in a lower meat ultimate pH. One of the explicative factors of those differences seemed to be a lower physical activity during the pre-slaughter period, as suggested by the lower levels of plasma creatine kinase and urinary catecholamines and the lower number of bruises on carcasses of pigs raised on alternative (in particular outdoor and courtyard) compared with conventional systems.

## INTRODUCTION

Les conséquences de différents modes d'élevage alternatifs de porcs, comparés à l'élevage conventionnel sur caillebotis, sur les performances de croissance, la composition des carcasses et les qualités des viandes sont décrites dans un premier article (CHEVILLON et al, 2005). Nous présentons ici l'effet du mode d'élevage sur des indicateurs physiologiques du métabolisme musculaire, la réactivité au stress d'abattage, et le comportement des animaux durant la phase précédant l'abattage, afin d'identifier des facteurs explicatifs des variations de la qualité de viande observées.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1.1. Animaux, modes d'élevage et modalités d'abattage

Le dispositif expérimental est décrit en détail dans la présentation jointe de CHEVILLON et al (2005). Brièvement, dans trois stations expérimentales, à deux saisons (été 2003 et hiver 2004), des comparaisons deux à deux ont été réalisées. Pour chaque station, l'élevage de référence était le système conventionnel sur caillebotis (0,65 m<sup>2</sup>/porc ; n=34 à 39 (tableau 1)). Celui-ci était comparé avec un mode d'élevage alternatif (Romillé : plein air (150 m<sup>2</sup>/porc ; été, n=37 ; hiver, n=39) ; Trinottières : sur paille en claustration (1,3 m<sup>2</sup>/porc ; été, n=44 ; hiver, n=50) ; Villefranche : cabane avec courette extérieure (1,3 m<sup>2</sup>/porc ; été, n=33 ; hiver, n=30). Pour les porcs élevés à Romillé et aux Trinottières, l'effet du génotype au locus halothane (Nn ou NN) a pu être analysé, ces stations ayant utilisé des porcs issus de verrats LW x P (Nn), alors que la station de Villefranche a utilisé des porcs issus de verrats P76 (NN). Les abattages étaient effectués dans deux abattoirs, distants de 100 km des stations expérimentales.

Le mélange en cases d'attente à l'abattoir est un stress important, expliquant une grande part de la variabilité des qualités technologiques des viandes (TERLOUW et al, 2005). Un des avantages de certains systèmes d'élevage alternatifs est d'avoir des groupes d'animaux de taille plus importante qu'en élevage « conventionnel », permettant ainsi de réduire le degré de mélange à l'abattage. Par conséquent, le plan expérimental avait aussi pour effet de faire varier les tailles des groupes d'élevage selon le mode d'élevage (caillebotis et courette : 4 groupes de 10 porcs, plein air : 1 groupe de 40 porcs ; paille : 2 groupes de 25 porcs). Les animaux de chaque mode d'élevage (intra-station) étaient regroupés dans une case d'attente commune à l'abattoir.

### 1.2. Prélèvements et analyses sur tissu musculaire

Sur tous les animaux, le jour de l'abattage (25 à 40 minutes après la saignée selon l'abattoir), un prélèvement de muscle Demi-membraneux (DM) a été effectué et congelé immédiatement dans l'azote liquide. Le potentiel d'activité d'enzymes du métabolisme énergétique (lactate déshydrogénase et citrate synthase), permettant de caractériser respectivement la capacité glycolytique et l'activité du cycle de Krebs a été

déterminé sur ces échantillons de muscle (LEBRET et al, 2002).

Le potentiel glycolytique (PG) du muscle, soit la somme des composés susceptibles de produire de l'acide lactique *post-mortem*, qui permet d'estimer les réserves en glycogène du muscle au moment de l'abattage a été déterminé à partir des teneurs en glucose et glucose-6-phosphate, lactate, et glycogène (calculée d'après la concentration en glucose après hydrolyse par l'amiloglucosidase), selon la formule  $PG = 2([\text{glycogène}] + [\text{glucose}] + [\text{glucose-6-phosphate}]) + [\text{lactate}]$  (MONIN et SELLIER, 1985). Ces métabolites ont été dosés par des méthodes enzymatiques (kits) à l'aide d'un analyseur spectrophotométrique automatique (Cobas Mira Roche). Le pH initial (25 à 40 minutes après la saignée selon l'abattoir) était relevé sur le DM et les pH ultimes sur le DM et le *Longissimus lumborum* (LL) au niveau de la dernière côte.

