

Influence de la race et du mode de logement sur la sécrétion de cortisol, l'immunité et la santé des porcs à l'engrais

Elodie MERLOT (1,2), Françoise THOMAS (1,2), Anne-Marie MOUNIER (1,2), Jean-Yves DOURMAD (1,2),
Bénédicte LEBRET (1,2), Armelle PRUNIER (1,2)

(1) INRA, UMR1079 SENAH, F-35590 Saint-Gilles, France

(2) Agrocampus Ouest, UMR1079 SENAH, F-35000 Rennes, France

elodie.merlot@rennes.inra.fr

Influence de la race et du mode de logement sur la sécrétion de cortisol, l'immunité et la santé des porcs à l'engrais

Si l'on sait que les conditions de logement et la race influencent le bien-être et la santé des porcs en modulant l'activité comportementale, endocrinienne ou encore la fonction immunitaire, les interactions entre le génotype et l'environnement sont moins prédictibles. Dans cette étude, l'effet de deux modes de logement contrastés (sol caillebotis *versus* sol litière avec courette extérieure) a été testé chez deux génotypes (race locale Basque et Large-White). Les animaux sont entrés en expérience à 35 kg de poids vif (PV). Les niveaux de cortisol, de protéines inflammatoires de la phase aigüe et d'immunoglobulines, la numération sanguine et la prolifération lymphocytaire ont été mesurés à environ 100 kg PV. Le cortisol salivaire a été déterminé au cours de l'engraissement et une semaine avant l'abattage. A l'abattage, le cortisol et l'ACTH sanguins ont été dosés, et les viscères ont subi un examen clinique. En engraissement, l'interaction génotype x logement a été ($P < 0,05$) ou a tendu à être ($P < 0,10$) significative pour les mesures immunitaires (immunoglobulines circulantes, formule sanguine, prolifération lymphocytaire). A l'abattage, l'interaction affectait le cortisol salivaire, l'haptoglobine, le nombre de lésions cutanées et la sévérité des ulcères gastriques. Le plus souvent, les porcs Large-White étaient plus sensibles aux effets du mode de logement que les porcs Basque. Cette étude souligne aussi que des critères biologiques variés doivent être utilisés pour préciser l'influence du mode de logement sur le bien-être et la santé des porcs, puisque l'effet environnemental ne s'exprime pas au niveau des mêmes variables biologiques selon le génotype considéré.

Influence of breed and housing on cortisol secretion, immunity and health of fattening pigs

The influence of housing conditions and breed on pig welfare and health are known to modulate behavioural and endocrine activity, as well as immune function, but the interactions between genotype and environment are less predictable. In this study, the effect of housing (slatted floor *versus* deep litter with access to an outdoor area) was evaluated in two breeds of pigs (the local Basque and Large-White breeds). Animals entered the experience at 35 kg of live weight. Levels of cortisol, acute phase inflammatory proteins and immunoglobulins, blood formula and lymphocyte proliferation were measured at approximately 100 kg of live weight. Salivary cortisol was also determined during the growing-finishing period and one week before slaughter. At slaughter, blood cortisol and ACTH were determined and viscera were examined. During the growing period, the genotype x environment interaction was ($P < 0,05$) or tended to be ($P < 0,10$) significant for immune measures (immunoglobulins, lymphocyte proliferation, white blood cell counts). At slaughter, the interaction affected salivary cortisol, haptoglobin, the number of skin lesions and the severity of gastric ulcers. Generally, Large-White pigs were more sensitive to housing conditions than Basque pigs. This study also points out that various biological variables must be used to assess the influence of housing on pig welfare and health, since the biological variables affected by housing conditions are different among breeds of pigs.

