

Impact de la séparation fèces-urine sous caillebotis sur la qualité de l'air ambiant en porcherie

Martin BELZILE (1), Stéphane GODBOUT (1), Stéphane P. LEMAY (1), Jacques LAVOIE (2), Isabelle LACHANCE (3), Francis POULIOT (4)

(1) Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), Québec, Canada.

(2) Institut de recherche en santé et sécurité au travail, Montréal, Canada.

(3) Université Laval, Québec, Canada.

(4) Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ), Québec, Canada.

martin.belzile@irda.qc.ca

Impact de la séparation fèces-urine sous caillebotis sur la qualité de l'air intérieur

Les systèmes de séparation du lisier sont de plus en plus populaires en raison à certaines pressions environnementales sur le secteur porcin. Selon la littérature, la séparation fèces-urine directement sous les lattes devrait avoir un impact positif sur la qualité de l'air dans le bâtiment. L'effet sur la qualité de l'air de quatre systèmes de séparation sous les lattes (une courroie, un filet et une grappe en V opérée à deux fréquences d'opération) a donc été évalué et comparé à un système de « bouchon » (témoin) et à une grappe conventionnelle. L'expérimentation a été réalisée dans 12 chambres indépendantes contenant chacune quatre porcs en croissance-finition. La température, l'humidité relative et le débit d'air ont été soigneusement mesurés dans chaque chambre et des échantillons d'air ont été recueillis et analysés pour connaître les émissions de gaz, d'odeur, de poussières et de bioaérosols. Les résultats démontrent qu'il y a eu un effet significatif des traitements sur les émissions de NH_3 ($p=0,02$). Sans système de séparation, retirer le lisier tous les 2 à 3 jours réduit significativement les émissions de NH_3 d'environ 50 % comparativement au témoin. Les systèmes de séparation sous les lattes ont procuré cependant le même niveau de réduction des émissions de NH_3 que la grappe conventionnelle. Selon cette étude, une fraction importante des particules retrouvées dans l'air proviendrait donc d'autres sources que le caniveau.

Impact of under-slat manure separation systems on indoor air quality

In-barn manure separation systems are becoming very popular due to the environmental pressure on the swine industry. According to the literature, a separation of the feces from the urine directly underneath the slats should have a positive impact on the barn indoor air quality. In the current study, the effect of six in-barn manure handling systems on the indoor air quality has been measured. A flat scraper system and four separation systems installed underneath the slats (a conveyor belt system, a conveyor net system and a V-shaped scraper operated at two frequencies of operation) were evaluated and compared to a conventional pull-plug system (control). The experiment took place in twelve independent and identical chambers housing four grower-finisher pigs each. The temperature, relative humidity and the ventilation rate of each chamber were measured. Air samples were collected and analysed for gases, odour, dust and bioaerosol emissions. Results show there was a significant effect of the treatments on NH_3 emissions ($p=0.02$). Without the separation process, removing the manure every 2 to 3 days significantly reduced NH_3 emissions by about 50 % compared to the control. However, the different separation systems had the same NH_3 reduction potential than the conventional scraper. According to this study, most of the airborne contaminants in swine buildings would be produced from different sources than manure gutter.

INTRODUCTION

L'effet reconnu de la séparation des déjections animales est d'obtenir une fraction solide riche en phosphore et une fraction liquide riche en azote. Suite à une telle séparation, il devient plus facile pour les producteurs d'épandre les déjections dans les champs en accord avec les besoins de ces derniers tout en respectant la réglementation basée sur le phosphore.

La littérature démontre également que la séparation de l'urine et des fèces permet d'obtenir un effet bénéfique sur la qualité de l'air. En effet, plusieurs auteurs ont observé une réduction des émissions d'ammoniac et d'odeur provenant des bâtiments (Kroodsma 1986 ; Kaspers et al., 2002).

