

Intérêts comparés d'un objet fixé au sol ou d'un apport de paille comme matériaux d'enrichissement du milieu de vie pour le porc à l'engrais

Valérie COURBOULAY

Institut Technique du Porc - Pôle Techniques d'Élevage, BP 3, 35651 Le Rheu Cedex

valerie.courboulay@itp.asso.fr

avec la collaboration de L. Colin, D. Loiseau et du personnel de la station expérimentale de Romillé

Intérêts comparés d'un objet fixé au sol ou d'un apport de paille comme matériaux d'enrichissement du milieu de vie pour le porc à l'engrais

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'intérêt d'un objet prototype comme matériau d'enrichissement du milieu pour le porc à l'engrais logé sur caillebotis. Il est comparé à un substrat meuble, la paille, distribuée via un râtelier. Deux salles de six cases constituées chacune de cinq mâles castrés et cinq femelles sont utilisées. Les animaux sont alimentés à volonté. Dans chaque salle, trois cases contiguës sont affectées aux traitements Paille ou Objet. L'objet consiste en un ensemble de six tuyaux renforcés par six chaînes métalliques fixées au sol. Des observations directes sont réalisées sur deux jours consécutifs (un par salle), le matin entre 8h et 10h30 et l'après midi entre 15h et 17h30, deux jours après l'arrivée des animaux (semaine 1), puis après 2, 3, 4, 6, 8, 10 et 12 semaines de présence. Le comportement, la posture et la localisation des porcs sont relevés toutes les dix minutes. Trois notations de lésions corporelles sont effectuées au cours de l'engraissement.

L'activité globale des animaux ne diffère pas entre traitements. Les porcs passent respectivement 17,2 % et 9,6 % du temps à manipuler la paille et l'objet ($P < 0,001$). Cet intérêt persiste tout au long de l'engraissement malgré une dégradation progressive de l'objet. Ni les comportements sociaux négatifs, ni le nombre et la nature des lésions ne diffèrent entre traitements ce qui pourrait indiquer qu'un niveau suffisant d'exploration de l'environnement est atteint pour limiter les reports d'activité vers les congénères. La mise à disposition d'objets supplémentaires pourrait augmenter le comportement exploratoire en augmentant l'accès au substrat.

Impact of straw provision or of a ground fixed object as environmental enrichments for growing-finishing pigs

The objective of the study was to compare two treatments, a prototype object (Object) or a distribution of straw via a rack (Straw). Each treatment was assigned to three pens in two rooms comprising six pens of 7 m². Each pen was composed of 5 castrated males and 5 females. The floor was made up of concrete slats. A 0.60*0.60 m² board was fixed on slats under the rack. The object consists of a group of six plastic hoses reinforced by six metal chains fixed on the ground. Direct observations were carried out two days after arrival of the pigs and 2, 3, 4, 6, 8, 10 and 12 weeks later. Behaviour, posture and localization of pigs were recorded every ten minutes between 8h and 10h30 in the morning and 15h and 17h30 in the afternoon. Three notations of the body lesions were carried out through the growing-finishing period.

General activity was similar in both treatments. Pigs spent more time in investigating straw than the object (17,2% vs 9,6% of total time, $p < 0.001$). This interest remained all over the period, despite a progressive degradation of the object. Neither negative social behaviours nor the amount or severity of lesions differed among treatments. This suggests that the pigs reached a sufficient level of exploration of the environment. The provision of additional objects could nevertheless increase the exploratory behaviour of pigs by making an easier access of pigs to the substrate.

INTRODUCTION

Le comportement exploratoire tient une place prépondérante dans le répertoire comportemental des porcs. Plus l'environnement est riche en stimulations, plus les animaux vont diversifier les substrats sur lesquels ils exercent ces comportements (Olsen, 2000). En conditions d'élevage, ce comportement peut être inhibé à cause d'un environnement trop pauvre (Meunier-Salaün et Dantzer, 1990). Dans ces conditions, les comportements d'exploration et les activités orales peuvent être re-dirigés vers les équipements de la case ou vers des congénères (Beattie et al., 2000), avec des risques d'agression accrus.