INTRODUCTION

Depuis les années 1960, les performances des porcs n'ont cessé d'augmenter grâce à la sélection génétique et à la modification de la conduite, avec un contrôle de plus en plus poussé de l'alimentation, du logement et de l'état sanitaire. La sélection a permis notamment l'augmentation de la vitesse de croissance et la réduction du dépôt de tissu gras au profit du tissu musculaire. C'est ainsi que le ratio lipides/protéines corporelles à l'âge adulte a été réduit par 4 en 40 ans et que la vitesse maximale de dépôt de tissus protéiques des porcs en croissance est passé de plus de 100 g/jour à près de 250 g/jour (Knap et Raw, 2008). Cette sélection pour des niveaux de production très élevés semble s'accompagner d'une diminution de la capacité des animaux à mobiliser leurs ressources internes pour réagir à des challenges environnementaux ou infectieux (Beilharz *et al.*, 1993; Rauw *et al.*, 1998). Ils deviendraient ainsi plus fragiles aux agressions (pathogène, variation brusque de la température...), et ce d'autant plus que les conditions environnementales et sanitaires s'écarteraient de celles dans lesquelles ils ont été sélectionnés. Ceci suppose l'existence d'une interaction forte entre le milieu d'élevage et le génotype. Cependant, cette interaction a finalement été très peu étudiée au plan expérimental, notamment chez le porc. Notre objectif est donc de comparer deux races contrastées génétiquement au niveau de deux composantes essentielles de la capacité des animaux à réagir aux challenges de l'environnement, l'axe corticotrope et le système immunitaire. La race Large-White a été choisie comme race sélectionnée sur les performances de croissance et la race Basque comme race rustique à croissance lente et à forte adiposité. Un habitat conventionnel (claustration, sol en caillebotis) a été comparé à un habitat enrichi (loge sur litière de sciure de bois avec accès extérieur).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Animaux et procédures expérimentales

Des porcs mâles castrés de races Basque (B, n=40) et Large-White (LW, n=40) ont été élevés dans l'élevage expérimental de l'UMR SENAH, en deux répétitions successives. A 35 kg de poids vif (PV), soit 4 mois d'âge pour les Basques et 3 mois d'âge pour les LW, les animaux issus de 10 portées par race étaient répartis dans deux groupes (n=10 porcs) et placés en mode de logement conventionnel (« C » ; claustration, sol en caillebotis béton, 1.0 m²/porc, température contrôlée à 22°C) ou alternatif (« Lit » ; litière de sciure de bois, 1.3 m²/porc, accès à une aire extérieure couverte de 1.1 m²/porc, température non contrôlée). Les porcs ont reçu un aliment standard de « croissance » (de 35 à 70 kg PV) puis de « finition » (de 70 kg PV à l'abattage). L'alimentation des porcs des deux génotypes était plafonnée à 2,5 kg/j/porc jusqu'à 110 kg PV puis à 3,0 kg /j/porc de 110 à 145 kg PV, afin d'obtenir des poids et dates d'abattages similaires entre races. L'accès à l'eau était non limité.

Les animaux ont été immunisés contre la DNP-keyhole limpet hémocianine (KLH, Merck, Nottingham, UK) en recevant une injection en milieu de période d'engraissement (PV: 89 kg pour les B, 103 kg pour les LW), suivie d'un rappel administré selon la même procédure trois semaines plus tard. La KLH (2,5 mg / porc), diluée dans 1 ml de solution saline, était couplée à 1ml d'adjuvant Montanide ISA 206 (SEPPIC, Paris, France). A 145 kg

de PV (soit 230 et 315 jours d'âge en moyenne pour les LW et les B respectivement), après 16 h de jeûne, les porcs ont été transportés pendant 2 heures, suivies de 3 heures de temps d'attente, puis abattus.

1.2. Prélèvements et mesures

Du sang a été collecté à la veine jugulaire 10 jours après la seconde injection de KLH, sur héparine sodium pour les proliférations lymphocytaires, sur EDTA pour les numérations sanguines et les dosages du cortisol, de l'ACTH et de l'haptoglobine, sur tubes secs pour les dosages des anticorps et de la pig MAP. A l'abattage, des échantillons de sang ont été collectés sur EDTA pour les dosages des hormones et de l'haptoglobine, sur tubes secs pour la Pig MAP, et de l'exsudat de muscle (jus de viande) pour le dosage de la pig MAP et de l'haptoglobine.