C'est dans ce contexte qu'il apparaissait intéressant d'évaluer l'impact de la séparation directement sous le caillebotis sur la qualité de l'air. L'objectif principal de ce projet consistait à mesurer et à comparer dans une même et seule expérimentation l'impact de différents systèmes de gestion des déjections sur la qualité de l'air. Les principaux aspects évalués étaient les émissions de gaz, d'odeur, de poussières et de bioaérosols provenant des différents systèmes de gestion des déjections.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Montage expérimental

Le montage expérimental utilisé pour cette expérimentation était situé dans le laboratoire BABE (Bilan agroenvironnemental des bâtiments d'élevage) de l'IRDA. Ce laboratoire comprend 12 chambres expérimentales (Figure 1) complètement indépendantes et de même dimension (1 200 mm de largeur, 2 440 mm de profondeur et 2 440 mm de hauteur). Chacune des chambres possède son propre système de gestion du lisier, placé sous un plancher entièrement latté et constitué de lattes commerciales en béton.



Figure 1 - Image des chambres expérimentales

1.2. Contrôle de l'ambiance

La ventilation de chacune des chambres du laboratoire fonctionne de façon indépendante. L'air d'entrée est conditionné par une unité centrale de chauffage et de climatisation avant son arrivée aux chambres. Des unités de chauffage secondaires, placées à l'entrée de chaque chambre, permettent d'obtenir l'ajustement final de la température. En accord avec la littérature et les pratiques commerciales québécoises, la température de consigne lors de l'expérimentation était de 22°C en début d'élevage pour être ensuite réduite progressivement à 18°C à la fin de l'élevage.

Le débit de ventilation des chambres était mesuré par la différence de pression statique aux bornes d'un orifice à ouverture variable (Iris Damper de 204 mm de diamètre, Continental fan manufacturer inc., modèle : 200 Original ; précision : $\pm 5\%$).

1.3. Animaux et alimentation

Quatre mâles castrés ont été engraisés de 30 à 80 kg dans chacune des chambres. La distribution des animaux était telle que le poids moyen des porcs était similaire d'une chambre à l'autre.

Les porcs ont été alimentés à partir de moulées de type commercial. L'aliment était offert à volonté à partir d'une trémie sèche alors que l'eau a été fournie par un abreuvoir commercial avec tétine (Drik-o-mat, Egebjerg, Danemark). Deux diètes commerciales ont été utilisées, en accord avec les phases de croissance, de façon à limiter l'excrétion d'azote. Les performances zootechniques des porcs ont également été mesurées.

1.4. Plan d'expérimentation et systèmes de séparation

L'expérimentation s'est déroulée pendant deux élevages successifs. Chaque élevage a duré huit semaines et ils ont débuté le 18 mars 2004 et le 20 mai 2004, respectivement. Deux répétitions de chacun des traitements ont été effectuées au cours de chaque élevage. Les traitements utilisés pour cette expérimentation sont basés sur les systèmes de séparation étudiés par Marchal (2002), van Kempen et al., (2003) et von Bernuth (2001). Les prototypes à échelle réduite représentant ces systèmes de séparation ont été évalués et ont été comparés à deux systèmes sans séparation.

Les six traitements étaient donc les suivants :

- Vidange par gravité ou bouchon (B) : Système sans traitement de séparation des phases qui a été vidé une fois par semaine (témoin).
- Gratte conventionnelle (G) : Système de racler en acier inoxydable qui ne sépare pas les phases, mais retire le lisier sous les parcs et l'achemine vers un réservoir. Les opérations de grattage et de vidange des déjections ont été effectuées tous les 2 à 3 jours.
- Gratte en « V » (V) : Système de séparation à la source où le dalot est en forme de « V », permettant à la partie liquide de s'écouler vers le centre et d'être acheminée sous le

dalot par une fente au centre du « V ». Les opérations de grattage et de vidange ont été effectuées tous les 2 à 3 jours.

