

Prédiction de l'effet d'une augmentation de l'espace disponible sur l'activité et le comportement exploratoire des porcs élevés en milieu enrichi

Xavier AVERÓS (1, 2), Ludovic BROSSARD (1, 2), Jean-Yves DOURMAD (1, 2), Karel H. DE GREEF (3), Helen L. EDGE (4), Sandra A. EDWARDS (4), Marie-Christine MEUNIER-SALAÜN (1, 2)

(1) INRA, UMR1079 Systèmes d'Élevage Nutrition Animale et Humaine, F-35590 Saint-Gilles, France

(2) Agrocampus Ouest, UMR1079 Systèmes d'Élevage Nutrition Animale et Humaine, F-35000 Rennes, France

(3) Animal Sciences Group of Wageningen UR, PO Box 65, 8200 AB Lelystad, Pays Bas

(4) School of Agriculture, Food and Rural Development, Newcastle University, Agriculture Building, Newcastle Upon Tyne NE1 7RU, Royaume Uni

Ludovic.Brossard@rennes.inra.fr

Prédiction de l'effet d'une augmentation de l'espace disponible sur l'activité et le comportement exploratoire des porcs élevés en milieu enrichi

Une méta-analyse a été réalisée sur 26 expériences publiées dans 25 articles afin de déterminer et de quantifier les effets combinés de l'espace moyen par animal (mesure allométrique ; $k = (\text{surface moyenne par porc en m}^2)/(\text{poids vif moyen par porc})^{0,667}$) et de l'enrichissement du milieu sur l'activité physique et les différents comportements exploratoires des porcs. Une variabilité inter-étude élevée a été constatée pour la valeur k et pour les différents comportements étudiés. Le pourcentage du temps durant lequel les porcs restent couchés et assis diminue progressivement avec l'augmentation de la valeur k , indépendamment de la présence ou de l'absence d'enrichissement. En présence de litière, le pourcentage de temps consacré à l'exploration augmente linéairement avec l'augmentation de l'espace moyen par porc. Une augmentation du pourcentage de temps total consacré à l'investigation du sol, indépendamment de la présence ou de l'absence de litière, est observée lorsque k augmente en présence d'objets d'enrichissement. Enfin, on observe qu'en l'absence d'enrichissement, les porcs présentent un intérêt accru vis à vis des autres objets de la loge, et que le pourcentage du temps consacré à leur exploration s'accroît lorsque la valeur de k augmente en présence de litière. Ces résultats confirment l'effet positif de l'enrichissement sur le comportement des porcs, ainsi que l'existence d'interactions entre les effets des caractéristiques du milieu physique et ceux de l'enrichissement. Ces résultats permettent d'envisager une meilleure détermination de l'impact des systèmes d'élevage sur le bien-être des porcs.

Predicting the effect of an increase in available space on the activity and exploratory behaviour of pigs raised in an enriched environment

A meta-analysis, comprising 26 experiments published in 25 papers, was carried out in order to determine and quantify the combined effects of average space per pig (allometric measure; $k = \text{average area per pig (m}^2) / \text{average pig body weight (kg)} * 0.667$) and pen enrichment on the pigs' activity and investigative behaviours. A higher inter-study variability was confirmed for the k -value and for the different behaviours studied. A progressive decrease in the percentage of time spent lying and sitting was found when k -value increased, independent of the presence or absence of any enrichment. When bedding was available, the percentage of total time devoted to exploration increased linearly with average space per pig. An increase in the percentage of time devoted to floor investigation, independent of the presence or absence of bedding, was described when increasing the k -value in the presence of enrichment objects. It was also found that, in the absence of enrichment objects, pigs showed more interest in the other pen objects, and that the percentage of time devoted to exploration increased with the k -value in the presence of bedding. These results confirm the beneficial effect of enrichment on the behaviour of pigs, as well as the existence of interactions between physical environment and enrichment. Conceivably, this could lead to a better method of evaluating the impact of production systems on the welfare of pigs.

INTRODUCTION

La prise en compte du bien-être des animaux apparaît une dimension incontournable dans le contexte des systèmes actuels de production porcine. Un grand nombre d'études ont montré que l'enrichissement du milieu, par l'utilisation de litière ou d'objets, a des effets favorables sur le bien-être des porcs (Van de Weerd et Day, 2009). Néanmoins, les interactions possibles entre les facteurs liés aux caractéristiques de l'enrichissement et ceux liés aux caractéristiques physiques du logement ne sont pas encore bien décrites, ce qui entraîne parfois des confusions sur les effets de ces deux facteurs.