Des prélèvements de salive ont été réalisés à l'aide de salivettes le jour précédant la prise de sang (répétition 2 uniquement) et une semaine avant l'abattage (dans les deux répétitions). Chaque jour, quatre échantillons par porc ont été collectés (7, 11, 15 et 19h).

A l'abattage, l'état de santé des animaux a été évalué par un examen clinique. Les lésions cutanées ont été dénombrées sur la carcasse après échaudage. La présence de pleurésie et de péricardite a été relevée. Une note d'ulcération de l'estomac a été attribuée, variant de 0 (muqueuse normale et lisse) à 6 (muqueuse totalement érodée) et 7 (ulcère cicatrisé ; Henry *et al.*, 1970). Une note évaluant les lésions des poumons est calculée en sommant les notes attribuées à chacun des lobes pulmonaires selon l'ampleur de la surface de consolidation (de 0: pas de lésion à 4: totalité du lobe consolidé; Madec et Kobisch, 1982). Une note de lésion du groin est calculée en sommant les notes attribuées aux volutes selon leur atrophie (de 0: pas de lésion à 4: disparition de la volute) et à la cloison nasale selon sa déviation (de 0: pas de déviation à 2: déviation sévère), d'après Kobisch *et al.* (1994).

1.3. Dosages sanguins

Le cortisol plasmatique a été mesuré par dosage radio-immunologique à l'iode 125 (Immunotech, Prague, République Tchèque) dans le plasma, et par immuno-luminescence (LIA, IBL, Hamburg, Germany) dans la salive. Les seuils de détermination respectifs des dosages sont de 8 ng/mL et 2,1 ng/ml. Les coefficients de variation (CV) intra et inter essais étaient de 4,3 et 5% pour le cortisol plasmatique, et de 3,5 et 6,8% pour le cortisol salivaire. L'ACTH plasmatique a été mesurée avec le kit ELISA de Biomerica (Newport Beach, Californie), dont le seuil de quantification est de 8 pg/mL.

Les protéines de la phase aiguë haptoglobine et pig MAP ont été dosées à l'aide de kits commerciaux (Ridascreen haptoglobine, R-Biopharm AG, Darmstadt, Allemagne et PigMAP kit ELISA, PigCHAMP Pro Europa, Ségovie, Espagne).

Les teneurs en immunoglobulines G (IgG) totales et IgG anti-KLH ont été dosées par ELISA selon des méthodes décrites précédemment (Couret *et al.*, 2007 et 2009).

1.4. Numération sanguine et prolifération lymphocytaire

Les formules sanguines ont été déterminées avec un hématomètre MS-9 (Melet Schloesing).

Pour le test de prolifération lymphocytaire, les cellules mononucléées sanguines ont été isolées sur gradient de ficoll

(Sigma-Aldrich). Dans des plaques de 96 puits (volume final de 150µl/puits), les cellules (0,5 millions/puits) ont été stimulées par ajout de concanavaline A (ConA à 1,5 µg/mL), de lipopolysaccharide (LPS à 6,25 µg/mL), de KLH (10µg/mL) ou de milieu de culture (RPMI 1640 avec 10% de SVF, 1% de streptomycine/pénicilline et 1% de L-glutamine). Après 68 heures d'incubation, 10 µl de MTT (0,5 µg/mL) ont été ajoutés et, au bout de 4 heures supplémentaires, 100µl d'une solution de HCl à 0,01 mol/L et 10% de SDS. Après une nuit d'incubation, la densité optique (DO) est lue à 550 nm contre 630 nm (Multiskan Spectrum, ThermoLabsystems). La DO est proportionnelle à la quantité de cellules présentes dans les puits.

1.5. Statistiques

Les données immunitaires et endocriniennes ainsi que les notes données à l'examen clinique ont été traitées par analyse de variance à l'aide de la procédure Mixed du logiciel SAS. Afin de respecter l'égalité des variances entre les groupes, certaines variables ont subi une transformation logarithmique (cortisol et d'ACTH plasmatiques) ou racine carrée (cortisol salivaire). De plus, l'analyse du cortisol salivaire a été réalisée sur la moyenne des quatre prélèvements journaliers. L'analyse incluait les facteurs génotype (G), mode de logement (L), répétition et l'interaction G x L. Le seuil de significativité a été fixé à 0,05 pour les facteurs principaux et à 0,10 pour l'interaction. Le test de Bonferoni a été utilisé pour les comparaisons de moyennes deux à deux, avec un seuil de significativité fixé à 0,05. Le nombre de porcs présentant une péricardite, une pleurésie ou au moins une lésion cutanée par groupe expérimental a été analysé avec la procédure Genmod de SAS.