- Gratte en « V » journalière (VJ) : Système de racler en « V » avec une opération de grattage à tous les jours et une vidange tous les 2 à 3 jours.
- Filet (F) : Système de séparation à la source composé d'un filet immobile. Le solide reste sur le filet alors que le liquide percole au travers des mailles. Le solide est gratté à tous les 2 à 3 jours et la vidange se fait au même intervalle.
- Courroie (C) : Système de séparation à la source où le solide repose sur une courroie inclinée immobile et où le liquide s'écoule vers une gouttière puis sous le dalot pour entreposage. Le solide est gratté manuellement pour imiter l'action de la courroie. Les opérations de grattage et de vidange ont été effectuées tous les 2 à 3 jours.

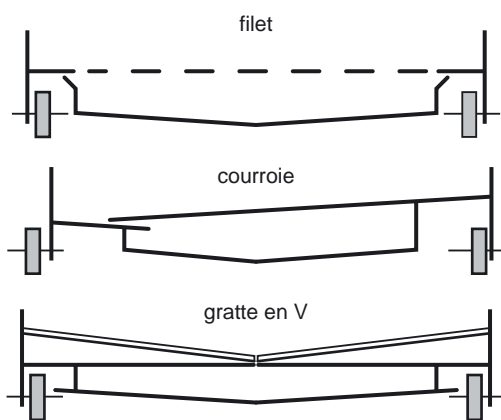


Figure 2 - Illustration des différents systèmes de séparation sous les lattes

1.5. Échantillonnage

1.5.1. Gaz

Les gaz analysés lors de l'expérimentation étaient l'ammoniac (NH_3), le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux (N_2O) et le gaz carbonique (CO_2). Le méthane, le gaz carbonique et l'oxyde nitreux ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse (GC) alors que l'ammoniac a été analysé par spectroscopie infrarouge non dispersive (NDIR). Les émissions ont été calculées en combinant les concentrations avec les débits de ventilation.

1.5.2. Odeurs

Les concentrations d'odeur ont été évaluées à partir d'un olfactomètre à dilution dynamique à choix forcé, conformément au Standard européen (EN13725: 2003). L'air était aspiré dans des sacs Tedlar™ de 25 L sur une période de 10 minutes. Les analyses ont été réalisées dans un délai de 24 h à l'Université de l'Alberta, Canada. Les émissions d'odeur ont ensuite été calculées à l'aide des concentrations et du débit de ventilation correspondant.

Le caractère hédonique de l'air a également été déterminé. Le caractère hédonique se veut le degré d'acceptabilité

d'une odeur (Gostelow et al., 2001). L'échelle pour la présente étude variait de 1 à 9 (1 = Extrêmement désagréable ; 2 = Très désagréable ; 3 = Modérément désagréable ; 4 = Légèrement désagréable ; 5 = Neutre ; ..., 9 = Extrêmement agréable).

1.5.3. Poussières

Une mesure hebdomadaire des poussières totales a été faite à l'aide d'un système de pompage à un débit de 2 L/min. Les particules ont été accumulées et pesées sur une membrane filtrante fait d'un mélange de fibres cellulosiques (Metricel® GN-4, porosité de 0,8 μm , Pall Gelman Sciences, USA) placée sur un support et montée dans une cassette (styrène et acrylonitrile, Pall Gelman Sciences, USA).

1.5.4. Bioaérosols

Trois échantillons d'air pour les bioaérosols viables (bactéries totales et moisissures) et trois échantillons d'air pour les endotoxines ont été recueillis chaque semaine.

Dans le cas des bactéries totales et des moisissures, l'échantillonnage s'est fait sur un filtre de polycarbonate ayant une porosité de 0,8 μm pour les bactéries et de 1,0 μm pour les moisissures. Les filtres étaient mis en contact avec un débit d'air de 2 L/min pendant 60 minutes. L'extraction s'est faite dans une eau stérile, laquelle était suivie d'une incubation de deux jours sur milieu TSA à 37,5°C pour les bactéries et de 5 à 7 jours sur un milieu à l'extrait de malt pour les moisissures. Ces méthodes offraient une limite de détection de 420 unités de colonies formées par mètre cube d'air (UCF/m³).