Un aspect important du milieu physique est l'espace disponible par porc. Cet espace peut s'exprimer selon un principe allométrique, en utilisant la valeur k ($k = m^2/PV^{0,667}$ avec m^2 : la surface de la loge exprimée en m^2 et PV : le poids vif moyen de la loge; Petherick, 1983), ce qui permet la traduction de l'information d'une manière homogène et comparable entre expériences. Les effets positifs d'une augmentation de l'espace par porc sur les performances (Gonyou *et al.*, 2006) et le comportement de repos (Averós *et al.*, 2010) en l'absence d'éléments d'enrichissement dans le milieu de vie, ont déjà été montrés. Par contre, l'effet d'une augmentation de l'espace dans un milieu enrichi sur le comportement des porcs reste encore méconnu.

Les outils méta-analytiques permettent l'intégration de l'information à partir des données déjà existantes dans les publications scientifiques, en quantifiant des relations entre variables au-delà des contraintes liées à l'existence d'éventuels biais dus à l'effet inter-étude (St-Pierre, 2001 ; Sauvant *et al.*, 2008). L'utilisation de ces outils d'analyse pourrait permettre l'établissement de relations entre l'espace par animal dans un milieu enrichi et le comportement des porcs, afin d'avoir une idée plus globale de l'effet de l'interaction entre l'environnement physique et l'enrichissement sur le bien-être. Ceci permettrait le développement de systèmes de production intégrant mieux cette interaction. En conséquence, cette étude, réalisée dans le cadre du projet européen Q-PORKCHAINS, a pour objectif principal l'estimation des relations entre l'espace disponible par animal et le comportement des porcs dans un milieu enrichi, en se servant pour cela de l'information déjà existante dans la littérature.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Construction des bases de données

Pour la réalisation de cette étude, deux bases de données ont été construites afin de déterminer et de quantifier les effets des conditions de logement et des caractéristiques de l'enrichissement sur l'activité comportementale (pourcentage du temps passé par les porcs couchés et assis), le comportement d'investigation total (pourcentage du temps passé en investigation du sol [en présence ou absence de litière], des objets d'enrichissement spécifiques et des autres objets du logement), l'investigation du sol (en présence ou absence de litière), et l'investigation d'objets du logement autres que ceux qui servent à l'enrichissement (par exemple l'auge). Les études choisies étaient publiées entre 1989 et 2009 et elles devaient satisfaire aux conditions suivantes : 1) être réalisées dans des conditions proches de celles de la production intensive ; 2) au moins un traitement expérimental

devoir être réalisé dans des conditions enrichies ; 3) pour chaque traitement expérimental, l'article devait fournir des informations concernant l'espace par porc, la taille du groupe et les caractéristiques du sol ; 4) pour chaque traitement expérimental, l'article devait fournir des informations concernant l'enrichissement, le type et nombre d'enrichissements utilisés, et si les enrichissements étaient fournis de façon simultanée ou alternée ; 5) le temps consacré à chaque comportement devait être exprimé en pourcentage du temps total. Finalement, 26 expériences publiées dans 25 articles (la liste des articles utilisés peut être obtenue auprès des auteurs), avec un total de 90 traitements expérimentaux ont été utilisées, sachant que toutes les expériences ne pouvaient pas être utilisées pour chacune des variables étudiées.

Pour chaque traitement expérimental, des informations relatives à l'âge et au poids vif (PV) initial et final des porcs ont été recueillies ou estimées à partir de l'information disponible dans les articles, en calculant des équations de régression entre l'âge et le PV initial ($R^2 = 0,976$), et l'âge et le PV final ($R^2 = 0,966$). L'espace disponible par porc, exprimé en valeur k ($m^2/PV^{0,667}$) à la fin de la période expérimentale, a été aussi obtenu soit directement, soit par estimation en utilisant la surface moyenne par animal et le PV moyen à la fin de la période expérimentale. Par exemple, pour une surface moyenne par porc de $1,5 m^2$, la valeur k est de $0,155$ pour un PV moyen de $30 kg$, et de $0,070$ pour un PV moyen de $100 kg$. De plus, des informations ont été recueillies sur la taille du groupe (nombre de porcs), les caractéristiques du sol (solide, caillebotis partiel ou caillebotis intégral), l'utilisation de la litière (présence/absence), ainsi que le nombre et la présentation des objets d'enrichissement (absence d'objets, présence d'un objet, de deux objets présentés de façon simultanée, de deux objets présentés de façon alternée, de trois objets ou plus présentés de façon simultanée, ou de trois objets ou plus présentés de façon alternée).