2. RESULTATS

2.1. Cortisol et ACTH

L'interaction génotype (G) x logement (L) a affecté les niveaux de cortisol salivaire une semaine avant l'abattage ($P < 0,05$) mais pas en milieu d'engraissement ($P > 0,1$, Tableau 1).

Avant l'abattage, les LW élevés sur caillebotis présentaient des niveaux supérieurs aux trois autres groupes ($P < 0,05$).

En engraissement, les niveaux n'étaient influencés que par le logement ($P < 0,05$), les porcs sur caillebotis présentant des concentrations de cortisol salivaire plus élevées que ceux sur litière ($P < 0,05$).

Les niveaux sanguins de cortisol et d'ACTH étaient comparables entre les quatre groupes.

2.2. Mesures immunitaires

Au stade d'abattage, l'interaction G x L était significative pour l'haptoglobine plasmatique ($P < 0,05$). Les B sur litière présentaient des niveaux supérieurs aux B sur caillebotis ($2,43 \pm 1,18$ vs $1,60 \pm 0,84$ mg/ml, $P < 0,05$), alors que les LW n'étaient pas affectés par le logement ($1,85 \pm 1,06$ mg/ml).

Le traitement n'a influencé ni les niveaux d'haptoglobine plasmatique au stade d'engraissement ($2,05 \pm 0,13$ mg/ml) et dans les jus de viande ($0,18 \pm 0,01$ mg/ml), ni les niveaux sériques de pig MAP aux stades d'engraissement ($1,56 \pm 0,10$ mg/ml) et d'abattage ($1,56 \pm 0,08$ mg/ml).

Les concentrations de Pig MAP dans les jus de viande étaient au dessous du seuil de sensibilité du dosage ($< 0,44$ mg/mL).

Tableau 1 - Concentrations de cortisol et d'ACTH (ng/ml) des porcs Basques et Large-White logés sur caillebotis (C) ou litière (Lit), et valeur de la probabilité critique P pour les effets génotype (G), logement (L) et leur interaction (G x L).

		Basques		Large-White		valeur de P (proc MIXED)		
		Lit	C	Lit	C	G x L	G	L
En milieu d'engraissement	√ cortisol salivaire	0,859	0,917	0,791	0,995	NS	NS	< 0,05
	Log cortisol sanguin	1,529	1,395	1,358	1,359	NS	NS	NS
1 sem. avant abattage	√ cortisol salivaire	0,815 ^a	0,901 ^a	0,899 ^a	1,131 ^b	< 0,05	< 0,001	< 0,001
A l'abattage	Log cortisol sanguin	1,613	1,622	1,621	1,654	NS	NS	NS
	Log ACTH sanguin	1,503	1,452	1,301	1,410	NS	NS	NS

NS : non significatif ($p > 0,05$) ; des minuscules différentes (^a, ^b) indiquent des différences significatives entre les groupes ($P < 0,05$)

