Les systèmes de mise-bas alternatifs

Les systèmes de mise-bas commerciaux en Europe utilisent essentiellement des cages de mise-bas pour les élevages en bâtiment ou des cabanes en plein air, qui représentent les deux extrêmes en termes de confinement de la truie, de l'apport de substrats et du contrôle de l'environnement. Au Royaume-Uni, les deux systèmes, tout deux largement présents, donnent des résultats similaires en termes de mortalité des porcelets nés vivants, avec des taux moyens de 12,30% et de 12,85% chacun (BPEX, 2009). Environ 92% des truies dans 14 pays européens mettaient bas dans des cages à la fin des années 90 (Hendriks et al., 1998) ; ce système pose des problèmes pour le bien-être à la fois des truies et des porcelets, et les pressions pour l'abandon de son utilisation s'intensifient (RSPCA, 2011 ; CIWF 2006). Des estimations réalistes suggèrent que 25% du cheptel national britannique est élevé en plein air (BPEX, 2008) tandis qu'en France moins de 1% de la production porcine se fait en plein air (Ifip, 2011). En bâtiment, il est nécessaire de trouver des alternatives commercialement viables à la cage de mise-bas. Malgré de nombreuses années de recherche sur les systèmes de mise-bas alternatifs, et un certain succès des enclos Schmid (Weber et al., 2007), il existait peu de recommandations claires sur les alternatives commercialement viables jusque récemment (Baxter et al., 2011 ; Edwards and Baxter, 2010).

La mortalité des porcelets à ce jour dans les systèmes de mise-bas alternatifs

La survie des porcelets est primordiale pour le bien-être des animaux et pour la viabilité économique de l'élevage ; une augmentation de la mortalité de 1% réduit les revenus du travail de 12% et une augmentation du coût de production de 1% peut réduire les revenus de 30 à 50% (Anon 1997). Pour être adoptées, les alternatives à la cage de mise-bas doivent donc donner des résultats comparables à ceux de la cage de mise-bas en termes de mortalité des porcelets.

Dans les années 90 et au début des années 2000, des études expérimentales ont commencé à se concentrer sur les enclos individuels avec ou sans apport de paille ainsi que sur les niches, les cages qui s'ouvrent et les aires de nidification basiques ; elles montrent que la mortalité des porcelets (en pourcentage des porcelets nés vivants) va de 15 à 25% (par exemple Marchant, 1997 ; Marchant et al., 2000 ; Jones et al., 2003 ; Damm et al., 2005a) et est généralement plus élevée que dans les cages. Weber et al. (2007), cependant, rapportent que des données du secteur commercial suisse sur les pertes dans les enclos de mise-bas (>5m^2, dans 173 exploitations) sont similaires à celles sur les pertes dans les cages (482 exploitations), à 12,7%. Il y a davantage de porcelets écrasés dans les systèmes alternatifs (0,62 contre 0,52 porcelets par portée) mais la taille de la portée à la naissance est le principal facteur jouant sur la mortalité. L'âge des truies dans les enclos est également une cause de mortalité accrue (Weber et al., 2009), alors qu'une mortalité inférieure est associée à l'utilisation de barres anti-écrasement sur tous les côtés de l'enclos, l'apport de litière dans l'espace de la truie pendant la mise bas et l'aide apportée aux porcelets pour qu'ils obtiennent du colostrum (Anderson et al., 2007).

Des données récentes relatives au système « PigSAFE » sur un site au Royaume-Uni indiquent que la mortalité pré-sevrage (en pourcentage des porcelets nés vivants) dans le système prototype ne

diffère pas de la mortalité pré-sevrage dans les cages (6,4% dans le système « PigSAFE », 7,5% dans les cages) (Edwards et al., 2011).