Les variables dépendantes ont été groupées dans deux groupes (activité physique et comportements d'investigation), de manière à ce que chaque article puisse être inclus dans une ou les deux bases de données. En cas d'utilisation de mesures répétées dans une étude, les valeurs d'âge et PV des porcs, l'espace par porc, la taille du groupe, les caractéristiques du sol, les caractéristiques de la litière et les caractéristiques de l'objet d'enrichissement ont été recueillies pour chacune des observations pour lesquelles des mesures étaient enregistrées. Au final, un total de 136 observations étaient disponibles, mais pas forcément pour toutes les variables étudiées.

1.2. Analyse statistique des données

L'analyse des données a été réalisée selon la méthodologie décrite par St-Pierre (2001) et Sauvant *et al.* (2008), avec comme unité statistique l'observation dans le traitement expérimental intra étude. Des modèles d'estimation ont été calculés pour chacune des variables de comportement. Des régressions multiples à élimination progressive ont été réalisées en utilisant la procédure MIXED du logiciel SAS (2000). Les modèles initiaux contenaient comme effets fixes la valeur k et son terme quadratique, la taille du groupe, les caractéristiques du sol, la présence ou non de litière et le nombre d'objets d'enrichissement, ainsi que leurs interactions doubles. La signification statistique des effets fixes a été testée avec un test F de type III, et les interactions non significatives ($P > 0,05$) ont été éliminées du modèle de manière

séquentielle, en prenant la signification statistique la plus faible comme critère d'élimination. Le modèle final a été accepté quand toutes les interactions doubles étaient statistiquement significatives ($P < 0,05$). A l'exception du terme quadratique de la valeur k , les facteurs principaux n'ont pas été éliminés du modèle quand ils n'étaient pas significatifs. L'âge initial des porcs (jours), la durée de la période expérimentale (jours), et la durée de l'enregistrement des comportements (heures) ont été introduites dans les modèles comme covariables. L'expérience a été aussi introduite dans le modèle comme facteur aléatoire. L'expression de la variabilité des données n'étant pas homogène entre expériences, certaines expériences ne fournissant même aucune mesure de variabilité, les variables indépendantes n'ont pas été pondérées.

Les valeurs ajustées ont été obtenues à partir des modèles finaux retenus pour chacune des variables dépendantes, et des analyses de régression sur ces valeurs ajustées ont été réalisées afin de trouver des relations entre l'espace disponible par animal (valeur k) et chacun des comportements étudiés. Les équations de régression ont été calculées en utilisant la procédure NLIN du logiciel SAS (2000). Pour chacune des régressions, les valeurs estimées des paramètres des équations, les coefficients de détermination (R^2) et la racine carrée des carrés des erreurs (RMSE) ont été calculés.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Statistiques descriptives

Les valeurs minimales, maximales, moyennes et l'erreur standard de l'espace disponible par porc et des comportements étudiés sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1 - Statistiques descriptives de l'espace disponible par porc et des variables de comportement pour les données utilisées dans les modèles d'estimation

	Nb Obs ¹	Min	Max	Moy	Erreur stand
k ($m^2/PV^{0,667}$)	136	0,023	0,318	0,079	0,005
Temps passé couché ou assis (% du temps total)	48	32,5	93,4	68,3	2,9
Investigation totale (% du temps total)	127	0,5	51,9	17,5	1,0
Investigation du sol (% du temps total)	69	0	40,4	13,8	1,2
Investigation des autres objets de la loge (% du temps)	106	0,1	30,2	7,3	0,7

¹Nombre total d'observations

On peut constater l'existence d'une forte variabilité inter-étude pour la valeur k ainsi que pour tous les comportements étudiés. En moyenne, les valeurs d'espace disponible par porc pour les études sélectionnées sont supérieures à celles normalement trouvées dans des études réalisées en conditions plus intensives (Gonyou *et al.*, 2006). En effet, dans les études traitant de l'enrichissement du milieu, l'espace disponible par porc est généralement augmenté par rapport aux conditions intensives afin de prendre en compte une possible augmentation de l'activité motrice qui accroît les besoins d'espace dynamique (Petherick, 1983).