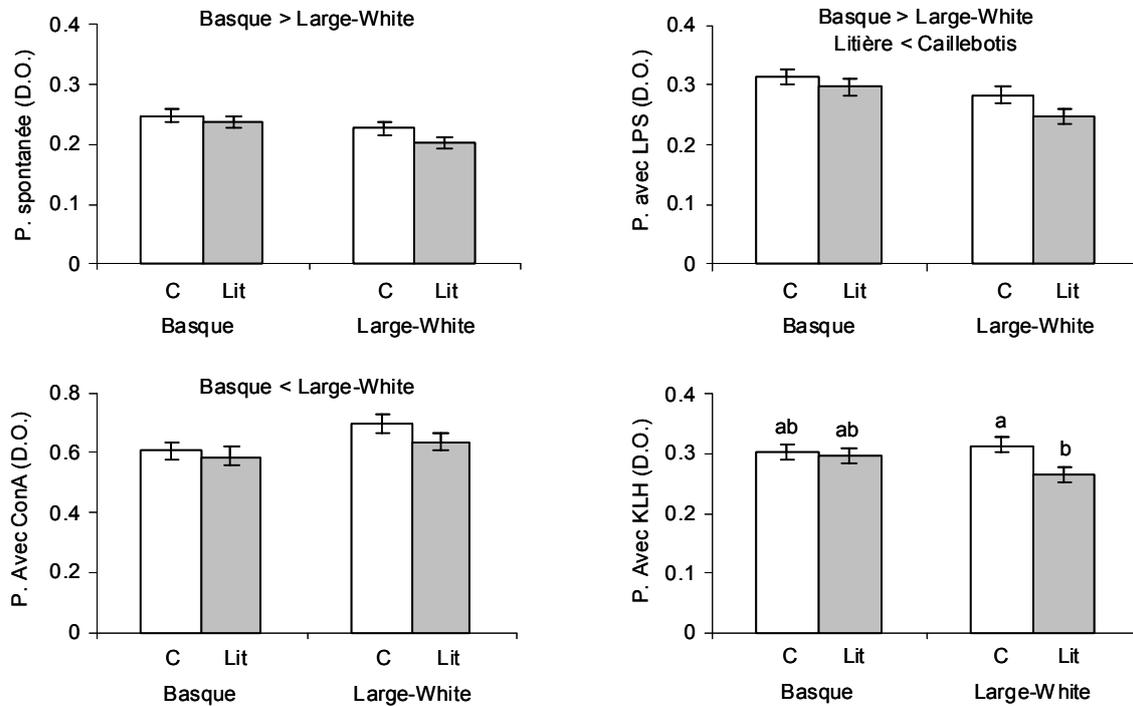


Figure 1 – Prolifération des lymphocytes sanguins des porcs Basques et Large-White logés sur caillebotis (C) ou litière (Lit), en conditions non stimulées, et en réponse au lipopolysaccharide (LPS), à la concanavaleine A (Con A) et à la KLH. Des minuscules différentes indiquent des différences significatives entre les groupes ($P < 0,05$).

La concentration sérique en IgG totales des porcs en engraissement dépendait de l'interaction G x L ($P = 0,08$) et du génotype ($P < 0,05$). Les B sur caillebotis présentaient des niveaux supérieurs d'IgG (23 ± 1 g/L) par rapport aux B sur litière (20 ± 2 g/L, $P < 0,05$) et par rapport aux LW quel que soit le type de logement (C : 17 ± 1 , Lit : 18 ± 2 g/L, $P < 0,05$). Les titres en IgG anti-KLH étaient comparables dans tous les groupes (données non présentées).

L'interaction G x L a affecté le nombre de leucocytes ($P = 0,07$) ainsi que les pourcentages de lymphocytes et de granulocytes ($P < 0,05$). Les LW sur caillebotis présentaient plus de leucocytes que les B quel que soit leur type de logement ($P < 0,05$) et les B sur caillebotis présentaient moins de leucocytes que les LW quel que soit leur type de logement ($P < 0,05$, Tableau 2). Les LW sur litière présentaient un pourcentage de lymphocytes plus élevé et de granulocytes plus bas que les trois autres groupes ($P < 0,05$). Le pourcentage de monocytes et le nombre de globules rouges différaient selon la race ($P < 0,001$), les porcs B présentant des valeurs plus élevées que les LW.

L'interaction L x G a affecté la prolifération des lymphocytes spécifiques de la KLH ($P = 0,08$, Figure 1). Au sein des LW, les porcs élevés sur caillebotis présentaient une réponse supérieure à celle des porcs sur litière. Le génotype a influencé les proliférations spontanées (B > LW, $P < 0,01$), en réponse au LPS (B > LW, $P < 0,001$) et à la Con A (B < LW, $P < 0,01$). L'effet du logement n'était significatif que pour la réponse au LPS (C > L, $P < 0,05$).