La réglementation française (arrêté du 16 janvier 2003) soulève la nécessité de satisfaire ce besoin de recherche et de manipulation des porcs et propose des matériaux meubles de type tourbe, paille ou sciure. Une litière paillée, appropriée au mâchonnement et à la fouille, permet de réduire le nombre d'animaux qui flairent avec persistance leurs congénères ou qui leur mordent la queue (Beattie et al., 1996). En système caillebotis, ce type de matériau ne peut toutefois être envisagé et des solutions alternatives ont été testées. Les porcs peuvent montrer une préférence pour certains objets, selon leur texture et leur facilité de préhension (Grandin et Curtis, 1984) et selon leur disponibilité (Blackshaw et al., 1997). L'intérêt des porcs pour les objets diminue toutefois au cours du temps, même pour des objets très attractifs (Courboulay, 2004). Il reste donc à élaborer un objet permettant de satisfaire à long terme les besoins d'exploration des animaux sur des sols de type caillebotis. Cette étude a pour but de tester un prototype et d'évaluer son impact sur l'activité des animaux, vis à vis de l'objet et des congénères. Il sera comparé à un apport de paille via un râtelier, substrat qui constitue une forme d'enrichissement du milieu de vie des porcs souvent plébiscitée.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1.1. Traitements expérimentaux

Le dispositif expérimental permet d'étudier le facteur enrichissement du milieu selon deux modalités :

- Traitement Objet : un objet est fixé au sol par un anneau. Cet objet est constitué de six tuyaux en plastique de 30 cm de long renforcés par une chaîne métallique. Une extrémité de cette chaîne est reliée à l'anneau d'ancrage, l'autre à une boucle métallique ovale empêchant le tuyau de coulisser.
- Traitement Paille : un râtelier est disposé contre la paroi de la case et une plaque de Trespa de 0,60 * 0,60 m², perforée et munie d'un rebord d'environ 4 cm est positionnée dessous afin de limiter la perte directe de paille au travers du caillebotis.

Les objets sont positionnés du côté opposé au nourrisseur, à 30 cm de la paroi et à équidistance entre le couloir et le fond de la case (Figure 1). Les râteliers sont remplis régulièrement de façon à ce que la paille soit disponible à volonté. Lors des semaines de mesure, cette opération est réalisée deux jours avant les observations. Les objets sont renouvelés s'ils sont trop fortement détériorés, c'est à dire si quatre tuyaux plastiques sur six ont disparu.

1.2. Animaux - logement

Deux salles comportant six cases de 7m² disposant chacune d'un nourrisseur monoplace et d'un abreuvoir sont utilisées. Dans chaque salle, chaque traitement est mis en place sur trois cases contiguës. L'aliment et l'eau sont disponibles à volonté. Le sol est de type caillebotis béton et les parois entre cases sont pleines. Le rythme jour-nuit est identique tout au long de l'expérience : la phase diurne débute à 7h30 et s'achève à 19h30. Les porcs utilisés sont issus de croisements entre des truies LW x LD et des verrats LW x Piétrain. Chaque case comporte cinq mâles castrés et cinq femelles.

1.3. Mesures

L'étude s'étend sur l'ensemble de la phase d'engraissement. Chaque animal est pesé individuellement et à jeun au début de la phase d'engraissement, après cinq et neuf semaines de présence puis avant chaque départ à l'abattoir. Les consommations d'aliment sont relevées entre deux pesées successives. Une notation des lésions corporelles est faite sur l'ensemble des animaux la veille de la pesée après cinq et neuf semaines de présence et avant le premier départ à l'abattoir. L'ensemble des lésions de types griffures/morsures/écorchures est relevé sur le corps de l'animal. Une notation spécifique des queues, oreilles et aplombs est réalisée.

