

Les porcs affichent leurs préférences vis-à-vis du type de sol en fonction de la température ambiante

Edwige DUCREUX (1), Brahim ALOUI (2), Paul ROBIN (2), Jean-Yves DOORMAD (1),
Valérie COURBOULAY (3), Marie-Christine MEUNIER-SALAÜN (1)

(1) I.N.R.A., Unité Mixte de Recherches sur le Veau et le Porc - 35590 Saint-Gilles.

(2) I.N.R.A., Unité Mixte de Recherches Sol-Agronomie-Spécialisation - 65 rue de Saint-Brieuc - 35042 Rennes

(3) I.T.P., Pôle Technique d'Élevage BP 3, 35651 Le Rheu

Avec la collaboration technique de M. Lefebvre, P. Perrin, G. Reuzeau, P. Touanel.

Les porcs affichent leurs préférences vis-à-vis du type de sol en fonction de la température ambiante

L'enrichissement du milieu de vie des porcs est une voie d'amélioration de leur bien-être, considérée dans l'évolution des textes réglementaires. Cette étude éthologique, conduite sur 16 groupes de 6 porcs (70 kg), vise à préciser les préférences des animaux vis-à-vis de trois types de sol (litière: L; béton nu: B; caillebotis béton: C) offerts en libre choix au sein de la même loge. Le choix est analysé en fonction de la température ambiante fixée à un niveau faible (18°C) ou élevé (27°C). Les activités majeures au cours du nyctémère sont le repos (70 % du temps) et l'investigation (20 %). La litière est privilégiée dans les comportements d'investigation, quelle que soit la température (62 % du total des relevés de l'activité). A 18°C les porcs se reposent préférentiellement sur la litière (71% du total du repos contre 12 % à 27°C) et sur les sols caillebotis ou béton nu à 27°C (44 % contre 15% à 18°C). Les animaux au repos adoptent significativement plus fréquemment la posture ventrale au froid (66 % du repos contre 34 % en «latéral») et la posture latérale au chaud (55 % contre 44 % en «ventral»). Les porcs structurent leur espace de vie en différenciant des zones de repos et de déjections, qui ne sont pas les mêmes aux deux températures. Ces résultats illustrent l'interaction existant entre la nature du sol et les conditions d'ambiance sur les choix exprimés. Ils soulignent la nécessaire prudence quant à l'élaboration de normes européennes de logement qui devraient tenir compte des spécificités thermiques saisonnières et géographiques.

Ambient temperature influences the choice made by pigs for certain types of floor

Enriching the environment of pigs is a way in which to improve welfare and it is used when legislation is formulated. An ethological study was carried out to determine the preference for one of three types of floor (litter: L; concrete: B; slatted: C), offered as free choice within the same pen. Sixteen groups of 6 growing pigs (70 kg) were used. The choices made by the pigs were analysed according to ambient temperature; low (18°C) or high (27°C), in two experimental rooms. The major activities within a 24h period were resting (70% of time) and investigation (20%). The pigs preferred the litter flooring during the time spent investigating, whatever the ambient temperature (62% of total time of investigation). Pigs reared at 18°C preferred to rest on litter (71% of resting time vs. 12 % at 27°C), while when reared at 27°C they preferred the concrete or slatted floor (44% vs. 15% at 18°C). During resting, animals adopted significantly more frequently a ventral posture when cold (66% of resting time vs. 34% on the side) and lied-down on their sides when in warm conditions (55% vs. 44% in the ventral position). Pigs use separate areas for resting and for defaecation, and the location of these areas differ according to ambient temperature. The results indicate an interaction between floor type and temperature on the choices made by pigs. The thermal context (season and geographic location) should be integrated when European recommendations for housing are made.