Les endotoxines ont quant à elles été cultivées sur un filtre de fibre de verre mis en contact avec un débit d'air de 2 L/min pendant 240 minutes. L'analyse était réalisée par un test limulus amebocyte lysate (LAL) et par photométrie. La limite de détection de cette méthode était de 4 unités d'endotoxine par mètre cube d'air (UE/m³).

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances zootechniques

L'analyse statistique a démontré qu'il n'y a pas eu d'effet significatif des traitements sur le gain moyen quotidien (GMQ, Tableau 1). Cela est en accord avec les conclusions obtenues par van Kempen et al., (2003). De la même façon, l'analyse de la prise (PA) et de la conversion alimentaire (CA) ne démontre aucune différence significative entre les différents traitements.

2.2. Émissions de gaz et d'odeur

2.2.1. Gaz

Selon l'analyse statistique, les traitements et le témoin ont produit sensiblement les mêmes émissions de méthane (Tableau 2). Les émissions obtenues sont inférieures (valeur

moyenne de 26 mg/jour-kg_{porc}) à celle retrouvées dans la littérature. Gallman et Hartung (2000) rapportent des émissions moyennes de CH₄ de l'ordre de 58 mg/jour-kg_{porc} en hiver et à la fin de la période d'engraissement.

Les analyses statistiques sur les émissions d'ammoniac démontrent un effet significatif des traitements ($p=0,02$). En effet, l'ensemble des traitements offre une réduction d'environ 50 % par rapport au témoin et les émissions de NH₃ pour le témoin sont en accord avec la littérature (Phillips et al., 1995 ; Aarnink et al., 1995). Puisque la gratte conventionnelle affiche sensiblement les mêmes résultats que l'ensemble des systèmes de séparation, il peut être conclu que le seul fait de limiter le temps d'entreposage du lisier à 2 à 3 jours permet de réduire les émissions d'ammoniac d'environ 50 %.

Les émissions de dioxyde de carbone ne présentent pas de différences significatives entre les traitements. Cela semble conforme au niveau de connaissance actuel puisque 96 % du CO₂ est produit par la respiration des animaux; tandis que seulement 4 % est produit par la décomposition du lisier (Marquis et Marchal, 1998).

2.2.2. Odeurs

L'analyse des données ne démontre pas de différences significatives entre les émissions d'odeur des différents traitements (Tableau 2). Les mesures pour le B sont similaires à celles observées par Heber et al., (1998) et celles pour la G sont en accord avec Lim et al., (2002). Cependant, elles sont plus

faibles que celles obtenues dans le cadre de travaux réalisés dans les mêmes installations par Lemay et al. (2003). En comparant les émissions des différents traitements à celles retrouvées lors des travaux antérieurs (510 u.o./h), il semble que le retrait régulier du lisier pourrait améliorer de 50 % les émissions d'odeur par rapport à un entreposage sur une période de huit semaines.

Il n'y a pas eu d'effet significatif des traitements sur le caractère hédonique des échantillons d'air (Tableau 2). Cependant, la vidange hebdomadaire du témoin pourrait améliorer le caractère hédonique (Jacobson et al., 1998). Puisque les valeurs mesurées sont toutes en dessous de 5, cela suggère que peu importe le traitement, l'air était toujours peu plaisant. Bien que non-significatif, le fait de retirer les déjections à tous les 2 à 3 jours (S, V, C et F) aiderait à maintenir un caractère hédonique plus plaisant comparativement à une vidange hebdomadaire du lisier. Cependant, le caractère hédonique ne serait pas amélioré au-delà de cette période.