### 1.3. Prélèvements et analyses sur sang et urine

Les prélèvements de sang et d'urine ont été réalisés chez les animaux des séries d'hiver uniquement. Du sang a été prélevé au moment de la saignée dans des tubes contenant de l'héparine comme anticoagulant. Après centrifugation, des aliquotes de plasma ont été congelés pour le dosage du cortisol par technique radioimmunologique (DÉSOUTÉS et al, 1997), de l'activité créatine kinase, du glucose et du lactate par les techniques classiques de biologie clinique sur analyseur automatique (Hitachi 911). Les données reflètent les taux au moment de la saignée, qui dépendent de l'activité et de l'état de stress des animaux jusqu'à l'étourdissement avec un possible effet de l'électronarcose.

De l'urine a été récoltée dans la vessie au moment de l'éviscération. Les échantillons ont été immédiatement congelés après addition d'un conservateur (HCl 6N, 1 ml/40 ml d'urine) pour dosage ultérieur du cortisol et des 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 extraction 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. Elle reflètent la production de ces hormones pendant la période pré-abattage.

### 1.4. Analyses statistiques

Intra-station et saison, les données ont été analysées par analyse de variance (procédure GLM, SAS, 1999), incluant le type d'habitat comme effet principal. 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. Des corrélations entre différents paramètres biologiques ont également été calculées par la méthode « Pooled Pearson ». Cette méthode permet de corriger des effets « traitement » (ici, la station expérimentale) en tenant compte des moyennes par station, plutôt que de la moyenne globale pour chaque critère.

## 2. RÉSULTATS

Le mode d'élevage influence le métabolisme musculaire, en particulier l'élevage plein air et sur paille, alors que l'on n'observe pas d'effet dans les comparaisons courette - caillebotis (tableau 1). L'activité de la citrate synthase, enzyme du métabolisme oxydatif, est accrue dans le muscle DM des porcs élevés en plein air ou sur paille, été comme hiver. L'activité de la lactate déshydrogénase (métabolisme glycolytique) n'est pas modifiée par le mode d'élevage, ou légèrement réduite (plein air d'hiver comparativement au caillebotis). Ceci conduit à une réduction de 12 à 25 % selon les comparaisons du rapport LDH/CS musculaire, chez les porcs élevés en système alternatif.

Comparativement à l'élevage sur caillebotis, l'élevage plein air, et l'élevage sur paille dans une moindre mesure, accroît le potentiel glycolytique musculaire, c'est-à-dire les réserves en glycogène du muscle au moment de l'abattage, alors que l'on ne rapporte pas de différence sur ce critère entre éleva-

ge sur courette extérieure et caillebotis (tableau 1). L'influence du mode d'élevage sur les réserves énergétiques musculaires est plus marquée l'hiver (+15 %) que l'été (+11 %) dans la comparaison plein air - caillebotis, et similaire entre les saisons dans la comparaison paille - caillebotis. La teneur *post-mortem* en lactate musculaire est accrue chez les porcs plein air d'été par rapport aux témoins, mais n'est pas modifiée dans les autres cas. Les variations de teneur en lactate et du potentiel glycolytique observées selon le mode d'élevage sont en accord avec les effets rapportés sur, respectivement, la vitesse (pH1) et l'amplitude (pHu) de la chute du pH *post-mortem* (CHEVILLON et al, 2005).