INTRODUCTION

L'évolution des textes réglementaires sur l'élevage des porcs met l'accent sur l'enrichissement de l'environnement des animaux pour répondre à leurs besoins comportementaux. La nécessité d'un substrat permettant des comportements de fouille, ouvre le champ à la fourniture d'éléments manipulables pour les systèmes de logement sur caillebotis ou à des systèmes sur litière. La prédominance des systèmes sur caillebotis intégral s'explique par une meilleure hygiène et maîtrise de l'ambiance, ainsi qu'à une surface par animal réduite (ITP, 1999). Les nouvelles dispositions de la directive européenne soulignent néanmoins l'importance d'une aire de couchage séparée des autres zones fonctionnelles de la loge. A l'échéance 2008, est prévu un rapport sur l'état des connaissances sur le bien-être des porcs, couvrant en particulier le bilan des travaux sur l'incidence des différents types de revêtement de sol tenant compte de différences climatiques. Les données actuellement disponibles sur le comportement du porc à l'engrais concernent plutôt des analyses comparatives entre différents modes de logement (PEDERSEN et JORGENSEN, 1991 ; AREY et BRUCE, 1993 ; LYONS et al, 1995 ; den HARTOG et al, 1996 ; de OLIVEIRA et al, 1999), ou la réponse des animaux à des facteurs spécifiques de l'ambiance physique (GEERS et al, 1986). Des travaux ont été menés également sur les préférences exprimées par les animaux vis-à-vis du type de sol ou de l'accès à un substrat meuble (FRASER et al, 1991 ; BEATTIE et al, 1998) et en interaction avec les conditions thermiques (FRASER, 1985). Ce type de données reste cependant limité et les conséquences des comportements sur la propreté des loges sont généralement négligées.

L'objectif de cette étude est d'analyser les comportements de groupes de porcs dans le contexte d'une interaction température – sol, afin de dégager l'expression de préférences et d'évaluer l'impact des choix des animaux sur la qualité hygiénique de la loge.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1.1. Animaux et conduite d'élevage

Les animaux utilisés sont des femelles croisées (Piétrain x Large White x Landrace), issues du troupeau de la Station INRA de Saint-Gilles et logées en groupe de 6 femelles. Les groupes sont constitués en début d'engraissement, la taille initiale de 8 étant réduite à 6 animaux une semaine avant l'entrée dans le bâtiment expérimental. Quatre groupes (soit 24 animaux) sont transférés dans le bâtiment expérimental au poids moyen de 65 kg et y restent pendant 5 semaines. Quatre répétitions sont conduites au cours de la période de janvier à mai 2001 (96 animaux au total).

Préalablement à l'expérimentation, les animaux ont été élevés sur un sol béton paillé pendant la phase de maternité, un sol caillebotis pendant la période post-sevrage et un sol béton paillé en début d'engraissement.

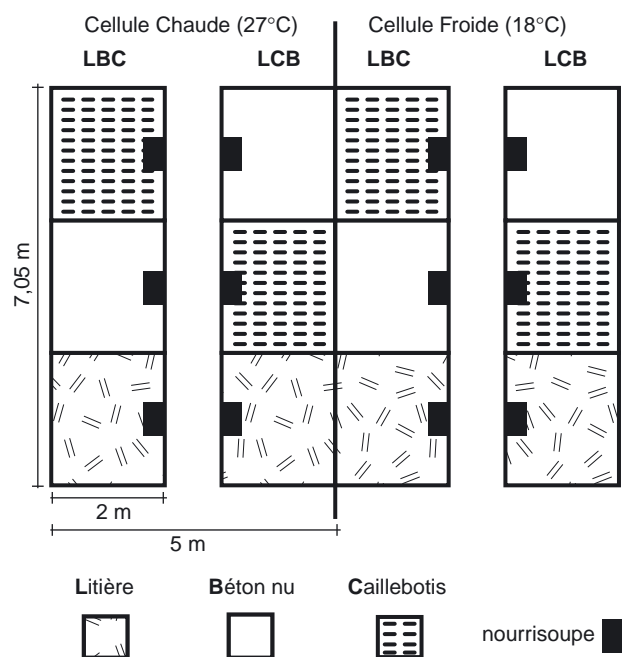
Les animaux sont nourris à volonté durant toute la durée de l'expérimentation à l'aide de nourrisoupes (marque

Domino), réapprovisionnés tous les matins à 9h00. L'aliment est distribué sous forme de granulés et contient en moyenne 2300 Kcal/Kg d'énergie nette, 17 % de protéines, 3 % de matières grasses et 0,96 % de lysine totale.