Le comportement est mesuré par observation directe de l'ensemble des animaux de la case. Les salles sont observées pendant deux jours consécutifs, deux jours après l'arrivée des animaux (semaine 1), puis après 2, 3, 4, 6, 8, 10 et 12 semaines de présence. Pour faciliter le relevé des observations, chaque case est divisée en 14 rectangles de 1 m sur 0,5 m grâce à un marquage au sol. Ceci permet de définir quatre zones : Alimentaire, Objet, Fond de la case, Autre (Figure 1). L'observateur note la posture des animaux, leur comportement selon l'éthogramme présenté au tableau 1, et leur localisation toutes les dix minutes pendant 180 mn le matin (8h - 10h30) et l'après midi (15h - 17h30). La localisation d'un animal est définie par la zone dans laquelle se trouve sa tête. L'ensemble des observations est réalisé par le même observateur.

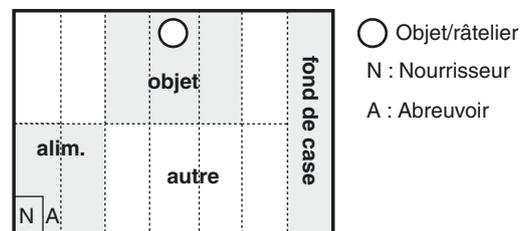


Figure 1 - Schéma d'une case expérimentale et délimitation des zones d'activité

1.4. Analyses statistiques

L'analyse des données est effectuée avec le logiciel SAS (Statistical Analysing System, version 8, 2000). Les variables de comportement sont exprimées sous forme de fréquence. La normalité des variables de comportement et de lésion est vérifiée et une transformation logarithmique est effectuée

Tableau 1 - Ethogramme utilisé lors de l'observation des porcs

Comportement physiologique :
S'alimenter
Boire
Déféquer / uriner
Comportement d'exploration (hors objet) :
Flairer ou lécher les éléments de la case (hors objet)
Renifler, humer
Se déplacer
Comportement social positif :
Flairer/lécher les congénères
Comportement social négatif :
Mordre ou mâcher la queue, les oreilles ou une autre partie du corps des congénères
Déplacer/soulever/pousser la queue, les oreilles ou une autre partie du corps
Combattre : coup de tête, morsure, contact gueule ouverte
Comportement dirigé vers l'objet :
Mâcher l'objet
Lécher / flairer
Soulever/pousser : mouvement vertical ou horizontal de la tête
Mordre/secouer/tirer : avec l'objet dans la gueule
Observer : tête orientée vers l'objet, inactif mais les yeux ouverts
Etre inactif :
Les yeux ouverts ou non
Mâcher à vide
Autre

pour normaliser les variables si nécessaire. Quand la distribution est normale, nous réalisons une analyse de variance avec la procédure GLM en prenant comme effets fixes le trai-

tement (T), la semaine d'observation (D), la salle (S) et les interactions traitement*salle et traitement*semaine d'observation. Les effets traitement et salle sont analysés par rapport à la résiduelle « case » pour tenir compte de la répétition des mesures. Si les variables ne sont pas normales, un test de Kruskal-Wallis est utilisé en prenant comme effet le traitement. Les variables de dénombrement concernant les lésions autres que les griffures sont analysées avec un test de chi-deux ou un test exact de Fisher si le nombre d'évènements est faible.

2. RÉSULTATS

Les objets utilisés ont été maintenus dans les cases jusqu'à la fin de l'essai (2 cases) ou remplacés après neuf ou dix semaines de présence (respectivement dans une et trois cases). Les râteliers ont été remplis douze à treize fois en cours d'engraissement (jusqu'au premier départ à l'abattoir) et la quantité de paille distribuée a varié entre 30 et 36 grammes par porc et par jour pour cinq cases. Dans la dernière case, la fréquence de remplissage a été plus importante (21 fois) et la quantité moyenne distribuée a été de 64 g/j/porc.