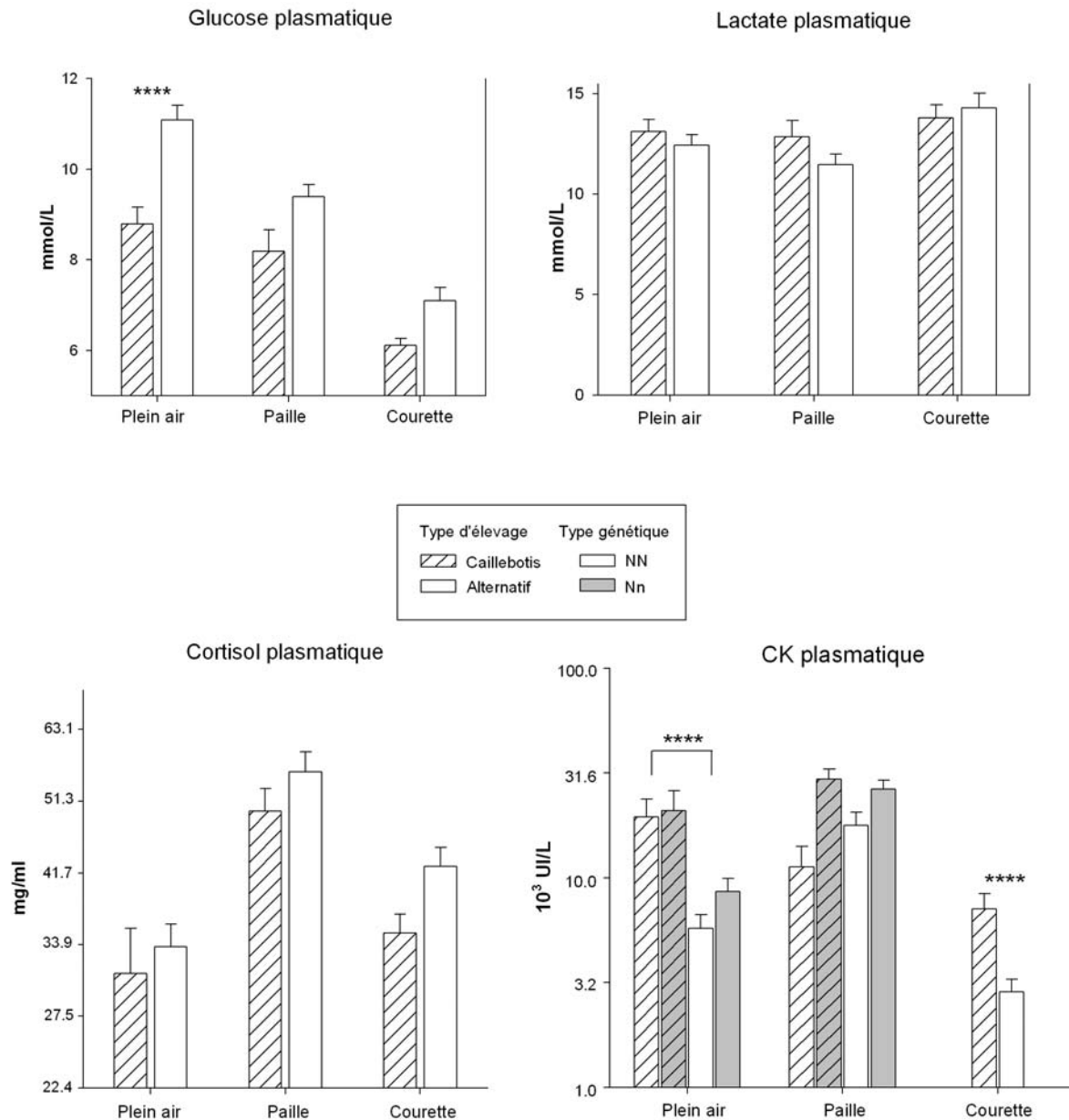
Les paramètres mesurés dans le plasma prélevé à l'abattage (répétition d'hiver uniquement) sont présentés dans la figure 1. Pour étudier l'effet du type génétique, une analyse préalable était effectuée sur les animaux issus de croisements contenant des gènes Piétrain (comparaisons plein air-caillebotis et paille-caillebotis). L'effet de la présence d'un allèle de sensibilité à l'halothane n'a été observé que pour l'acti-

**Tableau 1** - Influence du mode d'élevage sur les activités enzymatiques du métabolisme énergétique et le potentiel glycolytique à l'abattage du muscle Demi-membraneux