1.2. Bâtiment expérimental

Le bâtiment expérimental est un local d'élevage constitué de deux cellules de tailles identiques contenant chacune 2 loges. Un aménagement des loges a été réalisé afin d'offrir simultanément trois types de sol : litière de sciure de bois (L), béton nu (B), caillebotis béton (C) sur fosse (figure 1). Chaque zone de sol est équipée d'un dispositif d'alimentation et offre une surface de 0,78 m² par animal. Les trois zones sont accessibles en contigu (2,34 m² par porc au total). Deux configurations ont été retenues dans la disposition des trois types de sol. La zone litière est placée dans tous les cas à l'entrée de la cellule pour des raisons de facilité d'aménagement, les sols adjacents à la litière étant soit un sol en béton plein et nu pour la première loge (configuration LBC) soit un sol en béton caillebotis pour la seconde (configuration LCB)

Figure 1 - Configuration des sols intraloge



La litière occupe une épaisseur de 40 cm reposant sur un support de plaques béton recouvertes d'un film plastique. Elle est constituée en début d'expérience d'une litière de sciure de bois ancienne (5 ans). Au fur et à mesure du déroulement de l'expérience, un ajout de sciure neuve est réalisé ainsi qu'un brassage régulier de la litière afin d'assurer un fonctionnement optimal du système. A la fin de chaque répétition, la qualité de la litière est vérifiée par échantillonnage sur la base d'un relevé de la température et de l'hygrométrie.

Les deux cellules sont également équipées d'un dispositif d'isolation thermique et d'un système de ventilation dynamique. La température ambiante est fixée soit à un niveau

faible (18°C ; salle froide), soit élevé (27°C, salle chaude). Les températures ambiantes sont vérifiées pendant toute la période expérimentale.

Les animaux sont soumis à un programme lumineux de 12h, entre 8h et 20h, assuré par un éclairage artificiel de type néon. Lors du nettoyage quotidien des loges, effectué le matin avant l'alimentation, la litière présente sur la partie adjacente à la zone «litière» est remplacée sur cette dernière.

1.3. Déroulement de l'expérience et mesures

Une phase d'habituation aux conditions de logement et aux conditions thermiques est appliquée au cours de la première semaine suivant l'entrée dans le bâtiment expérimental.

Les animaux sont pesés avant l'entrée dans le bâtiment expérimental puis de manière hebdomadaire pour un suivi de leur croissance. Les pesées sont effectuées le vendredi, les animaux étant mis à jeun la veille au soir.

Des mesures quotidiennes sont par ailleurs réalisées sur les quantités d'aliment distribuées dans chaque loge et par nourrisoupe. La propreté des loges est déterminée par un enregistrement journalier, avant leur nettoyage, de la répartition des déjections sur les trois types de sol. Pour ce faire, une grille est utilisée, correspondant à la surface souillée par les déjections à savoir 0, 25, 50, 75 ou 100 % de la surface totale de la zone de sol considérée.

L'enregistrement des comportements est réalisé à un poids moyen pour le groupe de 70 kg. La température conditionnant fortement l'activité alimentaire des animaux, les périodes d'enregistrement pour chaque cellule sont ajustées à la croissance des porcs et peuvent ainsi être décalées d'une semaine.