Huit porcs sont morts en cours d'engraissement, six dans la première salle (dont cinq porcs disposant de paille) et deux dans la seconde (situés dans les cases Objet).

2.1. Performances

Les performances zootechniques sont décrites au tableau 2. En moyenne, la présence de paille a un effet bénéfique sur la croissance des animaux, cependant la présence d'une interaction entre le traitement et la salle indique que cet effet n'est pas systématique. Dans la salle 1, la croissance et l'indice de consommation des animaux sont dégradés pour le traitement « objet » alors que ces paramètres ne sont pas affectés dans la seconde salle. La consommation d'aliment est identique entre traitements.

Tableau 2 - Effets de la mise à disposition d'un objet ou de paille via un râtelier sur les performances d'engraissement

	Traitement		Méthode d'analyse et signification des résultats
	objet	paille	
Performances mesurées entre l'arrivée en engraissement et le premier départ à l'abattoir			
Vitesse de croissance, g/j			Analyse de variance T***, TxS
Salle 1	739 a	821 b	
Salle 2	794 b	798 b	
Indice de consommation, kg/kg			Test de Mann Whitney T*
Salle 1	2,97	2,65	
Salle 2	2,81	2,72	NS
Consommation, kg/j/porc			
Salle 1	1,95	1,86	NS
Salle 2	1,94	1,91	NS
Performances sur l'ensemble de la phase d'engraissement			
Durée totale d'engraissement, j	104,3	103	NS
Consommation globale, kg/j	2,20	2,21	NS

T : traitement, S : salle

NS : effet statistiquement non significatif, * : P<0,05, ** : P<0,01, ***P<0,001

2.2. Lésions

Le nombre de lésions de type griffure/écrochure ne diffère pas d'un traitement à l'autre. Les valeurs moyennes sont respectivement de 7,9 et 7,0 pour Objet et Paille ($P = 0,28$, NS). Les autres lésions sont similaires entre les traitements Objet et Paille ($P > 0,05$) et concernent respectivement huit et douze porcs pour les lésions à la queue, six et treize porcs pour les lésions aux oreilles et huit et douze porcs pour les boiteries légères.

2.3. Comportement

L'inactivité est prépondérante puisqu'elle représente 56 % des observations, mais elle ne diffère pas entre les deux traitements (Tableau 3). Le reste du temps est passé en priorité à manipuler l'objet et à assouvir les besoins physiologiques (ingestion et excrétion). Le traitement a un effet sur la fréquence de réalisation des comportements d'exploration dirigés vers les matériaux ou la case et l'activité de mâchonnement à vide. La paille est plus fréquemment manipulée que l'objet (17,2 % vs 9,6 % des observations, $P < 0,001$), l'effet étant plus marqué dans la salle 1.

L'utilisation de la paille est très variable selon les cases, et représente en moyenne sur l'ensemble de la phase d'en-graisement 13,7 % à 21,3 % de l'ensemble des observations. Par contre les animaux passent en moyenne 8,1 % à 12,0 % du temps à manipuler l'objet. Le nombre de porcs utilisant simultanément le substrat diffère entre traitements (Figure 2).

Les deux substrats sont préférentiellement mâchonnés, cette activité représentant 70 % du temps qui y leur est consacré. La fréquence des comportements sociaux ne varie pas en fonction des traitements (Tableau 3). Les comportements sociaux positifs sont toutefois plus importants avec le traitement objet dans une des salles. L'expression des différents comportements diffère au cours du temps mais on ne constate pas d'interaction entre le traitement et la date d'observation. L'utilisation des matériaux est modérée au cours du premier mois et atteint un maximum après quatre à six semaines de présence (Figure 3). Elle reste ensuite soutenue puis diminue fortement lors de la dernière observation, une semaine avant le premier départ à l'abattoir.