Pedersen et al. (2011a) ont étudié le risque pour les porcelets issus de deux groupes génétiques distincts (taux élevé de survie des porcelets à cinq jours contre taux faible) de mourir de diverses causes dans deux systèmes de mise bas : un enclos (7,4m^2, 2kg de paille broyée par jour) ou une cage (4,7m^2, 1kg de paille broyée par jour). Le groupe génétique n'a eu d'impact significatif sur aucune catégorie de mortalité, dont le taux moyen était de 18,2% du nombre total de porcelets nés, et le type de système n'a pas non plus eu d'impact sur le risque pour les porcelets d'être mort-nés, d'être écrasés ou de mourir de faim. Le poids à la naissance, la température du corps deux heures après la naissance et la durée de la mise-bas se sont tous révélés des facteurs importants pour déterminer le risque d'écrasement, d'affamement ou de maladie, suggérant que les mêmes caractéristiques étaient importantes pour la survie dans les deux systèmes. Une conduite adaptée des systèmes alternatifs est donc essentielle à leur succès. Les facteurs déterminants pour la survie des porcelets et pour la garantie du bien-être des truies et des porcelets sont analysés ci-dessous.

La nidification et la parturition

Les truies ont un besoin comportemental inné de construire un nid, besoin qui a survécu à la domestication, et qui implique la recherche de matériaux de nidification, le creusement d'une cavité peu profonde, et la construction d'un nid adéquat (pour les détails complets, voir Wechsler and Weber, 2007 ; Wischner et al., 2009 ; Baxter et al., 2010). La réalisation de ce comportement déclenche une augmentation des taux d'ocytocine et la truie devient inactive, prête pour la parturition.

Bien que certains éléments du comportement de nidification (mordre et gratter l'équipement des enclos et le sol) soient présents dans les cages de mise bas, leur réalisation n'est pas satisfaisante, et cette phase dure plus longtemps que dans les enclos garnis de paille (Damm et al., 2003 ; Wischner et al, 2009). Une rétroaction environnementale de mauvaise qualité engendre des taux d'ocytocine plus bas et des durées de parturition plus longues pour les truies en cages, augmentant les taux de mort-nés et retardant la libération du colostrum (Oliviero et al., 2008).

La nidification cesse plus facilement chez les cochettes avec l'apport de branches ainsi que de litière de paille, qui permettent la construction de nids plus structurés (Damm et al., 2000). Dans la pratique, la paille longue s'avère plus efficace que la paille courte pour mettre un terme à l'activité de nidification (Burri et al., 2009); Edwards and Baxter (2010) recommandent l'apport d'un minimum de 2kg de paille longue pré-partum.

La stimulation du comportement maternel

Le comportement maternel dès le début de la mise-bas jusqu'au sevrage est d'une grande importance, principalement parce qu'il agit sur la mortalité des porcelets. Dans l'idéal, une fois que la parturition a commencé, la truie entre dans une phase de coucher latéral et d'exposition de la mamelle prolongée, avec de courtes périodes debout pour établir un contact groin à groin avec ses porcelets. A 30 heures post-partum, la production de colostrum (par la truie) et son absorption (par l'intestin du porcelet) ont cessé, et des séances d'allaitement fréquentes (toutes les 30 à 70 minutes)

sont donc essentielles. Cette période est très risquée pour les porcelets, surtout pour ceux qui sont petits, ont froid ou sont faibles, car ils doivent se déplacer jusqu'à la mamelle tout en évitant de se faire écraser par la truie. Stimuler le comportement maternel en fournissant le bon environnement physique et thermique à la truie est essentiel, même si la sélection génétique du comportement maternel jouera un rôle important dans l'avenir (Thordberg et al., 2002a; Baxter et al., 2011).

Le passage de la position debout à la position couchée constitue la cause d'écrasement la plus courante autour de la mise-bas à la fois dans les systèmes libres en bâtiment et dans les systèmes en plein air (Baxter et al., 2011). L'attention et le contrôle que prête une truie en se couchant et en changeant de position lorsqu'elle est couchée sont déterminants pour la survie des porcelets dans tout système. On a observé que les mères qui n'écrasent pas leurs petits passent plus de temps à établir un contact groin à groin avec leurs porcelets avant de se coucher, et qu'elles réagissent plus rapidement à leurs cris de détresse (Andersen et al., (2005) cités dans Baxter et al., 2010). Un fort « indice de vigilance » (basé sur la durée du temps passé à renifler et à fouiller et gratter le sol avant de se coucher dans des cages octogonales qui leur permettent de se déplacer et sont garnies de paille) est corrélé à un moindre risque d'écrasement (Pokorna et al., 2008). Inversement, la forte fréquence de changements de position entre la naissance du premier porcelet et celle du troisième et le risque d'écrasement pendant la mise bas augmente avec la forte fréquence du roulement d'une position couchée sur le ventre à une position couchée sur le côté (Thodberg et al., 2002b), tout comme le passage à une position couchée rapide, ou le passage à une position couchée sur le côté sans prise d'appui sur un mur, ou lorsque les porcelets sont dispersés autour de la truie (Burri et al., 2009). Les coches réagissent davantage aux enregistrements de cris de détresse de porcelets dans les enclos libres que dans les cages (Nowicki and Schwarz 2010), ce qui indique un effet positif des systèmes libres sur le comportement maternel.