Les activités comportementales sont enregistrées selon deux méthodes (JENSEN et al, 1986) :

- par enregistrement vidéo à intervalle de temps régulier de 10 min (scan sampling) sur l'ensemble du groupe et sur 24h. Chaque loge est équipée de deux caméras (PC 25-2230P 1/3"). L'ensemble des caméras est relié à un dispositif multiplexeur (DX9CR) – magnétoscope (panasonic AG-TL500) pour un enregistrement séquentiel sur 24 heures des 4 loges. Les données recueillies tiennent compte de l'identité de l'animal, la nature de son activité comportementale (repos, alimentation, investigation, déplacement, social, miction-déjection, autres) et sa localisation (zone selon nature du sol). Pour le repos, l'observateur note également la posture (coucher ventral ou latéral) et le contexte (en groupe : contact physique avec ses congénères, isolé : sans contact).
- par enregistrement direct et en continu de chaque animal pendant une période de 10 min (focal sampling). Les enregistrements des 4 loges sont réalisés sur 4 jours. Chaque animal est observé à 2 reprises la même journée, le matin après la distribution d'aliment et l'après-midi à partir de 17h (phases d'activités définies lors d'observations préliminaires). L'observateur collecte en temps réel, à l'aide d'un magnétophone (AIWA HD-S1000), le contexte (isolé ou en

groupe) et la nature des actes moteurs impliqués dans l'activité considérée. Ceci concerne en particulier les activités d'investigation et alimentaire.

1.4. Analyse et traitement statistique des résultats

La fréquence des différentes activités comportementales est considérée sur l'ensemble des animaux du groupe. Il en est de même pour l'analyse des résultats relatifs à la posture et au contexte du repos. Par contre les données analysées sur le substrat utilisé lors de l'activité d'investigation concernent l'individu.

Les traitements statistiques relatifs aux différentes activités ont été réalisés sous SAS (GLM procedure, SAS, 1996). Les résultats sont exprimés en nombre de relevés (scan) ou en temps (sec, focal) rapporté au nombre total de relevés ou à la durée totale de la période d'enregistrement (valeur ratio), au niveau du groupe ou de l'individu, et selon l'activité considérée. Les variables mesurées sont soumises à des analyses de variance, après transformation angulaire en $\arcsin \sqrt{x}$ où x est la valeur ratio du critère étudié. Les principaux facteurs étudiés sont la température ambiante de la cellule, le type de sol, la configuration des 3 types de sol, la répétition, ainsi que leurs interactions. Les données relatives à la proportion respective des activités dans le budget-temps, à l'utilisation des nourrisoups et à la répartition des défécations sont analysés à l'aide de tests khi deux.

Sur l'ensemble des comportements, aucun effet significatif de la répétition n'a été observé.

2. RÉSULTATS

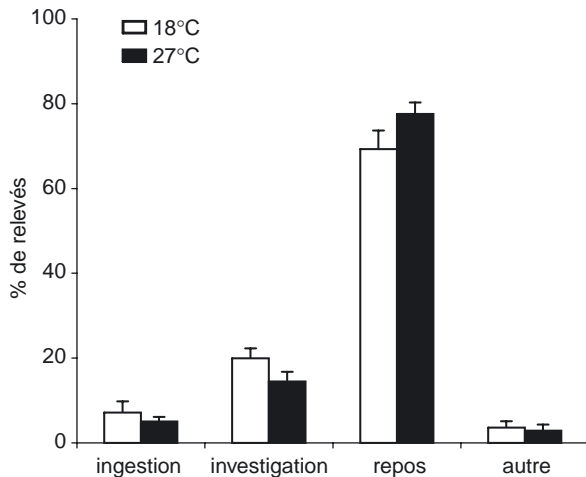
2.1. Principales activités comportementales

Quels que soient les facteurs de variation considérés et sur l'ensemble des activités, le temps consacré au repos est prédominant (70 % du temps) au cours des 24 heures d'enregistrement. Les comportements d'investigation constituent la seconde activité au sein des groupes (20 %), en proportion inférieure comparativement au repos ($P < 0,05$). Les fréquences d'alimentation et les autres activités représentent moins de 10 % du nombre total de relevés, et sont significativement inférieures aux deux principales activités. L'analyse de la répartition des activités sur les phases diurne et nocturne montre que les groupes sont significativement plus actifs au cours de la première période. On observe en effet, pendant la phase d'éclaircissement, une réduction de la fréquence du repos de près de 30 % (58,9 % \pm 10,9 contre 87,9 % \pm 3,8 en phase nocturne ; $P < 0,05$) associée à une augmentation des comportements d'investigations de 20 % (6,9 % \pm 6,8 en période nocturne contre 27,4 % \pm 26,9 en phase diurne ; $P < 0,05$).