Tableau 3 - Effet de la mise à disposition d'un objet ou de paille via un râtelier sur les postures et le comportement des porcs charcutiers (données exprimées en pourcentage des observations)

	Salle 1		Salle 2		ETR	Statistiques
	objet	paille	objet	paille		
Comportement						
Repos	58,3 ^a	52,6 ^b	56,0 ^a	58,6 ^a	5,2	TxS** D***
Objet	8,8 ^a	18,9 ^c	10,5 ^a	15,4 ^{bc}	3,7	T*** TxS D*** L*
dont mâchonnement	5,8 ^a	13,8 ^b	7,2 ^a	11,0 ^b	3,0	T*** TxS D*** L*
dont autres	3,0 ^a	5,2 ^b	3,3 ^a	4,5 ^b	1,4	T** D***
Exploration de la case	6,2 ^a	5,7 ^a	7,7 ^b	5,9 ^a	1,5	T* D***
Contacts sociaux positifs	2,9 ^a	3,2 ^a	3,1 ^a	2,3 ^b	1,1	TxS* D***
Contacts sociaux négatifs	3,9	4,5	4,7	3,4	1,6	
Mâchonnement à vide	9,4 ^a	5,3 ^b	8,4 ^a	4,8 ^b	1,5	T*** D*** L*
Comportements physiologiques	10,2	9,7	9,6	9,4	1,9	D***
Posture						
Debout	20,1 ^a	24,0 ^b	20,8 ^a	18,7 ^a	2,9	S* TxS* D***
Assis	4,3 ^a	7,7 ^{bc}	5,8 ^{ab}	8,6 ^c	1,9	T** D** TxD* L*
Couché	75,6 ^a	68,3 ^b	73,4 ^a	72,7 ^a	3,7	T** TxS* D***

T : traitement, S : salle, D : date

NS : effet statistiquement non significatif, * : $P < 0,05$, ** : $P < 0,01$, *** : $P < 0,001$

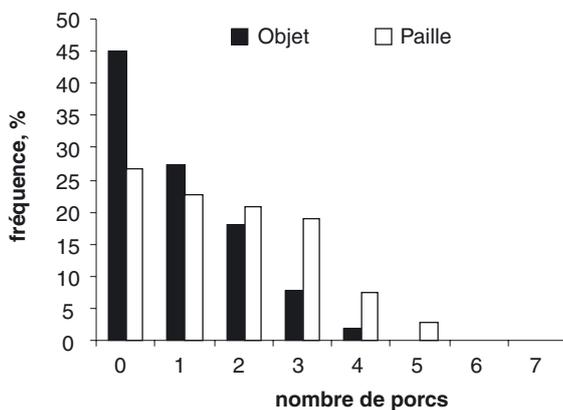


Figure 2 - Nombre de porcs manipulant simultanément l'objet à chaque observation

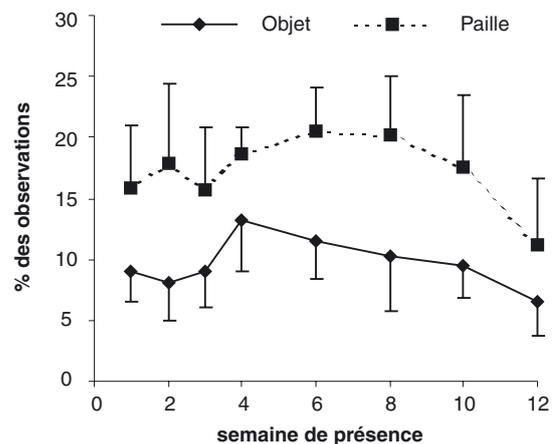


Figure 3 - Evolution de l'utilisation des deux matériaux au cours du temps

La fréquentation de la zone « objet » est supérieure avec le traitement Objet (32,5 % vs 30,2 % des observations, $P < 0,01$), en particulier quand les porcs sont couchés (30,8 % vs 23,0 % des observations, $P < 0,001$). Il n'y a pas de différences entre traitements pour la fréquentation moyenne des autres zones. Les porcs passent respectivement 25 % et 13 % de leur temps dans les zones « alimentaire » et « fond de case ». La fréquentation de la zone alimentaire augmente au cours du temps pour les deux traitements ; celle de la zone « objet » reste stable dès la deuxième semaine ($P > 0,05$).