2.3. Émissions de poussière et de bioaérosols

Les concentrations de poussière obtenues dans cette étude (Tableau 3) étaient inférieures à celles présentées dans la littérature (1,6 à 8,8 mg/m³; Lavoie et Pigeon, 2001). Cette différence peut être expliquée par le nombre de porc plus faible dans chacune des chambres par rapport à la littérature. Le principal facteur affectant les concentrations étant le processus d'alimentation, le fait qu'il y ait moins d'animaux entraîne probablement moins d'émission de poussière.

Tableau 1 - Performances zootechniques des animaux selon les traitements

Traitement	GMQ* (kg _{gain} /jour-porc)	PA** (kg _{aliment} /jour-porc)	CA*** (kg _{aliment} /kg _{gain})
B	1,01	2,33	2,29
G	1,04	2,38	2,29
V	0,99	2,25	2,3
VJ	1,02	2,35	2,32
C	1,05	2,26	2,15
F	1,03	2,36	2,28

*GMQ : Gain moyen quotidien

**PA : Prise alimentaire

***CA : Conversion alimentaire

Tableau 2 - Émissions de gaz et d'odeur en fonction des différents traitements

Traitement	Émissions de CH ₄ (mg/jour-kg _{porc})	Émissions de NH ₃ (mg/jour-kg _{porc})	Émissions de CO ₂ (g/jour-kg _{porc})	Émissions d'odeur (u.o./h-kg _{porc})	Caractère hédonique de l'odeur (s. u.)
B	30,5	98,1 a*	24,94	260	2,30
G	21,5	52,7 b	20,96	245	2,44
V	25,2	50,0 b	23,46	242	2,44
VJ	29,9	59,4 a b	23,85	269	2,29
C	24,2	50,2 b	22,30	206	2,43
F	24,7	49,8 b	21,66	228	2,47

* Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p>0,05$)

Tableau 3 - Émissions de poussière et des bioaérosols

Traitement	Poussière (mg/jour-kg _{porc})	Bactéries (UCF*/s-kg _{porc})	Moisissures (UCF*/s-kg _{porc})	Endotoxines (UE**/s-kg _{porc})
B	23,60	33,47	0,937	0,657
G	25,35	15,34	0,828	0,713
V	25,38	54,99	0,938	0,824
VJ	22,58	29,96	0,903	0,646
C	24,87	44,46	0,879	0,794
F	21,41	25,21	0,789	0,528

*UCF : Unité de colonies formées

**UE : Unité d'endotoxines

Toutefois, les émissions mesurées sont en accord avec Lemay et al., (2003). Ces derniers ont mesuré 25,6 mg/jour-kg_{porc} pour un système à bouchon. L'analyse statistique n'indique aucun effet significatif des traitements.

Les concentrations de bactéries mesurées lors de cette expérimentation étaient faibles comparativement à celles normalement mesurées dans l'air ambiant de bâtiments porcins (Lavoie et al., 2005 ; Lavoie et Pigeon, 2001). En fait, les concentrations sont de l'ordre de 10⁵⁻⁶ UCF/m³ d'air dans ce type d'environnement (Lavoie et al., 2005 ; Goyer et al., 2001). Les concentrations mesurées vont de 990 à 1 339 290 UCF/m³ d'air, ces deux valeurs étant attribuables à la courroie (C) de van Kempen.

Les concentrations moyennes en endotoxines sont faibles par rapport à certaines mesures retrouvées dans la littérature (Lavoie et al., 2005 ; Goyer et al., 2001 ; Lavoie et Pigeon, 2001). Cependant, ces concentrations moyennes sont plus élevées que la recommandation de 300 UE/m³ d'air recommandée pour une exposition prolongée (Heederick et Douwes, 1997 ; Lavoie et Pigeon, 2001). Pour tous les traitements, les émissions d'endotoxines augmentent avec le temps, mais aucune différence n'est significative.

Les concentrations de moisissures sont de la même magnitude que celles référées dans des conditions où il n'y a pas de couvert de neige (Goyer et al., 2001). De plus, les émissions de moisissures ne sont pas significativement affectées par les traitements parce que la source est habituellement l'air extérieur (ACGIH, 1999).