Le succès des séances d'allaitement est également déterminant pour la survie des porcelets. Les truies logées dans des enclos ont une descente de lait plus longue et interrompent moins de séances d'allaitement que les truies confinées dans des cages (Dyjbaer et al., 2001 ; Devillers and Farmer, 2008 ; Litschauer et al., 2006 ; Pederson et al., 2011b), donnant aux porcelets les meilleures chances de survie.

L'apport d'un environnement thermique adéquat

L'environnement de mise-bas doit fournir un microclimat thermique adéquat pour la survie des porcelets, tout particulièrement pendant les 48 à 72 premières heures, car les porcelets nouveau-nés sont mouillés, ne peuvent pas réguler leur propre température et n'ont aucune immunité active. Ils ont besoin de se sécher, de se réchauffer et d'ingérer du colostrum dès que possible.

Les truies élevées dans des systèmes alternatifs (ou les truies élevées dans un environnement semi-naturel) régulent le microclimat de leurs progéniture en adaptant la construction de leur nid (généralement la quantité de litière) aux conditions environnementales (Jensen, 1989), et sont capables de maintenir le nid à une température moyenne de 20^{o}C par température ambiante basse (Alger and Jensen, 1990). Dans les systèmes commerciaux de mise-bas libre en plein air, les truies sont également capables de maintenir la température de leur cabane entre 21 et 24^{o}C (Johnson and McGlone, 2003), et la température au creux de leur épaisse litière de paille à 31,5^{o}C lorsque la température de leur cabane est de moins de 15^{o}C (Baxter et al, 2009). Les lampes chauffantes au-

dessus de la zone de protection et les sols chauffés réchauffent les porcelets immédiatement après la naissance et permettent de réduire la mortalité (Andersen et al., 2007 ; Malmkvist et al., 2006).

Les installations de mise-bas sont généralement maintenues à une température ambiante de 18 à 23^{o} C, car un stress thermique de la truie peut engendrer une réduction de sa consommation alimentaire et de sa production de lait. Cependant, pendant les premiers jours post-partum les truies élevées dans des systèmes intensifs choisissent des aires de repos dont la température au sol est de 34^{o}C (Phillips et al., 2000; Pederson et al., 2007), avant de se déplacer progressivement vers un sol à 22^{o}C. Une température au sol élevée encourage la truie à effectuer moins de changements de position et les porcelets à passer progressivement plus de temps loin de la truie (Pederson et al., 2007), réduisant ainsi le risque d'écrasement ; de plus, les truies ne sont pas stressées par les températures au sol élevées (Malmkvist et al., 2006). Lorsqu'elle peut s'exprimer, cette capacité de la truie à choisir ou à créer un microclimat chaud bien au-delà de sa zone de confort thermique neutre (~18 à 20^{o}C) lui permet de pourvoir aux besoins d'un nouveau-né dont la température critique minimale est beaucoup plus élevée que la sienne (~34^{o}C), et est essentielle pour la survie aux stades initiaux.

Pour le confort thermique des porcelets pendant la parturition, on recommande une épaisseur de litière de 10 à 12 cm, selon les caractéristiques du sol et la température ambiante (Baxter et al., 2010). 24 heures après la mise bas, on peut réduire cette épaisseur et fournir de petites quantités de paille broyée ou de sciure de bois récréatives.