La température ambiante dans la cellule ne joue pas sur la hiérarchie des activités dans le budget-temps du groupe sur 24h ($P > 0,10$), le repos et l'investigation restant prédominants. En revanche, elle conditionne leur importance quantitative (figure 2). La fréquence d'expression du repos par le groupe est ainsi significativement plus élevée à 27°C qu'à

18°C, respectivement $77,6 \% \pm 2,7$ et $69,3 \% \pm 4,4$ des activités comportementales. Inversement, les comportements d'investigation sont significativement moins exprimés à forte température qu'à basse température (respectivement $14,5 \% \pm 2,3$ contre $20 \% \pm 2,3$). Le niveau thermique n'a par contre aucun effet sur la fréquence des autres activités ($P > 0,10$).

Figure 2 - Budget temps sur 24 h

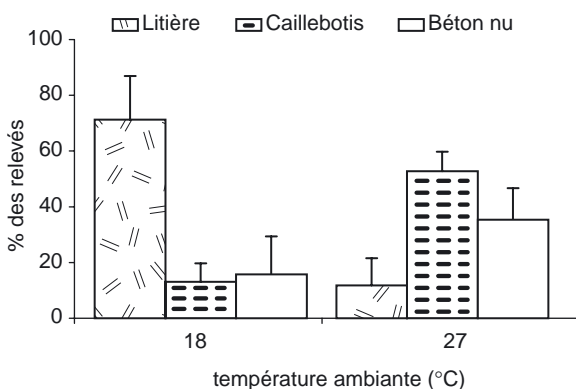


2.2. Modalités d'expression du repos

L'analyse des enregistrements vidéo montre une interaction significative entre la zone d'expression du repos et la température ambiante (figure 3).

Cette interaction se caractérise par une prédominance du repos sur le sol «litière» à une température de 18°C, alors que les animaux se reposent de manière privilégiée sur le sol «caillebotis» et «béton nu» à une température de 27°C. L'analyse des postures chez les animaux au repos montre uniquement un effet significatif de la température ambiante. Ainsi les porcs adoptent préférentiellement une posture ven-

Figure 3

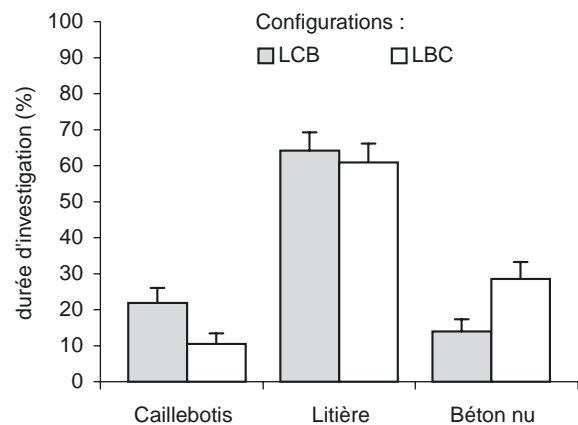


trale dans la salle froide ($66,4 \% \pm 20,8$ contre $33,6 \% \pm 20,8$ en posture latérale ; $P < 0,05$). A l'inverse, les animaux se reposent en posture latérale dans la salle chaude ($55,4 \% \pm 21,1$ contre $44,4 \% \pm 21,1$ en posture ventrale ; $P < 0,05$). Le contexte de l'activité de repos est également affecté par la température ambiante avec une fréquence supérieure du repos en groupe, comparativement à un repos isolé, dans la salle froide (respectivement $76,4 \% \pm 6,9$ contre $23,6 \% \pm 6,9$; $P < 0,05$). Par contre, les fréquences observées de repos en groupe ou isolé ne diffèrent pas significativement dans les groupes soumis à une température élevée, les valeurs avoisinant 50 % dans chaque contexte.