2.3. Blessures et statut sanitaire des viscères

L'interaction L x G a influencé les notes d'ulcères gastriques ($P = 0,09$) et le nombre de porcs présentant des lésions cutanées ($P < 0,05$, Tableau 3). Les LW sur caillebotis présentaient des ulcères plus sévères que les B, tous types de logement confondus ($P < 0,001$), tandis que les LW sur litière présentaient des notes intermédiaires, supérieures aux B sur caillebotis uniquement ($P < 0,05$). Pour les lésions cutanées, les B tendaient à être plus fréquemment blessés sur caillebotis que sur litière.

Tableau 2 – Numération sanguine des porcs Basques et Large-White logés sur caillebotis (C) ou litière (Lit), et valeur de la probabilité critique P pour les effets génotype (G), logement (L) et leur interaction (G x L).

	Basque		Large-White		valeur de P (proc MIXED)		
	Lit	C	Lit	C	G x L	G	L
G. B ($10^6/\text{mm}^3$)	19,0 ^{ab}	17,9 ^a	22,5 ^{b,c}	25,3 ^c	0,07	<0,001	NS
Lymphocytes (%)	57 ^a	57 ^a	66 ^b	59 ^a	0,04	<0,01	0,02
Monocytes (%)	2,6	2,4	2,1	2,1	NS	0,05	NS
Granulocytes (%)	40 ^a	40 ^a	32 ^b	39 ^a	<0,05	<0,01	<0,05
G.R. ($10^9/\text{mm}^3$)	7,44 ^a	7,46 ^a	6,77 ^{a,b}	6,82 ^b	NS	<0,001	NS

G.B : globules blancs ; G.R. : globules rouges ; NS : non significatif ($p > 0,05$) ; des minuscules différentes (^a, ^b) indiquent des différences significatives entre les groupes ($P < 0,05$).

Le logement a influencé la note de pneumonie ($P < 0,05$). Les porcs étaient plus affectés sur litière que sur caillebotis. Le génotype a influencé les rhinites ($P < 0,05$), les LW étant plus atteints que les B. Le nombre de porcs présentant une péricardite ou une pleurésie était comparable entre les groupes.

3. DISCUSSION

3.1. Effet du mode de logement

Cette étude a mis en évidence un effet du mode de logement sur des caractères indicateurs de l'activité de l'axe corticotrope et du statut immunitaire et sanitaire des porcs. Les niveaux de cortisol total circulant dans le sang n'ont pas été affectés par le mode de logement pendant la phase d'élevage et à l'abattage. En revanche, lors du prélèvement en milieu d'engraissement et une semaine avant l'abattage, les concentrations de cortisol salivaire, qui reflètent la fraction libre et biologiquement active du cortisol sanguin, étaient plus élevées chez les animaux sur caillebotis. Ce résultat témoigne de niveaux de stress supérieurs dans les loges sur caillebotis. Le mode de logement a aussi affecté l'occurrence de pneumonies. Les poumons des porcs présentaient des scores plus sévères sur litière que sur caillebotis. Ceci est probablement lié au fait que les salles avec litière comportaient un accès extérieur et n'étaient pas chauffées. La température ambiante y était donc en moyenne plus basse que dans les salles sur caillebotis, d'autant plus que les animaux ont été abattus en saison hivernale.

3.2. Effet du génotype

Le génotype a influencé la prolifération lymphocytaire, le taux d'anticorps totaux et la numération sanguine, ce qui confirme la forte dépendance génétique de ces paramètres

chez le porc (Watrang *et al.*, 2005). De plus, les B ont présenté moins de rhinites et d'ulcères que les LW, ce qui tend à confirmer que les races sélectionnées sur les performances de production présenteraient un taux de morbidité accru (Rauw *et al.*, 1998). La sécrétion de cortisol salivaire une semaine avant l'abattage a aussi été influencée par le génotype. Les races à forte adiposité présentent souvent une activité accrue de l'axe corticotrope (Désautés *et al.*, 2002) mais ici, l'inverse a été observé. Les niveaux de cortisol salivaire étaient plus élevés chez les LW que chez les B. Ceci résulte probablement d'un biais expérimental. En effet, les deux races ont reçu des apports alimentaires équivalents pour les besoins de l'étude (mesures de qualité des viandes non présentées ici). La capacité d'ingestion des LW étant supérieure à celle des B, cette contrainte pourrait avoir généré un stress important pour les LW, tandis que les B n'ont probablement pas éprouvé de frustration alimentaire.