2.2. Effet de l'augmentation de l'espace disponible par porc sur le temps durant lequel les porcs restent couchés ou assis

Dans le modèle final d'estimation du pourcentage de temps durant lequel les porcs restent couchés ou assis, la somme de ces deux comportements tend à augmenter lorsque la valeur k augmente ($P < 0,10$), et elle diminue significativement avec son terme quadratique ($P < 0,01$).

En revanche, l'espace disponible par porc ne montre pas d'interaction significative avec les autres variables étudiées. L'augmentation de l'espace disponible par porc, entre 0,025 et 0,070 $m^2/kg^{0,667}$, n'influence pas non plus la prédiction du pourcentage de temps passé couché ou assis (Équation [1] du Tableau 2 ; Figure 1).

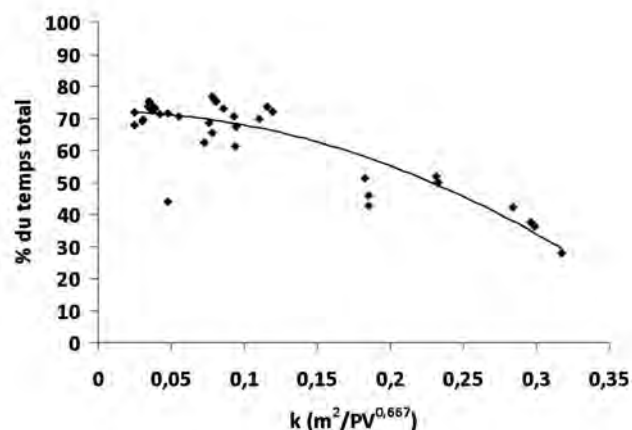


Figure 1 - Prédiction de l'effet de l'espace sur le pourcentage de temps total passé couché ou assis

Par contre, à partir de 0,070 $m^2/kg^{0,667}$, une diminution progressive du temps consacré à ces deux postures peut être prédite lorsque l'espace disponible augmente.

Ces résultats ne semblent pas correspondre à ceux de Gonyou *et al.* (2006) et Averós *et al.* (2010), qui notaient un accroissement des performances et du comportement de repos lorsque la valeur k augmentait, jusqu'à un maximum obtenu pour un espace par porc de respectivement 0,034 et 0,039 $m^2/kg^{0,667}$. Au delà de ces valeurs d'espace disponible, les performances et le comportement de repos restaient constants.

Toutefois, les gammes des valeurs k dans ces deux études sont clairement plus restreintes que celles de la présente étude ; de plus, les études mentionnées ci-dessus ont été réalisées en utilisant des informations obtenues en conditions intensives, ce qui ne rend pas les résultats strictement comparables.

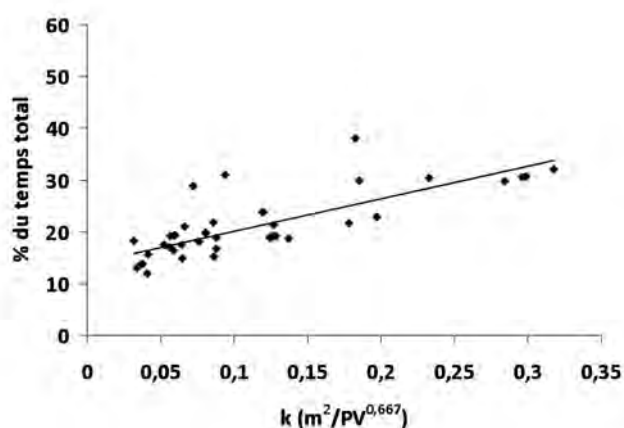
2.3. Effet d'une augmentation de l'espace disponible par porc sur le temps total consacré à l'exploration

On observe une interaction significative entre les effets de la présence/absence de la litière et de la valeur k sur le pourcentage du temps consacré à l'investigation ($P < 0,01$), tandis que le terme quadratique de la valeur k ne montre pas d'effet significatif.

En présence de litière, on prédit une augmentation linéaire du pourcentage du temps consacré à l'investigation totale lorsque la valeur k augmente (Equation [2] du Tableau 2 ; Figure 2), relation qui n'est pas trouvée en absence de litière.