2.3. Modalités d'expression de l'activité d'investigation

L'analyse de l'activité d'investigation sur la période d'enregistrement vidéo de 24h montre une orientation significative des comportements du groupe vers la zone du sol occupée par la litière, ceci quels que soient la température de la salle et l'agencement des types de sol (respectivement pour les zones «litière», «caillebotis» et «béton nu» : $62 \% \pm 3,0$; $16 \% \pm 1,8$ et $22 \% \pm 2,9$; $P < 0,05$). L'investigation des zones «caillebotis» et «béton nu» est en revanche significativement affectée par l'agencement des sols au sein de la loge, l'activité du groupe étant focalisée dans la zone adjacente à celle de la litière. On obtient ainsi des valeurs supérieures sur le caillebotis dans le cas de la configuration «LCB» ($19 \% \pm 2,3$ contre $14 \% \pm 2,6$ sur béton nu ; $P < 0,05$), et une supériorité sur le béton nu pour la configuration «LBC» ($30 \% \pm 3,9$ contre $14 \% \pm 2,4$ sur caillebotis ; $P < 0,05$).

Figure 4



Des résultats similaires sont obtenus au niveau des observations réalisées en continu et en phase diurne sur chaque animal du groupe (focal sampling). Les individus exercent dans tous les cas leur activité d'investigation préférentiellement dans la zone «litière», et privilégient la zone adjacente, sur caillebotis ou béton nu selon l'agencement des types de sols (figure 4).

L'analyse du contexte des comportements d'investigation, montre par ailleurs qu'ils s'exercent de manière individuelle

plutôt qu'en groupe (respectivement 59 % du temps total de l'activité $\pm 2,7$ contre 41 % $\pm 2,7$; $P < 0,05$).

2.4. Activité alimentaire et croissance

La fréquentation des zones alimentaires par le groupe en fonction de la nature du sol ne diffère pas significativement. Les relevés quotidiens effectués dans chaque loge et par nourrisoupe, sur les quantités d'aliment distribuées confirment ces résultats, une forte variation étant enregistrée lors des différentes répétitions. On note une tendance à la réduction des quantités consommées dans les loges de la salle chaude comparativement à celles de la salle froide (respectivement 2,61 kg/j/porc $\pm 0,21$ contre 2,86 kg/j/porc $\pm 0,19$; $P = 0,06$).

La température ambiante n'affecte pas significativement cependant la croissance des animaux, dont le gain moyen quotidien est de 917 g/jour sur l'ensemble de la période expérimentale. L'indice de consommation s'élève en moyenne à 2,98 kg/kg.

Les observations conduites en continu et de façon individuelle sur chaque animal, montrent un comportement spécifique d'éclaboussement lors de l'utilisation du nourrisoupe, l'animal aspergeant son corps en utilisant l'eau disponible. La température ambiante conditionne fortement ce comportement, qui s'exprime uniquement dans la salle conditionnée à 27°C ($P < 0,05$) et atteint en moyenne 39 % du temps total passé au nourrisoupe par l'animal.