Au fur et à mesure de la lactation, il convient d'envisager des méthodes pour rafraîchir la truie afin de maintenir sa consommation alimentaire et sa production de lait. Les sols en béton garantissent une meilleure conduction de la chaleur que les sols en plastique et que les sols en fonte (Pedersen and Ravn, 2008), tandis que les systèmes de refroidissement du sol augmentent le temps d'allaitement, la consommation alimentaire de la truie et la prise de poids des porcelets (Silva et al., 2009) ; le rafraîchissement par évaporation dans les climats chauds est recommandé (Huynh et al 2007).

L'utilisation de sols pleins

Les sols ajourés (caillebotis) engendrent un plus fort taux d'écorchures aux pattes et de coupures aux mamelles que les sols de béton pleins ou que les sols avec paille (Edwards and Lightfoot, 1986), et les truies en cages de mise-bas préfèrent les sols en béton pleins aux caillebotis en plastique et en métal galvanisé (Philips et al., 1996). Récemment, on a découvert que les caillebotis en fonte étaient impliqués dans des cas de syndrome métrite-mammite-agalaxie et augmentaient la mortalité des porcelets de 4 à 5% (Hoy, 2004), et que les caillebotis en acier étaient liés à une augmentation des blessures aux pattes chez les porcelets (Lewis et al., 2005). Zoric et al. (2008) ont découvert des taux de boiterie chez les truies plus importants sur caillebotis intégral ou partiel en béton ou en métal que sur les sols de béton pleins, mais les abrasions cutanées et les exongulations étaient plus fréquentes sur les sols en béton. Enfin, le passage des truies de la position debout à la position assise ou couchée se faisait plus rapidement sur les caillebotis en métal que lorsque les truies bénéficiaient de tapis où se coucher (Boyle et al., 2000 ; Damm et al., 2005b), probablement en raison de l'inconfort de s'agenouiller sur un caillebotis en métal, ce qui augmentait le risque d'écrasement des porcelets.

Les sols pleins sont donc recommandés pour la zone du nid, avec un caillebotis dans l'aire de déjection pour l'évacuation des excréments et le maintien de l'hygiène. On recommande des largeurs de fentes de 10mm ou moins, avec des angles arrondis (Baxter et al., 2010).

La provision d'espace suffisant dans l'enclos de mise-bas

L'espace fourni dans un enclos de mise-bas est considéré comme un facteur majeur jouant sur le comportement maternel, plus que l'apport de paille (Jarvis et al., 2002). Bien que les enclos Schmid suisses fournissent des espaces disponibles de 5,1 à 8,6m^2 (Weber et al., 2009), Schmid (1991) considère que la taille minimum de l'enclos doit être de 7,5m^2, divisés à peu près équitablement entre le nid et l'aire d'activité.

Quand Baxter et al. (2010) ont utilisé des équations allométriques afin d'estimer l'espace requis pour un enclos comprenant une zone de nid, une aire d'alimentation séparée, de l'espace pour la croissance des porcelets à la mamelle et une zone de sécurité, ils ont calculé une surface d'enclos totale de 9,75m^2. Les exigences d'espace relatives aux nouveaux modèles d'enclos PigSAFE recommandent ultérieurement une surface d'enclos de 9m^2 (Edwards and Baxter, 2010), bien que des essais réalisés avec des enclos rénovés de 7,7m^2 s'avèrent positifs (Edwards et al., 2011).

Les autres aspects importants de la conception et de la disposition des installations de mise-bas

Les aspects suivants sont également recommandés par Baxter et al. (2010) dans leur évaluation de la conception des systèmes de mise-bas : **Les parois de l'enclos :** Les truies préfèrent les sites de nid entourés par ou adossés à un mur plein (Stolba and Wood-Gush, 1984) ; la présence de trois côtés pleins peut répondre à cette préférence dans des conditions commerciales, et la zone de nid ne doit pas être fortement éclairée. **Les murs inclinés** : Ceux-ci fournissent à la truie un soutien qui lui permet de se coucher plus lentement et plus soigneusement et sont préférables aux barres anti-écrasement (Damm et al., 2006). Les porcelets peuvent se coucher dans la zone qui sépare le mur incliné du mur vertical et qui les protège de la truie, et que devraient présenter tous les murs de l'enclos. **Le mélange des truies et des porcelets pendant la lactation** : est à éviter. **L'enrichissement de l'environnement des porcelets** : L'apport de matériaux manipulables que les porcelets peuvent fouiller, tels que la tourbe, pourrait réduire l'agressivité et les comportements tels que les coups de groin au ventre. Il est souhaitable de fournir aux porcelets un abreuvoir à tétine inclinée vers le haut dans la zone en caillebotis.