3. DISCUSSION

Puisque la majorité du CO₂ est produite par les animaux dans le bâtiment, il était prévisible, voir même désirable, de n'observer aucun effet des traitements sur l'émission de ce gaz. Pour le CH₄, puisque le temps de résidence des déjections sous le caillebotis pour le témoin n'était que d'une semaine, les émissions moyennes étaient faibles et le niveau de ces émissions a possiblement inhibé le potentiel des systèmes à réduire la production de ce gaz.

Les flaques d'urine et le lisier entreposé sous le caillebotis constituent indirectement les deux sources principales d'ammoniac au bâtiment. Comme les chambres comprenaient un

caillebotis complet, peu de flaques demeuraient sur les lattes et le caniveau représentait une source importante d'ammoniac. Par conséquent, puisque ces systèmes de séparation agissent au niveau du caniveau, ils permettent de réduire les émissions d'ammoniac.

Selon les émissions de bioaérosols mesurées dans cette étude, tout indique que la gestion des déjections sous le caillebotis contribue peu à la contamination de l'air du bâtiment et que, comme l'a démontré Lavoie et al. (2005), une partie importante des particules produites origine directement de l'animal, du plancher et de l'alimentation. Même avec le système V opéré tous les jours, le niveau de particules dans l'air (poussières, bactéries, moisissures et endotoxines) était équivalent à celui observé avec le système de B. Ceci invite à conclure qu'une partie importante des contaminants aéroportés proviennent de sources localisées sur le caillebotis, et non au-dessous.

Bien que les systèmes de séparation sous le caillebotis soient efficaces à isoler plus de 80 % du phosphore dans une phase solide de faible masse et qu'ils aient un bon potentiel pour réduire les émissions d'ammoniac, leur efficacité à améliorer la qualité de l'air apparaît faible.

CONCLUSIONS

L'effet de six systèmes de gestion sur la qualité de l'air du lisier a été évalué. Une gratte conventionnelle ainsi que quatre systèmes de séparation directement sous le caillebotis (une courroie, un filet, une gratte en V opérée à deux fréquences) ont été évalués et comparés à un système conventionnel de bouchon (témoin).

Les résultats démontrent que les traitements ont un effet significatif sur les émissions de NH₃ (p=0,02). En effet, le retrait du lisier à tous les 2 à 3 jours, même sans séparation solide-liquide, réduit de façon significative les émissions de NH₃ d'environ 50 % comparativement au témoin. Les systèmes de séparation sous les lattes procurent le même niveau de réduction des émissions de NH₃ que la gratte conventionnelle. Par contre, les résultats indiquent aucun effet des traitements sur les émissions de CH₄, de CO₂, d'odeurs et de particules (poussières, bactéries, moisissures, d'endotoxines). Selon cette étude, une fraction importante des particules retrouvées dans l'air provient d'autres sources que le cani-

veau. Par leur conception, les systèmes de séparation sous le caillebotis affectent principalement les contaminants produits sous le plancher. Par conséquent, compte tenu que la princi-