<b>Comparaison plein air - caillebotis (station nationale porcine de Romillé)</b>						
<b>Saison</b>	<b>Été 2003</b>			<b>Hiver 2004</b>		
Mode d'élevage	Plein air (n=36)	Caillebotis (n=38)	Sign. <sup>b</sup>	Plein air (n= 39)	Caillebotis (n=39)	Sign. <sup>b</sup>
Métabolisme muscle <sup>a</sup>						
LDH	2381	2297	ns	2294	2478	***
CS	8,8	7,2	***	12,4	10,0	***
LDH/CS	283	333	**	193	256	***
Pot. glycol., µmol/g	148	133	**	151	131	***
Lactate, µmol/g	42,2	35,0	*	41,3	45,4	ns
<b>Comparaison paille - caillebotis (station des Trinottières)</b>						
<b>Saison</b>	<b>Été 2003</b>			<b>Hiver 2004</b>		
Mode d'élevage	Paille (n=44)	Caillebotis (n=36)	Sign.	Paille (n=50)	Caillebotis (n=39)	Sign.
Métabolisme muscle <sup>a</sup>						
LDH	2191	2232	ns	2408	2389	ns
CS	9,0	8,0	**	11,4	8,5	***
LDH/CS	253	288	**	216	288	***
Pot. glycol., µmol/g	146	135	**	138	126	*
Lactate, µmol/g	37,1	34,0	ns	38,2	35,9	ns
<b>Comparaison courette extérieure - caillebotis (station de Villefranche)</b>						
<b>Saison</b>	<b>Été 2003</b>			<b>Hiver 2004</b>		
Mode d'élevage	Courette (n=31)	Caillebotis (n=30)	Sign.	Courette (n=30)	Caillebotis (n=36)	Sign.
Métabolisme muscle <sup>a</sup>						
LDH	2334	2377	ns	2456	2476	ns
CS	7,9	7,4	ns	8,9	9,0	ns
LDH/CS	306	328	ns	287	284	ns
Pot. glycol., µmol/g	147	143	ns	150	148	ns
Lactate, µmol/g	26,8	25,6	ns	39,2	42,9	ns

<sup>a</sup> LDH : lactate déshydrogénase, CS : citrate synthase (µmole substrat dégradé/min/g tissu), Pot. Glycol. : potentiel glycolytique

<sup>b</sup> Signification : \*\*\* P < 0,001 ; \*\* : P < 0,01 ; \* : P < 0,05 ; ns : P > 0,10



**Figure 1** - Concentrations de glucose, lactate, cortisol et de créatine kinase dans le plasma prélevé à la saignée. Mode d'élevage alternatif vs. caillebotis : \*\*\*\* =  $P < 0,0001$

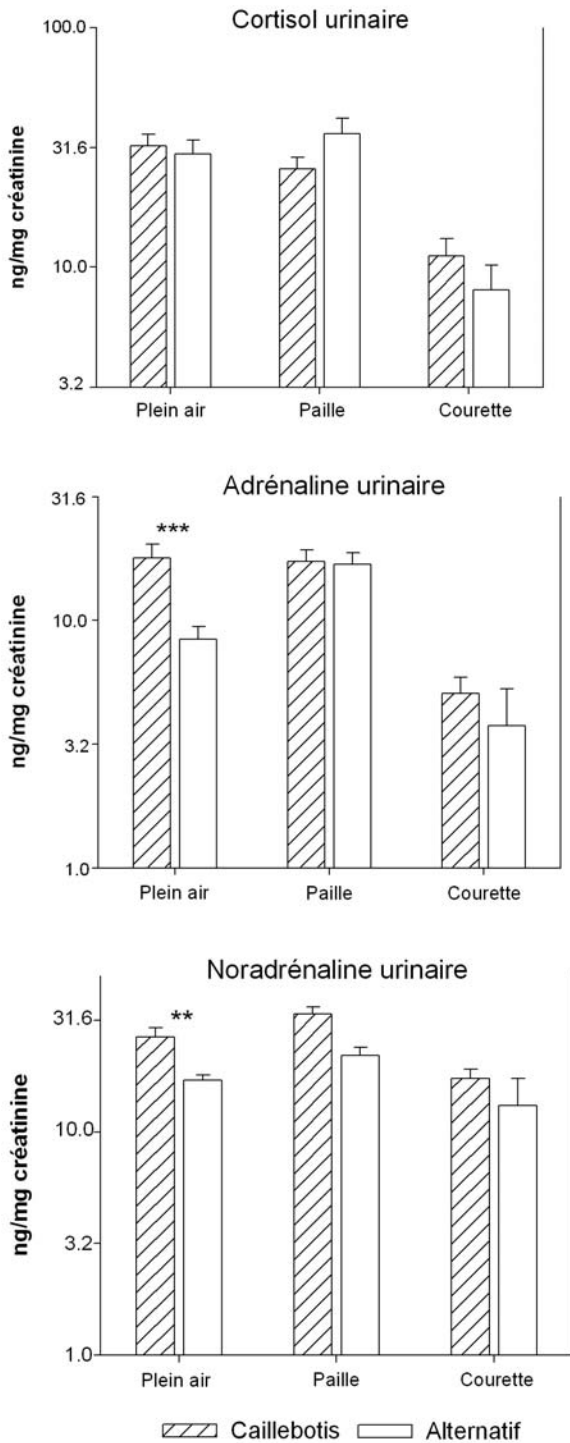
té créatine kinase (CK) chez les porcs de la comparaison paille-caillebotis, avec une activité CK plus élevée chez les hétérozygotes ( $P < 0,0001$ ) pour les deux systèmes d'élevage.

