

Effets de différents types de béton sur les émissions de gaz et d'odeurs et sur la présence de bactéries dans les bâtiments porcins

F. Pelletier^{1,2}, C. De Foy¹, A. Marquis¹, *S. Godbout², R. Hogue², R. Joncas², J-P. Larouche², D. Massé³ et R. Gagné⁴

Résumé, F. Pelletier^{1,2}, C. De Foy¹, A. Marquis¹, *S. Godbout², R. Hogue², R. Joncas², J-P. Larouche², D. Massé³ et R. Gagné⁴. **Effets de différents types de béton sur les émissions de gaz et d'odeurs et sur la présence de bactéries dans les bâtiments porcins.** *Agrosol*. 14 (1) : 54-60. Le but de ce projet consistait à évaluer trois types de béton (béton ordinaire 30 MPa, béton haute-performance 60 MPa avec fumée de silice et béton vibré/pressé 70 MPa avec fumée de silice) et deux types d'époxy (appliqués sur des échantillons de béton ordinaire de 30 MPa) pour leur contribution aux émissions de gaz et d'odeurs et à la quantité de bactéries présentes à la surface des échantillons après qu'ils aient été submergés dans du lisier de porcs. Le dispositif expérimental était composé de chambres instrumentées, en acier inoxydable, construites selon les recommandations de la norme ASTM D-5116. Après avoir été submergés durant 72 heures dans du lisier de porcs, les échantillons de matériaux (bétons et époxy) étaient placés dans les chambres. Les émissions de NH₃, CH₄, N₂O et CO₂, pour chaque matériau étaient alors mesurées durant une période de 24 heures. Suite à cette période, l'air dans chacune des chambres était échantillonné dans des sacs de Tedlar afin de mesurer, par la suite, la concentration des odeurs à l'aide d'un olfactomètre à dilution dynamique utilisant des panélistes. Les bactéries présentes à la surface des échantillons de béton étaient aussi échantillonnées. Les résultats d'olfactométrie montrent qu'il n'existe pas de différence significative entre les émissions d'odeurs produites par les différents bétons. Les émissions d'ammoniac étaient plus importantes pour le béton ordinaire 30 MPa que pour les bétons recouverts d'époxy. L'analyse bactériologique montre que la population totale de bactéries est plus importante sur le béton ordinaire 30 MPa et qu'il y a une baisse significative de la population après le lavage des matériaux. Les résultats des tests faits en parallèle montrent que la porosité des matériaux n'est pas un paramètre clé pour prédire la concentration des odeurs.

Mots clés : contrôle d'odeur, béton, gaz, bactéries.

Abstract, F. Pelletier^{1,2}, C. De Foy¹, A. Marquis¹, *S. Godbout², R. Hogue², R. Joncas², J-P. Larouche², D. Massé³ and R. Gagné⁴. **Effects of different concrete types on gas and odour emissions and bacteria population of swine buildings.** *Agrosol*. 14 (1) : 54-60. This project evaluates three concrete mixes (normal 30 MPa concrete, high-performance 60 MPa silica fume concrete, 70 MPa dry-cast silica fume concrete) and two epoxy films (applied on 30 MPa normal concrete supports) for their contributions to gas and odour emissions and bacterial populations left on the surface. The experimental set up is made of 12 stainless steel chambers built in accordance with the ASTM standard D-5116. After dipping for 72 hours in pig manure, concrete samples are placed separately in each monitoring chamber. NH₃, CH₄, N₂O and CO₂ emissions are measured for a 24-hour period. After 24 hours, an air bag is pumped from the chamber to determine the odour concentration with a dynamic olfactometer using a human panel. Bacteria present on each sample are identified. Olfactometry results show that there is no significant difference between odour emissions produced by different concrete mixes. Ammonia production is more important with 30 MPa concrete and less important when concrete is covered by epoxy. The total bacterial population is more important on the 30 MPa concrete. There is a significant decrease of the total population after cleaning. These results, combined to those from other tests done to evaluate the porosity, suggest that the properties of the concrete's capillary network are not key parameters controlling the level of odour emissions.

Key words: odour emissions, concrete, gas, bacterial populations.

1. Université Laval, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec (Québec), G1K 7P4, Canada
2. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), 120-A, chemin du Roy, Deschambault (Québec), G0A 1S0, Canada
*Auteur pour la correspondance : téléphone : (418) 286-3351 poste 229, Télécopieur : (418) 286-3597, courriel : stephane.godbout@irda.qc.ca
3. Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc, Agriculture et Agroalimentaire Canada, C.P. 90, 2000 Route 108 Est, Lennoxville (Québec), J1M 1Z3, CANADA
4. CRIB, Université de Sherbrooke, Département de génie civil, Sherbrooke (Québec), J1K 2R1, CANADA

Introduction

Au Canada, la production porcine est réalisée dans des bâtiments spécialisés avec un contrôle sanitaire élevé. À cause des importantes émissions de gaz et d'odeurs, cette production se retrouve maintenant face à des pressions sociales énormes. Les émissions de gaz et d'odeurs et le contrôle sanitaire sont influencés par plusieurs facteurs tels que les matériaux utilisés dans le bâtiment. Dans les porcheries, le béton est largement utilisé pour la construction des planchers et des murs. Généralement, dans les bâtiments porcins de l'Est du Canada, les planchers et les murs sont construits en béton 30 MPa. Le béton 60 MPa est utilisé exclusivement pour la construction de planchers lattés. La sélection appropriée des matériaux devrait contribuer à la réduction des émissions de gaz et d'odeurs provenant des bâtiments. Cette sélection devrait aussi améliorer le statut sanitaire des bâtiments.