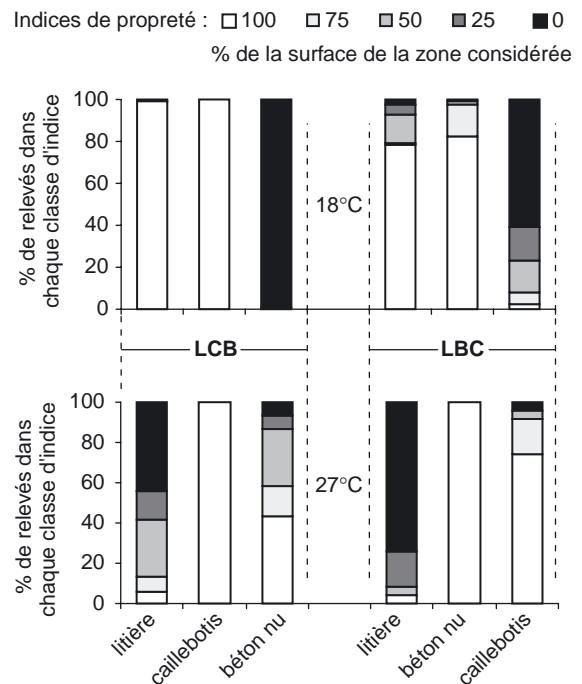
2.3. Qualité hygiénique des sols

L'état de propreté des sols, décrit par la répartition des déjections entre les 3 types de sol disponibles au sein de la loge, dépend à la fois de la température ambiante et de la configuration de la loge (test khi deux, $P < 0,05$, figure 5). Dans la salle froide les déjections sont concentrées dans la zone opposée à la zone «litière», sur le sol «béton nu» dans la configuration LCB et sur le sol «caillebotis» dans la configuration LBC. En revanche, les animaux soumis à une forte température montrent un comportement de défécation orienté plus particulièrement sur la zone «litière» mais également dans la zone opposée à cette dernière, le type de sol dépendant de la configuration considérée.

3. DISCUSSION - CONCLUSION

L'ensemble des résultats montre que l'activité de repos domine quelles que soient les conditions de logement. Il apparaît une augmentation significative de la fréquence de repos à la température ambiante de 27°C, résultats classiquement décrits dans la littérature. Les conditions thermiques affectent également la localisation et les postures du repos, caractéristiques d'un comportement de thermorégulation (FRASER, 1985 ; OLSEN, 2001). Ainsi, les animaux répondent à une température ambiante élevée par l'utilisation d'un sol favorisant les pertes de chaleur par conduction (BAXTER, 1984), le sol de béton nu ou celui de type caillebotis dans la présente étude. Des travaux menés sur le niveau thermique des sols en fonction du substrat utilisé, ont montré des écarts pouvant

Figure 5 - Nature et agencement des 3 types de sol intraloge



atteindre 8°C entre un sol paillé et un sol plein (VERSTEGEN et van der HEL, 1974) et de 3 à 5°C entre un sol plein et un sol de type caillebotis (RANDALL et al, 1983). En réponse à une forte température, les porcs au repos adoptent préférentiellement une posture de repos latéral, accroissant les pertes de chaleur par évaporation (GEERS et al, 1986, OLSEN, 2001). Les animaux développent par ailleurs un comportement d'aspersion en utilisant l'eau disponible au niveau du nourrisoupe, comportement rapporté par OLSEN et al (2001). Ce résultat souligne la capacité des animaux à modifier leur environnement par la voie comportementale, pour répondre à leurs besoins physiologiques de thermorégulation.

Les zones de repos sont maintenues propres par les animaux, ce qui confirme la motivation chez les porcs à dissocier les zones de repos et de défécation (BOON, 1981 ; BAXTER, 1982 ; OLSEN et al, 2001). Les résultats obtenus sur les quantités distribuées dans les trois nourrisoupes d'une même loge ne permettent pas de conclure quant à une zone préférentielle d'alimentation, en raison d'interférences observées avec le réglage du débit de distribution des appareils.

Les porcs consacrent un temps important à l'activité d'investigation, favorisée par des surfaces individuelles élevées et l'enrichissement du milieu par la présence de litière (BEATTIE et al, 1996). Ces résultats soulignent la forte motivation des porcs à fouiller un substrat meuble et déformable, en accord avec les données publiées (VAN PUTTEN, 1980 ; LYONS et al, 1995 ; BEATTIE et al, 1996). Le risque d'exercer cette activité sur leurs congénères en l'absence d'un substrat adéquat, constitue un des facteurs à l'origine des problèmes de cannibalisme (FRASER et al, 1991).