La comparaison de systèmes d'élevage montre un effet du type d'élevage sur l'activité CK plasmatique, les animaux élevés en plein air ou sur courette présentant des niveaux inférieurs à ceux observés chez leurs congénères élevés sur caillebotis, cet effet étant non significatif dans la comparaison paille-caillebotis. Les porcs en élevage alternatif ont une glycémie plus élevée que leurs témoins sur caillebotis, mais la différence n'est significative que chez les porcs plein-air. Le type d'habitat n'influence pas le taux de lactate ou de cortisol plasmatique à la saignée.

Les paramètres mesurés dans l'urine (répétition d'hiver uniquement) sont présentés dans la figure 2. Nous ne montrons pas d'influence du type d'élevage sur le taux de cortisol urinaire à l'abattage. Les teneurs en adrénaline et noradré-

ne urinaires sont inférieures chez les animaux plein air comparativement au caillebotis, mais ne sont pas significativement influencées par le type d'habitat dans les autres comparaisons.

L'analyse des corrélations 2 à 2 entre différents paramètres biologiques et des caractéristiques de carcasse montre plusieurs associations intéressantes (tableau 2). Il existe une corrélation élevée entre les teneurs en cortisol et adrénaline urinaires. La corrélation entre cortisol plasmatique et cortisol urinaire est de 0,59 ( $p < 0,001$ ) pour les porcs de la comparaison caillebotis-paille, mais elle est non significative pour les autres comparaisons. Le niveau circulant de CK est très corrélé avec les hormones de stress urinaires, la corrélation la plus forte étant observée avec l'adrénaline urinaire. Le potentiel glycolytique est corrélé négativement avec les hormones de stress mesurées dans l'urine. Les valeurs de pH ultime du DM et du LL sont corrélées avec les catécholamines et le cortisol urinaires, la créatine kinase plasmatique, et le



**Figure 2** - Concentrations de cortisol, adrénaline et noradrénaline dans l'urine prélevée dans les vessies à l'éviscération. Mode d'élevage alternatif vs. caillebotis : \*\* =  $P < 0,01$  ; \*\*\* =  $P < 0,001$

potentiel glycolytique du DM (DM :  $r = -0,75$  ;  $p < 0,0001$  ; LL :  $r = -0,64$  ;  $p < 0,0001$ ). Les teneurs musculaire et plasmatique de lactate sont corrélées positivement entre elles ( $r = 0,50$  ;  $p < 0,0001$ ) et toutes deux négativement avec le pH1 du DM (plasma :  $r = -0,37$  ;  $p < 0,0001$  ; muscle DM :  $r = -0,69$  ;  $p < 0,0001$ ). Les taux de lactate plasmatiques sont corrélés positivement avec l'adrénaline urinaire ( $r = 0,24$  ;  $p < 0,01$ ) et les griffures ( $r = 0,22$  ;  $p < 0,05$ ). Enfin, nous observons des

corrélations significatives entre le nombre des griffures sur la carcasse et le pH ultime du LL et du DM, l'activité créatine kinase plasmatique et le taux d'adrénaline urinaire (tableau 2).

### 3. DISCUSSION

Nos travaux montrent que, comparativement au mode d'élevage conventionnel sur caillebotis, l'élevage alternatif, en particulier en plein air ou sur paille, influence de nombreux paramètres physiologiques musculaires, sanguins et urinaires, qui permettent d'expliquer les variations de qualité de la viande rapportées par CHEVILLON et al (2005). Concernant le métabolisme musculaire, nous montrons que l'élevage plein air ou sur paille modifie la physiologie du muscle vers un métabolisme plus oxydatif, surtout lorsque les animaux sont élevés en hiver. Ces observations sont en accord avec les résultats de GENTRY et al (2004) sur le muscle DM et de BEE et al (2004) sur le muscle *Longissimus*, qui rapportent une augmentation du pourcentage de fibres IIA ou oxydo-glycolytiques rapides, aux dépens des IIB/X ou glycolytiques, chez des porcs élevés en système extensif sur pâture.