3.3. Effet de l'interaction génotype x logement

De façon intéressante, l'interaction génotype x logement s'est révélée significative sur de nombreux caractères. Les B n'ont montré de sensibilité au mode de logement que pour les niveaux d'immunoglobulines totales en engraissement et d'haptoglobine à l'abattage. Au sein des LW, la réponse immunitaire à l'immunisation à la KLH a été affectée par le mode de logement. Les LW ont présenté une réponse cellulaire plus basse sur litière que sur caillebotis. Si le mode de logement est connu pour affecter la réponse humorale spécifique des porcs à une immunisation à la KLH, l'influence sur la réponse cellulaire n'avait jusque là jamais été démontrée (Bolhuis *et al.*, 2003 ; Kelly *et al.*, 2000).

Le mode de logement a aussi eu un impact significatif sur la numération sanguine des LW.

Tableau 3 – Lésions cutanées et état sanitaire des carcasses à l'abattage des porcs Basques et Large-White logés sur caillebotis (C) ou litière (Lit), et valeur de la probabilité critique P pour les effets génotype (G), logement (L) et leur interaction (G x L).

	Basques		Large-White		Valeur de P (Proc GENMOD)		
	Lit	C	Lit	C	G x L	G	L
Nbre lésions	1 ^t	5 ^t	4	2	< 0,5	NS	NS
Nbre péricardites	2/20	2/20	1/19	0/20	NS	NS	NS
Nbre pleurésies	2/20	1/20	1/19	1/20	NS	NS	NS
Pneumonie (score 0-28)	5,6	4,5	6,3	2,5	NS	NS	< 0,05
Rhinite (score 0-18)	3,5	2	4,5	4,2	NS	< 0,05	NS
Ulcère (score 0-7)	2,6 ^{a,b}	2,5 ^a	3,8 ^{b,c}	4,8 ^c	0,096	< 0,001	NS

NS : non significatif ($p > 0,05$; des minuscules différentes (^a, ^b, ^c) indiquent des différences significatives entre les groupes ($P < 0,05$); t : indique des différences en tendance ($0,05 < P < 0,10$).

Les porcs sur caillebotis présentaient une proportion de lymphocytes et une proportion accrue de granulocytes.

Or, chez le porc comme chez bien d'autres espèces, une augmentation de la proportion de granulocytes au détriment des lymphocytes est un marqueur de stress (Puppe *et al.*, 1997). Les LW ont donc probablement perçu l'environnement sur caillebotis de façon plus négative que celui avec litière et courette.

Chez les B, les ratios de lymphocytes et de granulocytes n'étaient pas affectés par le logement.

Enfin, une interaction G x L significative a été trouvée pour les ulcères. Les LW sur caillebotis présentaient des scores d'ulcères bien plus élevés que les B, les LW sur litière se situant à un niveau intermédiaire. Ce dernier résultat est probablement à mettre en relation avec les niveaux de cortisol salivaire élevés chez les LW sur caillebotis en fin d'expérience. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que la restriction alimentaire des LW en fin d'engraissement aurait généré un stress encore plus marqué sur caillebotis, en raison de l'absence de substrat pour pallier la frustration alimentaire (Le Gall *et al.*, 2009).

CONCLUSION

Cette étude montre que la réponse des porcs à un environnement donné dépend fortement de leur génotype. La race LW, sélectionnée sur ses performances de croissance, semble plus sensible que la race Basque, plus rustique, à des variations environnementales telles que le mode de logement. D'un point de vue méthodologique, cette étude souligne l'intérêt d'utiliser des critères biologiques variés pour préciser l'influence du mode de logement sur le bien-être et la santé des porcs, puisque l'effet environnemental ne s'exprime pas au niveau des mêmes variables selon le génotype considéré.