Les porcs du traitement paille sont plus fréquemment assis que ceux disposant de l'objet (8,1 % vs 5,1 % des observations, $P < 0,001$). Dans la salle 1, les porcs du traitement paille sont plus souvent debout et moins souvent couchés que les autres. Ces différences n'existent pas dans la salle 2. La manipulation des matériaux se fait principalement en position couchée (7,1 % vs 8,1 % des observations respectivement pour les traitements Objet et Paille, $P > 0,05$). La paille est par contre plus utilisée en position debout ou assise que l'objet (respectivement pour Objet et Paille : debout 2,1 % vs 5,1 %, $P < 0,001$ et assis 0,4 % vs 3,9 %, $P < 0,001$). La manipulation de la paille s'effectue dans 89% des cas dans la zone « objet » et dans 9% des cas dans la zone « autre ».

3. DISCUSSION

Les résultats zootechniques obtenus dans cet essai vont à l'encontre des valeurs mesurées lors de la pré-expérimentation qui avait pour but de mettre au point les modalités d'apport de la paille et d'affiner la conception des objets. Les croissances observées alors étaient respectivement de 798 g/j et 850 g/j pour les traitements « Paille » et « Objet ». Les résultats de l'essai sont inversés dans une salle et ne diffèrent pas dans l'autre. La dégradation de l'indice de consommation observée dans la première salle pourrait résulter d'un problème sanitaire latent qui s'est par ailleurs exprimé par un taux de mortalité important dans cette salle. Par ailleurs, la réduction de la densité associée à la mortalité a pu être favorable à la croissance des animaux des cases sur paille (Courboulay, 2005a). Cette situation n'a cependant pas eu de répercussions majeures sur le comportement des animaux puisque les différences ne sont pas marquées entre salles pour l'ensemble des comportements exprimés.

La mise à disposition de paille permet d'augmenter l'activité générale des animaux et de limiter les activités agonistiques dirigées vers les autres porcs en les réorientant vers l'utilisation du substrat (Fraser et al., 1991 ; Petersen et al., 1995). L'objet utilisé ici permet d'atteindre les mêmes résultats. Ni les comportements sociaux négatifs (mordillements, morsures, combats) ni le nombre et la nature des lésions ne diffèrent entre traitements ce qui pourrait indiquer qu'un niveau suffisant d'exploration de l'environnement est atteint pour limiter les reports d'activité vers les congénères.

L'activité principale des porcs consiste à mâcher le substrat mis à disposition, qu'il s'agisse de l'objet ou de la paille. Ceci rejoint les observations réalisées avec d'autres objets (Courboulay, 2005a). Ce comportement de mâchonnement peut également être effectué à vide, soit après des activités de léchage, d'ingestion ou d'utilisation des matériaux, soit sans but apparent. Il est exprimé deux fois moins souvent dans le traitement Paille. Ceci suggère que ce substrat permet de mieux réorienter cette activité qui à terme pourrait prendre un caractère stéréotypé.

Les deux matériaux ont été utilisés de façon soutenue tout au long de la période d'engraissement, ce qui est rarement le cas pour la plupart des objets (Courboulay, 2004 ; Grandin et al., 1984). Cet intérêt persistant résulte probablement du fait que les deux substrats ont conservé la possibilité d'être déformés, mâchés et détruits, principales caractéristiques d'un matériau attractif (Van der Weerd et al, 2003). Le maintien de l'activité liée à l'objet malgré la disparition d'une partie des tuyaux se traduit par une manipulation des chaînes fixées au sol. Dans ce cas, ce type de matériau peut s'avérer intéressant alors qu'il est généralement considéré peu attractif (Day et al., 2002). La forte baisse d'utilisation des matériaux relevée en semaine douze est vraisemblablement liée à la difficulté d'accès au substrat compte tenu de la surface allouée par animal.