pale source de contamination de l'air intérieur est localisée en surface, ces systèmes auront donc peu d'impact sur la qualité de l'air des bâtiments porcins.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aarnink A., Keen A., Metz J., Speelman L., Verstegen M., 1995. Ammonia emission patterns during the growing periods of pigs housed in partially slatted floors. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 64, 105-116.
- American Conference of Governmental Industrial hygienists (ACGIH). 1999. *Bioaerosols. Assessment and Control*. Cincinnati, Ohio, 322 p.
- Gallman E., Hartung E., 2000. Evaluation of the emission rates of ammonia and greenhouse gases from swine housings. *Proceedings of the 2nd International conference : Air pollution from agricultural operations*. October 9-11, 2000. ASAE. Des Moines, IA, USA, 92-99.
- Gostelow P., Parsons S. A., Stuetz R. M., 2001. Odour Measurements for Sewage Treatment Works. *Water Resources*, 35, 579-597.
- Goyer N., Lavoie J., Lazure L., Marchand G., 2001. *Bioaerosols in the Workplace : Evaluation, Control and Prevention Guide*. Studies and Research Projects, Technical Guide T-24, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail du Québec, 94 p.
- Heber A.J., Bundy D.S., Lim T.T., Ni J., Haymore B.L., Diehl C.A., Duggirala, R.K., 1998. Odor emission rates from swine finishing buildings. *Proceedings of Animal Production and Environment: International Conference on Odor, Water Quality, Nutrient Management and Socioeconomic Issues*, 19-22 July, Des Moines, Iowa: 298-305.
- Heederick D., Douwes J., 1997. Towards an occupational exposure limit for endotoxins. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 4:17-19.
- Jacobson L., Schmidt D., Nicolai R., Bicudo J., 1998. Odor control for animal agriculture. BAEU-17. November 1998. Available at: <http://www.bae.umn.edu/extens/aeu/baeu17.html>, accessed 11 April 2005.
- Kaspers B., Koger J., van Kempen T., 2002. Evaluation of a conveyor belt waste collection system for swine: fecal drying efficiency and ammonia emission reductions. North Carolina State University. Available at: <http://mark.asci.ncsu.edu/SwineReports/2002/kaspers.htm> Accessed 8 August 2003.
- Kroodsmma, W. 1986. Separation and removal of faeces and urine using filter nets under slatted floors in piggeries. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 34, 75-84.
- Lavoie, J., Massé, D., Croteau, F., Masse, L. and Topp, Edward. 2005. Evaluation of the Impact of Manure Additives on Worker Exposure and Odour Attenuation. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 3(2),257-266.
- Lavoie, J. et Pigeon, S. 2001. Évaluation des agents chimiques et des bioaérosols dans une porcherie utilisant la technique d'élevage sur litière mince. *Travail et Santé*, 17, 28-31.
- Lemay S.P., Godbout S., Joncas R., Larouche J.P., Rivest J., Martin D.Y., Marquis A., Bernier J.F., Massé D., Payeur M., Zijlstra R., Chénard L., Barber E.M., Laguë C., 2003. Reduction of odour and gas emissions from swine buildings combining canola oil sprinkling and dietary manipulations. Final Report. Prairie Swine Centre inc. August 2003, 102 pp.
- Lim, T.-T., Heber A.J., Ni J.-Q., Kendall D.C., Richert B.R., 2002. Effects of manure removal strategies on odor and gas emission from swine finishing. In ASAE Annual International Meeting. Chicago Illinois, July 28-August 2. Paper No. 024123. ASAE, St. Joseph, Michigan, USA.
- Marchal, P. 2002. Le système de séparation liquide-solide sous la queue: un choix technologique raisonnée. 3^e Colloque sur les bâtiments porcins : Le bâtiment en évolution !, 23-36. Mercredi, 20 mars, CRAAQ, 2002.
- Marquis A., Marchal P., 1998. Qualité de l'atmosphère à proximité des bâtiments d'élevage. *Cahier d'étude et de recherche francophones – Agricultures*, 7(5), 377-385.
- Phillips, V.R., Holden M.R., White R.P., Sneath R.W., Demmers I.G.M., Wathes C.M., 1995. Measuring and reducing gaseous and particulate air pollution from UK livestock buildings. Seventh international symposium on agriculture and food processing wastes, ASAE, 241-251.
- van Kempen, T., Kaspers B., Burnette P., van Kempen M., Koger J.B., 2003. Swine housing with a belt for separating urine and feces; key to flexibility? In Swine Housing Conference 2nd International, 159-165. October 12-15. Durham, North Carolina. ASAE, St. Joseph, Michigan, USA.
- von Bernuth, R.D. 2001. Separate ways/keeping manure solids and liquids apart benefits transport. *Resource. Engineering and technology or a sustainable world*, September, 9-10.