REMERCIEMENTS

Merci à M. Génissel, M. Lefèbre, H. Demay, B. Carissant, P. Touanel et M. Alix de l'UMR SENAH pour leur aide à l'élevage et à l'abattoir.

Nous remercions la filière Porc Basque pour la fourniture des animaux et la société SEPPIC pour celle de l'adjuvant Montanide.

Cette étude a été financée par l'INRA et la Communauté Européenne (Projet Intégré Q-PORKCHAINS FOOD-CT-2007-036245, 6^{ème} PCRD).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Beilharz R.G., Luxford B.G., Wilkinson J.L., 1993. Quantitative genetics and evolution – is our understanding of genetics sufficient to explain evolution. *J. Anim. Breeding and Genetics*, 110, 161-170.
- Bolhuis J.E., Parmentier H.K., Schouten W.G.P., Schrama J.W., Wiegant V.M. 2003. Effects of housing and individual coping characteristics on immune responses of pigs. *Physiol. Behav.*, 79, 289-296.
- Couret D., Prunier A., Otten W., Puppe B., Meunier-Salaün M.-C., Mounier A.-M., Lefèbre M., Merlot E. 2007. Conséquences d'une instabilité sociale chronique sur le bien-être des truies gestantes: réponses comportementales, endocriniennes et immunitaires. *Journées Rech. Porcine*, 39, 63-68.
- Couret D., Jamin A., Kuntz-Simon G., Prunier A., Merlot E. 2009a. Maternal stress during late gestation has moderate but long-lasting effects on the immune system of the piglets. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 131, 17-24.
- Désautés C., Bidanel J.-P., Milan D., Lannuccelli N., Amigues Y., Bourgeois F., Caritez J.C., 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.
- Henry Y., Dauloudet C., Kerisit R., Lefeuvre P., Gaye A., Denechaud M.F., Bourdon D. (1970). Effets nutritionnels de l'incorporation de cellulose purifiée dans le régime du porc en croissance-finition. III-Incidence sur le développement des ulcères gastro-oesophagiens. *Ann. Zootech.*, 19, 117-141.
- Kelly, H.R.; Bruce, J.M.; Edwards, S.A.; English, P.R.; Fowler, V.R. 2000. Limb injuries, immune response and growth performance of early-weaned pigs in different housing systems. *Anim. Sci.*, 70, 73-83.
- Knap P.W. et Raw W.M. Selection for high production in pigs, dans "Resource allocation theory applied to farm animal production", 2008. éd. Wendy et Rauw, CAB International 2009.
- Kobisch M., Jacques M., Labbé A., Morvan P., Bélanger M., Dugal F. 1994. La rhinite atrophique du porc. Rôle de la capsule de *Pasteurella multocida* dans l'induction des lésions nasales. *Journées Rech. Porcine*, 26, 37-40.
- Le Gall M., Montagne M., Meunier-Salaün M.-C., Noblet J. 2009. Valeurs nutritives des fibres, conséquences sur la santé du porcelet et le bien-être de la truie. *Prod. Anim.* 22, 17-23.
- Madec F., Kobisch M. 1982. Bilan lésionnel des poumons de porcs charcutiers à l'abattoir. *Journées Rech. Porcine*, 14, 405-412.
- Puppe B., Tuchscherer M., Tuchscherer A. 1997. The effect of housing conditions and social environment immediately after weaning on the agonistic behaviour, neutrophil/lymphocyte ratio, and plasma glucose level in pigs. *Livestock Prod Sci*, 48, 157-164.
- Rauw W.M., Kanis E., Noo-Stassen E.N. et Grommers F.J. 1998. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals, a review. *Livestock prod. Sci.*, 56, 15-33.
- Watrang E., Almqvist M., Johansson A.K., Fossum C., Wallgren P., Pielberg G., Andersson L., Edfors-Lilja I. 2005. Confirmation of QTL on porcine chromosomes 1 and 8 influencing leukocyte numbers, haematological parameters and leukocyte function. *Anim. Genet.*, 36, 337-345.