La posture préférentielle lors de l'utilisation des matériaux est la posture couchée (Courboulay, 2004), ce qui en limite l'accès pour les autres porcs. La possibilité d'attraper la paille dans le râtelier a provoqué une utilisation complémentaire en position debout ou assise. Cette plus grande accessibilité du matériau d'enrichissement est renforcée par la possibilité de manipuler la paille en dehors de la zone objet, ce qui est effectivement le cas pour 10 % des activités. Ces effets conjugués peuvent expliquer en partie l'utilisation plus importante de la paille, un plus grand nombre d'animaux pouvant simultanément l'utiliser. La forte variabilité observée entre cases pour ce substrat pourrait être due à des taux de remplissage des râteliers différents entre cases au moment des observations, la préhension de la paille étant d'autant plus facile que le râtelier est plein.

CONCLUSION

La paille est un matériau plus manipulé que l'objet testé ici mais son emploi reste limité à une situation expérimentale. Son passage au travers des caillebotis ne permet pas une vidange normale du lisier et nécessite l'emploi d'une pompe hacheuse ou une vidange manuelle du surnageant solide, qui représente six heures de travail pour une salle de soixante porcs consommant chacun 35 g de paille par jour. L'objet prototype testé dans cet essai permet de solutionner ce problème et s'avère aussi efficace que la paille pour limiter les comportements sociaux négatifs et les blessures pouvant en résulter. Sa moindre utilisation pourrait être liée à une plus faible accessibilité et améliorée en mettant plus d'objets à disposition des porcs.

Cette étude a bénéficié du soutien financier de l'ADAR.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Beattie V.E., Walker N., Sneddon I.A., 1996. An investigation of the effect of environmental enrichment and space allowance on the behaviour and production of growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 48, 151-158.
- Beattie V.E., Connell N.E., Moss B.W., 2000. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 65, 71-79.
- Blackshaw J.K., Thomas F.J., Lee J.A., 1997. The effect of a fixed or free toy on the growth rate and aggressive behaviour of weaned pigs and the influence of hierarchy on initial investigation of the toys. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 53 (3), 203-212.
- Courboulay V., 2004. Comment l'apport d'objets manipulables en hauteur et au sol influence-t-il l'activité des porcs charcutiers logés sur caillebotis intégral ? *Journées Rech. Porcine*, 36, 389-394.
- Courboulay V., 2005a. Conséquences d'une augmentation de la surface par animal sur les performances, les lésions et le comportement du porc à l'engrais. *Journées Rech. Porcine*, 37, 465-470.
- Courboulay V., 2005b. Quel type d'objet mettre à la disposition des porcs en engraissement ? *Techniporc*, 28 (2), 9-13.
- Day J.E.L., Spoolder H.A.M., Burfoot A., Chamberlain H.L., Edwards S.A., 2002. The separate and interactive effects of handling and environmental enrichment on the behaviour and welfare of growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 75, 177-192.
- Fraser D., Phillips P.A., Thompson B.K., Tennessen T., 1991. Effect of straw on the behaviour of growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 30, 307-318.
- Grandin T., Curtis S.E., 1984. Toy preferences in young pigs. *J. Anim. Sci.*, 49 (suppl. 1), 85.
- Meunier-Salaün M.C., Dantzer R., 1990. Behaviour-environment relationships in pigs: importance for the design of housing and management systems in intensive husbandry. *Pig News Inform.*, 11 (4), 507-514.
- Olsen A.W., Vestergaard E.M., Dybkjær L., 2000. Roughage as additional rooting substrates for pigs. *Anim. Sci.*, 70, 451-456.
- Petersen V., Simonsen H.B., Lawson L.G., 1995. The effect of environmental stimulation on the development of behaviour in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 45, 215-224.
- Van de Weerd H.A., Docking C.M., Day J.E.L., Avery P.J., Edwards S.A., 2003. A systematic approach towards developing environmental enrichment for pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 84, 101-118.