Comme attendu, le pH ultime est négativement corrélé avec la teneur en glycogène à l'abattage (MONIN, 1988), estimée ici par le potentiel glycolytique *post-mortem*. L'élevage sur courette testé ici n'influence pas le potentiel glycolytique du muscle *post-mortem*, en accord avec LEBRET et al (2002) sur une comparaison similaire de types d'habitat. Les niveaux moyens de PG des animaux élevés sur courette et de leurs témoins sur caillebotis sont assez élevés, de l'ordre des niveaux supérieurs observés dans les autres comparaisons. Ceci peut être dû au génotype des animaux, différent dans la comparaison courette-caillebotis (porcs issus de verrats de lignée synthétique) par rapport aux deux autres élevages (porcs issus de verrats Large White x Piétrain).

Dans nos conditions expérimentales, les porcs issus de l'élevage plein air ou sur paille avaient, à l'abattage, un niveau supérieur des réserves musculaires en glycogène par rapport à l'élevage conventionnel, en particulier pendant la saison d'hiver. Des observations similaires ont été rapportées par ENFALT et al (1997) et TERLOUW et al (2004) sur le muscle *Longissimus*, et LEBRET et al (2004) sur le muscle DM de porcs élevés en plein air ou sur litière avec aire extérieure. Les différences dans l'actuelle étude peuvent s'expliquer par des réserves déjà supérieures en élevage, ou par une moindre consommation de glycogène pendant la période de pré-abattage chez les porcs élevés en plein air ou sur paille.

La première hypothèse est étayée par les niveaux de glycémie et cortisolémie plus faibles à l'abattage, chez les animaux sur caillebotis que les animaux en logement alternatif. Ces différences peuvent exprimer des réserves musculaires et hépatiques en glycogène plus basses, déjà en élevage. Cet effet peut s'expliquer par une température ambiante moyenne beaucoup plus basse en logement alternatif qu'en bâtiment sur caillebotis, la diminution de température ambiante conduisant à une augmentation du niveau basal de cortisol et de glycémie (MARPLE et al 1972).

La deuxième hypothèse suggère une moindre consommation en glycogène qui peut être liée aux moindres degrés de mélange et de combats chez les porcs élevés en plein air ou sur paille (CHEVILLON et al 2005). Pendant l'heure suivant leur arrivée à l'abattoir, les porcs élevés en plein air ou sur litière se montraient moins agressifs que leurs congénères élevés sur caillebotis, surtout pour les séries d'hiver (13 vs 45 agressions de plus de 5 s entre deux porcs pendant la première heure suivant l'arrivée à l'abattoir, pour les groupes plein air et témoin caillebotis ; 71 vs 180 agressions pour les groupes paille et témoin caillebotis ; 32 vs 70 agressions pour les groupes courette et témoin caillebotis, respectivement). Le nombre moyen de griffures de plus de 3 cm relevées sur les carcasses était inférieur chez les porcs élevés en plein air ou sur paille, comparativement à leurs témoins respectifs sur caillebotis (CHEVILLON et al, 2005). Les données physiologiques (activité CK plasmatique, catécholamines urinaires) expriment également une plus forte activité et/ou des niveaux de stress plus élevés chez les animaux logés sur caillebotis. Des différences de niveaux d'activité physique peuvent ainsi expliquer les fortes corrélations entre l'activité créatine kinase plasmatique, les niveaux urinaires de cortisol et catécholamines d'une part, et le potentiel glycolytique (corrélation négative) et le pHu (corrélation positive), d'autre part (FOURY et al, 2004). Dans le cas présent le moindre degré de mélange explique sans doute, au moins en partie, le moindre degré d'activité physique ou de stress. D'autres études montrent une moindre agressivité pendant le mélange chez des porcs élevés à l'extérieur ou avec accès à une courette (TERLOUW et al, 2004 ; BARTON-GADE, 2004) pouvant conduire à des taux de glycogène musculaire à l'abattage plus élevés. De même, dans la présente étude, à taux de mélange équivalents (comparaison courette-caillebotis), les porcs du système alternatif (répétition d'hiver) présentent un comportement moins agressif, moins de griffures sur carcasses (9,4 vs 19,0 pour les lots courette et caillebotis, respectivement,  $P < 0,05$ ), et une activité créatine kinase plasmatique inférieure, indiquant un

niveau d'activité physique et/ou de stress inférieur chez ces animaux pendant la phase d'attente à l'abattoir.