Tableau 2 - Equations de prédiction des effets de l'espace sur les différents comportements étudiés

	Nb. exp.	Nb. obs.	Constante		Variable indépendante			P	R ²	RMSE ²
			Valeur estimée	Erreur standard	Variable ¹	Valeur estimée du coefficient	Erreur standard			
[1] ³	10	48	72,2076	1,0273	k × k	-425,2	33,2522	< 0,001	0,7804	6,05
[2] ³	16	48	13,7360	0,9702	k	63,0898	7,1848	< 0,001	0,6264	3,81
[3] ³	6	16	8,1242	1,1716	k × k	376,3	69,3343	< 0,001	0,6779	2,87
[4] ³	14	43	4,1365	0,7260	k	-31,8218	11,8736	< 0,001	0,7054	1,46
					k × k	174,6	35,8368			

¹k, m²/PV^{0,667}²Racine carrée des carrés des erreurs³Equation du type % du temps = Constante + Σi (variable_i * coefficient_i)**Figure 2** - Prédiction de l'effet de l'espace sur le pourcentage du temps total consacré à l'investigation totale

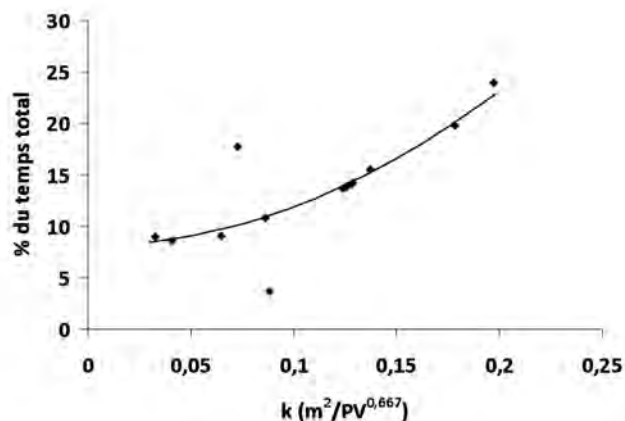
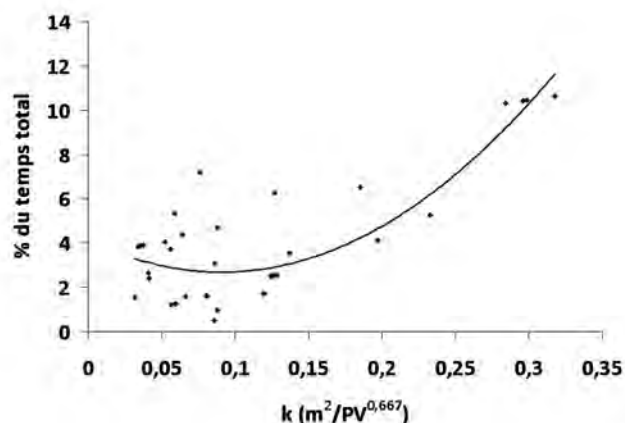
Il a été suggéré que l'augmentation de l'espace disponible par animal favorise la motivation d'investigation des porcs vers le milieu physique du logement, ce qui entraînerait, en particulier, la réduction des comportements sociaux négatifs vers les autres congénères (Turner *et al.*, 2003). Il est aussi connu que la présence de litière stimule, et en même temps satisfait, les besoins de fouille des porcs (Fraser, 1985 ; Van de Weerd et Day, 2009). Nos résultats suggèrent que la relation entre l'augmentation des comportements d'investigation avec l'espace disponible par porc est fortement influencée par la présence d'enrichissement, notamment celle de litière.

2.4. Effet d'une augmentation de l'espace disponible par porc sur le temps consacré à l'exploration du sol

Le terme quadratique de la valeur k montre un effet significatif sur le pourcentage du temps passé en investigation du sol (P < 0,01). L'interaction entre les effets de la valeur k et de la présence/absence d'objets d'enrichissement est aussi significative (P < 0,01). Il est connu que l'introduction d'objets d'enrichissement dans le logement des porcs réduit leur inactivité et favorise les interactions sociales positives (Guy *et al.*, 2002). En présence d'objets d'enrichissement, on prédit une augmentation du pourcentage du temps consacré à l'investigation du sol (Equation [3] du Tableau 2 ; Figure 3), effet qui n'est pas trouvé en l'absence d'objets d'enrichissement. Il apparaît donc que lorsque l'espace disponible augmente, l'intérêt des porcs pour le sol est fortement lié à la présence d'objets d'enrichissement, indépendamment de la présence ou de l'absence de la litière.

2.5. Effet d'une augmentation de l'espace disponible par porc sur le temps consacré à l'investigation des autres objets du milieu de vie.