Résumé

Dans la pratique, il est souhaitable que les producteurs qui développent des systèmes de mise-bas alternatifs en bâtiment prennent en compte certains aspects essentiels de conception et de conduite d'élevage pour maximiser la survie des porcelets et améliorer le bien-être des truies et des porcelets. Ces aspects incluent : un espace suffisant, des sols pleins avec de la paille longue dans la zone du nid, un environnement physique et thermique optimal pour stimuler le comportement maternel, les éléments de conception essentiels qui ont été précédemment soulignés et enfin, une adaptation progressive de la conduite et des pratiques d'élevage.

Références

Algers, B., and Jensen, P. (1990) Thermal Microclimate in Winter Farrowing Nests of Free-ranging Domestic Pigs Livestock Production Science, 25 177-181 177

Andersen, I.L., Berg , S. And Boe, K.E. (2005) Crushing of piglets by the mother sow (Sus scrofa) – purely accidental or a poor mother? Applied Animal Behaviour Science 93: 229-243

Andersen, I.L., Tajet, G.M., Haukvik, I.A., Kongsrud, S. And Boe, K.E. (2007) Relationship between postnatal piglet mortality, environmental factors and management around farrowing in herds with loose-housed lactating sows. Acta Agriculturae Scandanavica Section A: 57: 38-45

Baxter, E.M., Jarvis, S., Sherwood, L., Robson, S.K., Ormandy, E., Farish, M., Smurthwaite, K.M., Roehe, R., Lawrence, A.B. and Edwards, S.A. (2009) Indicators of piglet survival in an outdoor farrowing system. Livestock Science 124: 266-276

Baxter, E.M., Lawrence, A.B. and Edwards, S.A. (2010) Alternative farrowing systems: design criteria for farrowing systems based on the biological needs of sows and piglets. Animal 5(4): 580-600

Baxter, E.M., Jarvis, S., Sherwood, L., Farish, M., Roehe, R., Lawrence, A.B. and Edwards, S.A. (2011) Genetic and environmental effects on piglet survival and maternal behaviour of the farrowing sow. Applied Animal Behaviour Science 130: 28-41

Boyle, L.A., Regan, D., Leonard, F.C., Lynch, P.B. and Brophy, P. (2000) 'The effect of mats on the welfare of sows and piglets in the farrowing house', Animal Welfare, **9**, 39 - 48.

BPEX (2008) Economic and Policy Analysis Group, Structure of the UK Pig Industry, 6. November 2008. Available at: http://www.bpex.org/downloads/297271/288141/Structure%20of%20the%20UK%20pig%20industry%20-%20feed.pdf

BPEX (2009) Pig Yearbook 2009. BPEX, Winterhill House, Snowdon Drive, Milton Keynes, MK6 1AX. ISBN 978-1-904437-39-0

Burri, M., Wechsler, B., Gyax, L. and Weber, R. (2009) Influence of straw length, sow behaviour and room temperature on the incidence of dangerous situations for piglets in a loose farrowing system. Applied Animal Behaviour Science 117: 181-189

Damm, B.I., Vestergaard, K.S., Schrøder-Petersen, D.L., and Ladewig, J. (2000) The effects of branches on prepartum nest building in gilts with access to straw. Applied Animal Behaviour Science 69(2): 113-124

Damm, B.I., Lisborg, L., Vestergaard, K.S., Vanicek, J. (2003) Nest-building, behavioural disturbances and heart rate in farrowing sows kept in crates and Schmid pens. Livestock Production Science 80: 175–187

Damm,B.I., Pedersen L.J., Heiskanen T., NielsenN.P. (2005a) Long-stemmed straw as an additional nesting material in modified Schmid pens in a commercial breeding unit: effects on sow behaviour, and on piglet mortality and growth Applied Animal Behaviour Science 92: 45–60

Damm, B.I., Forkman, B. and Pedersen, L.J. (2005b) 'Lying down and rolling behaviour in sows in relation to piglet crushing', Applied Animal Behaviour Science, 90, 3 – 20.