Les corrélations positives entre les notes de griffures, les taux d'adrénaline urinaire et les taux de lactate musculaire *post-mortem* traduisent sans doute les effets physiques et physiologiques des combats pendant les mélanges et sont en accord avec les résultats de TERLOUW et al (2001) et BERNE et al (2004).

Une activité physique élevée et/ou un état de stress important des porcs immédiatement avant l'abattage (conduite à l'anesthésie) accroît l'activité ATPasique du muscle *post-mortem*, provoquant une glycogénolyse et une acidification plus rapides, se traduisant par un taux de lactate musculaire élevé dans l'heure qui suit l'abattage, et un pH1 plus bas (MONIN, 1988 ; TERLOUW, 2002). L'absence d'effet significatif du mode d'élevage sur le pH1 (CHEVILLON et al 2005) et sur la teneur en lactate musculaire (sauf pour la comparaison plein air d'été - caillebotis) indique que, dans nos conditions expérimentales, le type d'élevage n'influence généralement pas la réactivité au stress des porcs dans la phase précédant immédiatement l'abattage. Des résultats similaires ont été rapportés par GEVERINK et al (1999) et LEBRET et al (2004).

Enfin, même si notre travail visait en premier lieu une comparaison de types d'habitat intra-élevage, nous observons des différences entre élevages sur différents critères biologiques. Notamment, nos résultats montrent que les animaux des comparaisons courette-caillebotis présentent, à l'abattage, les niveaux les plus faibles des indicateurs de stress/activité physique (CK plasmatique, cortisol et catécholamines urinaires). Ces différences peuvent s'expliquer par des différences génétiques (animaux issus de verrats P76 NN vs animaux issus de verrats LW x P (Nn)) ou par des variations dans les conduites d'élevage et/ou d'abattage. Des études complémentaires restent à entreprendre, afin de discerner les effets propres du

**Tableau 2** - Coefficients de corrélation (Pooled Pearson) et seuil de signification entre variables physiologiques, caractéristiques musculaires et griffures relevées sur carcasse (NS=non significatif).

Adrénaline urinaire Noradrénaline urinaire Créatine kinase plasmatique	Cortisol urinaire	Adrénaline urinaire	Noradrénaline urinaire
	0,37 ; $p < 0,001$		
	NS	0,75 ; $p < 0,0001$	
	NS	0,53 ; $p < 0,0001$	0,42 ; $p < 0,0001$
Cortisol urinaire Adrénaline urinaire Noradrénaline urinaire Créatine kinase plasmatique	Potentiel glycolytique	pH ultime LL	pH ultime DM
	-0,25 ; $p < 0,03$	0,28 ; $p < 0,01$	0,24 ; $p < 0,01$
	-0,38 ; $p < 0,001$	0,61 ; $p < 0,0001$	0,67 ; $p < 0,0001$
	-0,37 ; $p < 0,001$	0,52 ; $p < 0,0001$	0,62 ; $p < 0,0001$
	NS	0,44 ; $p < 0,0001$	0,41 ; $p < 0,0001$
pH ultime LL pH ultime DM Adrénaline urinaire Créatine kinase plasmatique		Griffures	
		0,43 ; $p < 0,0001$	
		0,38 ; $p < 0,0001$	
		0,35 ; $p < 0,001$	
		0,42 ; $p < 0,0001$	

type génétique et de la conduite des animaux sur la réactivité comportementale des porcs pendant les phases pré-abattage, en fonction de leur mode d'élevage.