La valeur k présente une interaction significative avec la présence/absence de litière sur le pourcentage de temps passé à l'investigation des objets de la loge, autres que ceux qui servent d'enrichissement (P < 0,001).

**Figure 3** - Prédiction de l'effet de l'espace sur le pourcentage de temps consacré à l'investigation du sol**Figure 4** - Prédiction de l'effet de l'espace sur le pourcentage de temps consacré à l'investigation des autres objets du logement

On peut ainsi prédire une augmentation du temps passé à l'investigation de ces objets lorsque l'espace disponible augmente, en présence de litière (Equation [4] du Tableau 2 ; Figure 4), ce qui n'est pas le cas en absence de litière.

Van de Weerd et Day (2009) rapportent un effet favorable de la présence de litière sur la motivation pour l'investigation. Dans notre modèle d'estimation, on observe, en absence d'objets d'enrichissement, une augmentation significative du temps passé à l'investigation des autres objets du logement ($P < 0,001$). Ceci pourrait être associé à des réponses de frustration, du fait d'une difficulté à satisfaire totalement la motivation d'investigation (Mench, 1998), malgré la présence de litière.

CONCLUSION

Une augmentation de l'espace disponible par animal entraîne des effets positifs sur l'activité physique et le comportement des porcs. En général, nos résultats permettent de confirmer l'existence d'une diminution du temps d'inactivité, ainsi qu'une augmentation du temps consacré à l'investigation, lorsque l'espace disponible s'accroît. Cependant, cet effet

reste fortement dépendant de l'enrichissement de la loge, sous la forme de litière ou d'objets d'enrichissement.

Ces résultats peuvent contribuer à mieux déterminer et quantifier les effets combinés du milieu physique et de l'enrichissement du milieu de vie sur le comportement des porcs, en permettant une meilleure détermination des impacts des systèmes d'élevage sur leur bien-être.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la participation de la Communauté Européenne, 6^e PCRD, au projet intégré Q-PORKCHAINS FOOD –CT-2007-036245, qui a été la source majeure d'informations pour cet article.

Le contenu de cet article reflète uniquement l'avis des auteurs; l'Union Européenne n'est pas responsable de l'utilisation qui peut être faite de l'information contenue dans cet article.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Averós X., Brossard L., Dourmad J.Y., de Greef K., Edge H.L., Edwards S.A., Meunier-Salaün M.C., 2010. Quantitative assessment of the effects of space allowance, group size and floor characteristics on the lying behaviour of growing-finishing pigs. *Animal*, 4, 777-783.
- Fraser D., 1985. Selection of bedded and unbedded areas by pigs in relation to environmental temperature and behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 14, 117-126.
- Gonyou H.W., Brumm M.C., Bush E., Deen J., Edwards S.A., Fangman T., McGlone J.J., Meunier-Salaün M.C., Morrison R.B., Spoolder H., Sundberg P.L., Johnson A.K., 2006. Application of broken-line analysis to assess floor space requirements of nursery and grower-finisher pigs expressed on an allometric basis. *J. Anim. Sci.*, 84, 229-235.
- Guy J.H., Whitehead N., Cussins R.A., 2002. The pig mobile: a simple environmental enrichment device for growing pigs in barren pens. Proc. "36th International Congress of the ISAE", August 2002, Pays-Bas, p. 142.
- Mench J.A., 1998. Environmental enrichment and the importance of exploratory behaviour. In: D.J. Shepherdson, J.D. Mellen & M. Hutchins (Eds), *Second nature: environmental enrichment for captive animals*, 30-46. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., USA.
- Petherick J.C., 1983. A biological basis for the design of space in livestock housing. In : S.H. Baxter, M.R. Baxter & J.A.C. MacCormack (Eds), *Farm animal housing and welfare*, 103-120. Martinus Nijhoff Dordrecht, Pays Bas.
- SAS, 2000. SAS/STAT users guide, version 8.01. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Sauvart D., Schmidely P., Daudin J.J., St-Pierre N.R., 2008. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. *Animal*, 2, 1203-1214.
- St-Pierre N.R., 2001. Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *J. Dairy Sci.*, 84, 741-755.
- Turner S.P., Allcroft D.J., Edwards S.A., 2003. Housing pigs in large social groups: a review of implications for performance and other economic traits. *Livest. Prod. Sci.*, 82, 39-51.
- Van de Weerd H.A., Day J.E.L., 2009. A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 92, 261-282.