Damm, B.I., Moustsen, V., Jørgensen, E. Pedersen, L.J., Heiskanen, T., Forkman, B. (2006) Sow preferences for walls to lean against when lying down Applied Animal Behaviour Science 99: 53–63

Devillers, N. and Farmer, C. (2008) 'Effects of a new housing system and temperature on sow behaviour during lactation', Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Sciences, 58, 55 - 60.

Dybjaer, L., Olsen, A. N. W., Miller, F. and Jensen, K. H. (2001) 'Effects of Farrowing Conditions on Behaviour in Multi-suckling Pens for Pigs', Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Sciences, 51, 134 - 141.

Edwards, S.A. and Lightfoot, A. L. (1986) 'The effect of floor type in farrowing pens on pig injury. II. Leg and teat damage of sows', British Veterinary Journal, 142, 441 - 445.

Edwards, S.A. and Baxter E.M. (2010) The PigSAFE Project: Developing an alternative to the farrowing crate. Recommended dimensions and details for building PigSAFE pens. November 2010.

Edwards, S.A., Brett, M., Guy, J.H., and Baxter, E.M. (2011) Practical evaluation of an indoor free farrowing system: the PigSAFE pen. In: Proceedings of 62nd Annual Meeting EAAP, Stavanger 2011, Page 17

Hendriks, H.J.M., Pedersen, B.K., Vermeer, H.M. and Wittmann, M. (1998) Pig housing systems in Europe: Current distributions and trends. Pig News and Information 19: 97-104

Hoy, S. (2004) '9 Years of Data on MMA', Pig Progress, 20, 14 - 15.

Huynh, T.T.T., Aarnink, A.J.A., Heetkamp, M.J.W., Vestegen, M.W.A. and Kemp, B. (2007) 'Evaporative heat loss from group-housed growing pigs at high ambient temperatures', Journal of Thermal Biology, 32, 293 - 299.

Jarvis, S., Calvert, S.K., Stevensen, J., vanLeeuwen, N., Lawrence A.B. (2002) Pituitary-adrenal activation in pre-parturient pigs (Sus Scrofa) is associated with behavioural restriction due to lack of space rather than nesting substrate. Animal Welfare 11: 371-384.

Jensen, P. (1989) Nest Site Choice and Nest Building of Free-ranging Domestic Pigs Due to Farrow Applied Animal Behaviour Science, 22: 13-21 13

Johnson, A.K., and McGlone, J.J. (2003) Fender design and insulation of farrowing huts: Effects on performance of outdoor sows and piglets. Journal of Animal science 81: 955-964.

Jones, T.A., Hunter E.J., Johnson, P., Guise, J. (2003) Non-restraint farrowing systems: An industry approach. The Pig Journal 52: 124-133

Lewis, E., Boyle, L. A., O'Doherty, J. V., Brophy, P. and Lynch, P. B. (2005) 'The effect of floor type in farrowing crates on piglet welfare', Irish Journal of Agricultural and Food Research, 44, 69 - 81.

Litschauer, K., Haidn, B. and Auernhammer, H. (2006) Circular Crates for Farrowing Sows- Effects on Animal Behaviour [www document]. http://www.tec.wzw.tum.de/landtech/downloads/poster/2006_CircularCrates.pdf (Accessed 28 February 2009).

Malmkvist, J., Pedersen, L.J., Damgaard, B.M., Thodberg, K., Jorgensen, E. And Labouriau, R. (2006) Does floor heating around parturition affect the vitality of piglets born to loose housed sows? Applied Animal Behaviour Science 99: 88-105

Marchant, J.N. (1997) Alternatives to confining the sow. University of Cambridge, Department of Clinical Veterinary Medicine, Madingly Road, Cambridge, CP3 0ES and ADAS Terrington, Terrington St Clement, Kings Lynn, Norfolk, PE34 4PW.

Marchant, J.N., Rudd, A.R., Mendl, M.T., Broom, D.M., Meredith, M,J., Corning, S., Simmins, P.J. (2000) Timing and causes of piglet mortality in alternative and conventional farrowing systems. Veterinary Record 147: 209-214.