## CONCLUSION

Les principales différences physiologiques en rapport avec le type d'élevage ont été observées dans la comparaison plein air vs caillebotis. Cependant, lorsqu'elles sont significatives, les différences observées sur les autres sites d'élevage (paille ou courette vs caillebotis) vont dans le même sens. La physiologie musculaire est orientée vers un métabolisme plus oxydatif et un potentiel glycolytique plus élevé qui aboutit à un pH ultime de la viande plus faible. L'un des facteurs explicatifs de ces différences semble être une plus faible activité physique dans la période qui précède l'abattage, ainsi qu'en témoignent les taux inférieurs de créatine kinase circulante et de

catécholamines urinaires et le plus faible nombre de griffures sur la carcasse des porcs élevés en système alternatif (en particulier en plein air, ainsi que sur courette), comparativement au caillebotis. Plusieurs études antérieures ont montré les effets propres et interactifs du type génétique, du mode d'élevage et de la conduite des porcs pendant les phases pré-abattage sur les réactivités comportementale et physiologique et sur les qualités des viandes (GEVERINK et al, 1999 ; TERLOUW, 2002 ; BARTON-GADE, 2004 ; BERNE et al, 2004 ; TERLOUW et al, 2001, 2004, 2005). Il conviendra d'étendre ces connaissances aux types génétiques et aux modes d'élevage utilisés dans la présente étude.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Association de Coordination Technique Agricole (ACTA) pour son soutien financier.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARTON-GADE P., 2004. Proc. EU Workshop "Sustainable Pork Production : Welfare, Quality, Nutrition and Consumer Attitudes", Copenhagen, Danemark, 17-18/06. Pp 102-112.
- BEE G., GUEX G., HERZOG W., 2004. J. Anim. Sci., 82, 1206-1218.
- BERNE A., ASTRUC T., HAYE E., TERLOUW C., 2004. 10<sup>èmes</sup> JSMTV, Rennes, 25-26/10/2004.
- CHEVILLON P., VAUTIER A., GUILLARD A.S., GILBERT E., LEBRET B., HOUIX Y., BOULARD J., BOUYSSIERE M., FLEHO J.Y., FOURY A., MORMEDE P., TERLOUW C., ASTRUC T., 2005. Journées Rech. Porcine, XXXXXXXXXXXXX.
- DÉSAUTÉS C., BIDANEL J.P., MORMEDE P., 1997. Physiol Behav., 62, 337-345.
- ENFÄLT A.C., LUNDSTRÖM K., HANSSON I., LUNDEHEIM N., NYSTRÖM P.E., 1997. Meat Sci., 45, 1-15.
- FOURY A., DEVILLERS N., SANCHEZ M.P., GRIFFON H., LE ROY P., MORMEDE P., 2004. Meat Sci., sous presse.
- GENTRY J.G., McGLONE J.J., MILLER M.F., BLANTON Jr J.R., 2004. J. Anim. Sci., 82, 209-217.
- GEVERINK N.A., DE JONG I.C., LAMBOOIJ E., BLOKHUIS H.J., WIEGANT V.M., 1999. Can. J. Anim. Sci., 79, 285-291.
- HAY M., MORMEDE P., 1997a. J.Chromatogr.B, 702, 33-39.
- HAY M., MORMEDE P., 1997b. J.Chromatogr.B, 703, 15-23.
- CHEVILLON P., 2002. Meat Sci., 62, 447-455.
- N., ROBIN P., HASSOUNA M., CARIOLET R., DOURMAD J.Y., 2004. Journées Rech. Porcine, 36, 53-62.
- MARPLE D.N., ABERLE E.D., FORREST J.C., BLAKE W.H., JUDGE M.D., 1972. J. Anim. Sci., 34, 809-812.
- MONIN G., 1988. Journées Rech. Porcine en France, 20, 201-214.
- MONIN G., SELLIER P., 1985. Meat Sci., 13, 49-63.
- SAS, 1999. SAS User's Guide : Statistics. SAS Inc. Cary, NC, USA.
- TERLOUW E.M.C., 2002. Prod. Animales, 15, 125-133.
- TERLOUW C., LUDRIKS A., SCHOUTEN VAESSEN S., FERNANDEZ X., ANDANSON S., PERE M.C., 2001. Viandes Prod. Carnés 22 :127-136.
- TERLOUW E.M.C., ASTRUC T., MONIN G., 2004. Proc. EU Workshop "Sustainable Pork Production : Welfare, Quality, Nutrition and Consumer Attitudes", Copenhagen, Danemark, 17-18/06. 13 Pp.
- TERLOUW E.M.C., PORCHER, J. FERNANDEZ, X. 2005. J. Anim. Sci., sous presse.