En conclusion, l'étude met en évidence la capacité des porcs à faire des choix vis-à-vis du type de sol. Ces choix dépendent

néanmoins de l'activité comportementale et des conditions thermiques auxquelles l'animal est soumis. L'expression de préférences, évaluée par le biais d'une utilisation privilégiée d'une zone, est donc relative. Dans le cas de l'activité de repos, les résultats rendent compte de la motivation de l'animal à s'adapter à son environnement physique et à répondre à ses besoins physiologiques de thermorégulation. Il paraît donc délicat de condamner de façon systématique un type de sol, dans des contextes climatiques différents, comme on peut l'observer entre les différentes périodes de l'année, mais également entre les différents pays de l'Union Européenne. L'importance de l'investigation sur la litière quelle que soit la température ambiante reflète bien la motivation des porcs à une activité de fouille. La possibilité de satisfaire cette motivation par un enrichissement

de l'environnement, à l'aide de substrat manipulable ou d'objets récréatifs, constitue une voie d'amélioration du bien-être de l'animal, décrite dans la littérature (PEARCE et PATTERSON, 1993 ; BLACKSHAW et al, 1997 ; HILL et al, 1998 ; BEATTIE et al, 2001). Des travaux restent encore à conduire sur les différentes modalités d'enrichissement de l'environnement et leur impact respectif sur la satisfaction des besoins psychologiques du porc (NEWBERRY, 1995).

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Ministère de l'Agriculture, le bureau de la Protection animale, pour leur soutien financier dans la réalisation de cette étude.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AREY D.S., Bruce J.M., 1993. *Anim prod*, 56, 269-272.
- BAXTER M.R., 1982. *Appl. Anim. Ethol.* 9, 195.
- BAXTER S., 1984. In «Intensive Pig Production» 216-225. Granada Publishing Ltd, London, 588 p.
- BEATTIE V. E., WALKER N., SNEDDON I. A., 1996. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 48, 151-158.
- BEATTIE V.E., WALKERS N., SNEDDON I.A., 1998. *Animal Welfare*, 7, 27-34.
- BEATTIE V.E., SNEDDON I.A., WALKER N., WEATHERUP R.N., 2001. *Anim. Sci.*, 72, 35-42.
- BLACKSHAW J.K., THOMAS F.J., LEE J.A., 1997. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 53, 203-212.
- BOON C.R., 1981. *Anim Prod*, 33, 325-332.
- FRASER D., 1985. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 14, 117-126.
- FRASER D., PHILLIPS P.A., THOMPSON B.K., TENNESEN T., 1991. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 30, 307-318.
- HILL J.D., Mc GLONE J.J., FULLWOOD S.D., MILLER M.F., 1998. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 57, 51-68.
- ITP, 1999. Memento de l'éleveur de porcs, 5^{ème} édition. Institut Technique du Porc éd., Paris, p 204.
- DE OLIVEIRA P.A.V., MEUNIER-SALAÜN M.C., ROBIN P., TONNEL N., FRABOULET J.B., 1999. *Journées Rech. Porcines en France*, 31, 117-123.
- DEN HARTOG L.A., VERMEER H.M., SWINKELS J.W. ; VERDOES N., BACKUS G.B.C., 1996. *Pigs News and information*, 17, 123N-127N.
- GEERS R., GOEDSEELS V., PARDUYN G., VERCRUYSE G., 1986. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 16, 353-362.
- JENSEN P., ALGERS B., EKESBO I., 1986. *Methods of sampling and analysis of data in farm animal ethology*. Birkhäuser Verlag éd., Basel, Boston, Stuttgart, 86p.
- LYONS C. A. P., BRUCE J. M., FOWLER V. R., ENGLISH P.R. 1995. *Liv. Prod. Sci.*, 43, 265-274.
- NEWBERRY R.C., 1995. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 44, 229-243.
- OLSEN A. W., DYBKJAER L., SIMONSEN H. B. 2001. *Liv. Prod. Sci.*, 69, 265-278.
- PEARCE G. P., PATERSON A. M., 1993. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 36, 11-28.
- PEDERSON J.S., JORGENSEN L., 1991. *Danske slagterierresearch report N° 182*.
- Van PUTTEN G., 1980. *Anim. Regul. Stud.*, 3, 105-118.
- RANDALL J. M., ARMSBY A. W., SHARP J. R., 1983. *J. Agric. Eng. Res.* 28, 247-257.
- SAS, 1996. *SAS user's guide*. Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, NC, USA.
- VERSTEGEN M. W. A., van Der HEL W., 1974. *Anim. Prod.*, 18, 1-11.