Nowicki, J and Schwarz, T. (2010) Maternal responsiveness of sows housed in two farrowing environments measured in behavioural tests. Ann. Anim. Sci. 10(2): 179-186

Oliviero, C., Heinonen, M., Valros, A., Halli, O. and Peltoniema, O. A. T. (2008) 'Effect of the environment on the physiology of the sow during late pregnancy, farrowing and early lactation', Animal Reproduction Science, **105**, 365 – 377.

Pedersen, L.J., Malmkvist, J., and Jørgensen E. 2007 The use of a heated floor area by sows and piglets in farrowing pens Applied Animal Behaviour Science 103: 1–11

Pedersen, S. and Ravn, P. (2008) Characteristics of slatted floors in pig pens; friction, shock absorption, ammonia emission and heat conduction, Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal, Manuscript BC 08 005.

Pedersen, L.J., Berg, P., Jorgensen, G. and Andersen, I.L. (2011a) Neonatal piglet traits of importance for survival in crates and indoor pens. Journal of Animal Science 89: 1207-1218

Pedersen, M.L., Mousten, V.A., Nielsen, M.B.F. and Kristensen, A.R. (2011b) Improved udder access prolongs duration of milk letdown and increases piglet weight gain. Livestock Science 140(1): 253-261

Phillips, P.A., Fraser. D. and Thompson, B. K. (1996) 'Sow preference for types of flooring in farrowing crates', Canadian Journal of Animal Science, 74, 485 - 489.

Phillips, P.A., Fraser D., and Pawluczuk B (2000) Floor temperature preference of sows at farrowing Applied Animal Behaviour Science 67: 59–65

Pokorna, Z., Illmann, G., Simeckova, M. Chaloupkova, H. And Kratinova, P. (2008) Carefulness and flexibility of lying down behaviour in sows during 24h post-partum in relation to piglet position. Applied Animal Behaviour Science 114: 346-358

Schmid H. (1991) A practical, behaviour specific housing system for farrowing and lactating sows. In: Alternatives in Animal husbandry. Proceedings of the International Conference. Eds. Boehncke, E. and Molke, N. Witzenhausen, July 22-25 1991.

Silva, B.A.N., Oliveira, R. F. M., Donzele, J. L., Fernandes, H. C., Lima, A. L., Renaudeau, D. and Noblet, J. (2009) 'Effect of floor cooling and dietary amino acids content on performance and behaviour of lactating primiparous sows during summer', Livestock Science, 120, 25 – 34.

Stolba, A., and Wood-Gush D.G.M (1984) The identification of behavioural key features and their incorporation into a housing design for pigs. Annales de Recherches Veterinaire 15: 287-299

Thodberg, K., Jensen, K.H. and Herskin, M.S (2002a) Nursing behaviour, postpartum activity and reactivity in sows. Effects of farrowing environment, previous experience and temperament. Applied Animal Behaviour Science 77: 53-76

Thodberg, K., Jensen, K.H. and Herskin, M.S. (2002b) Nest building and farrowing in sows: relation to the reaction pattern during stress, farrowing environment and experience. Applied Animal Behaviour Science 77: 21-42

Weschler, B. And Weber, R. (2007) Loose farrowing systems: challenges and solutions. Animal Welfare. 16: 295-307

Weber, R., Keil, N.M., Fehr, M. And Horat, R (2007) Piglet mortality on farms using farrowing systems with or without crates. Animal Welfare 16: 277-279

Weber, R., Keil, N.M., Fehr, M. And Horat R. (2009) factors affecting piglet mortality in loose farrowing systems on commercial farms. Livestock Science 124: 216-222

Wischner, D., Kemper, N. And Krieter, J. (2009) Nest building behaviour in sows and consequences for pig husbandry. Livestock Science 124: 1-8

Zoric, M., Mattsson, S., Kjellerby, P. and Wallgren, P. (2008) Incidence of Lameness and Abrasions in Piglets in Identical Farrowing Pens with Four different types of Pens. Available at: http://www.sva.se/upload/pdf/Djurh%C3%A4lsa/Gris/Kongressrapport%20-%20%204,%20IPVS%202008,%20Durban,%20Sydafrika.pdf (Accessed 10 February 2009).