Revue de littérature

Les émissions d'odeurs et d'ammoniac peuvent être influencées par les caractéristiques des matériaux. Elzing et Swierstra (1993) ont noté que les planchers lattés en acier émettaient moins d'ammoniac que les planchers lattés en béton. Selon Aarnink et al. (1997), la porosité du plancher affecte la quantité d'urine et de fèces présente sur le plancher.

Deux organismes ont publié des normes dans le but d'évaluer les émissions de gaz et d'odeurs provenant des matériaux. L'American Society for Testing and Materials (ASTM) a produit une norme intitulée "Standard guide for small-scale environmental chamber determinations of organic emission from indoor materials" (ASTM Standard D-5116; ASTM, 1995). En 1991, l'European Collaborative Action (ECA) a publié un rapport intitulé "Guideline for the characterization of volatile organic compounds emitted from indoor materials and products using

small test chambers" (ECA, 1991). L'objectif de ces deux documents est de décrire la méthode et les procédures à suivre pour déterminer les taux d'émissions des composés organiques provenant des matériaux d'intérieurs en utilisant des petites chambres.

Jusqu'à maintenant, dans l'industrie agricole, peu de tests ont été faits sur la mesure des émissions de gaz et d'odeurs provenant des matériaux. De plus, les tests n'ont pas été réalisés en utilisant la norme ASTM D-5116 ou le rapport de l'ECA. Svennerstedt (1998) a mesuré les émissions d'ammoniac à partir de planchers lattés en béton installés dans les bâtiments de bovins laitiers et de planchers lattés en plastique retrouvés dans les porcheries d'engraissement. Les mesures ont été effectuées en laboratoire à l'aide d'un montage en acier recouvert de contreplaqué. Lindvall et al. (1974) ont inventé une boîte pour mesurer les émissions d'odeurs et d'ammoniac. La boîte de 1 m de long, par 1 m de large, par 0,4 m de hauteur, est déposée directement sur le plancher. La face inférieure de la boîte est ouverte. Sur la face avant et la face arrière de la boîte, sont installées respectivement, le tube d'entrée et de sortie de l'air. Voermans et al. (1996) ont mesuré les émissions d'ammoniac en utilisant ce type de boîte.

Selon Zhu et al. (1999), il y a 9 classes de bactéries présentes dans le lisier de porcs, soit *Streptococcus*, *Peptostreptococcus* (strophocoque, gram +), *Eubacterium* (anaérobie, bâtonnet, gram-), *Lactobacillus*, *Escherichia*, *Clostridium*, *Propionibacterium* (bâtonnet, gram +), *Bacteroides* (anaérobie, bâtonnet, gram -) et *Megasphaera* (microcoques, gram -). Toutes les bactéries mentionnées précédemment n'ont pas un effet équivalent sur la production d'odeurs. Les classes des *Streptococcus* et des *Clostridium* ont une plage de températures plus grande pour leur croissance donc elles sont de plus grandes génératrices d'odeurs que certaines autres. Les *Clostridium* produisent de longues chaînes d'acides gras volatils (AGV) considérées comme de meilleurs indicateurs d'odeurs que les chaînes d'AGV courtes produites par les

Streptococcus. Selon Zhu et al. (1999), la classe des *Eubacterium*, due à sa population la plus élevée dans le lisier et à la production de longues chaînes d'AGV, est responsable en majeure partie des odeurs du lisier.

Hypothèses et objectifs

L'hypothèse principale de ce projet assume que les différents types de matériaux utilisés dans la construction de porcheries ne produisent pas tous la même quantité de gaz et d'odeurs lorsqu'ils sont souillés de lisier de porcs. Les objectifs spécifiques du projet sont : (1) de mesurer les émissions gazeuses (NH_3 , CH_4 , N_2O et CO_2); (2) de mesurer la concentration des odeurs; (3) d'identifier et de quantifier les types de bactéries présentes à la surface des échantillons; et (4) de déterminer si les propriétés d'absorption des matériaux affectent la population de bactéries à la surface des échantillons et les émissions de gaz et d'odeurs.

Matériels et méthodes

Cet article présente un résumé de la procédure expérimentale utilisée. Pour une meilleure compréhension et pour plus de détails sur le travail réalisé, un article est présentement soumis pour publication (Pelletier et al., 2003).

Matériels

Échantillons

La sélection d'échantillons de béton sans air entraîné a été faite dans le but d'être représentative des bâtiments porcins canadiens (tableau 1). Un ciment Portland canadien de type 10 a été utilisé pour produire les échantillons de béton ordinaire 30 MPa et un ciment Portland de type 10SF contenant 8 % de fumée de

silice a été utilisé pour produire les échantillons de béton haute-performance 60 MPa et les échantillons de béton vibré/pressé de 70 MPa. Les échantillons mesuraient approximativement 550 x 550 x 50 mm.

Les deux types d'époxy utilisés, commercialisés par Euclid Chemical Company (www.euclidchemical.com), ont été appliqués sur des échantillons de béton ordinaire 30 MPa. Le premier, le scellant époxy EUCO 512 Vox, pénètre dans le béton pour le rendre étanche et pour imperméabiliser la surface. La macro-rugosité de la surface de l'élément de béton est conservée, ce qui permet de préserver une partie du caractère antidérapant de la surface. Le deuxième, EUCOPOXY TUFCOAT DBS1, est un scellant époxy qui forme un film lisse et étanche sur la surface de béton.

Chambres

Le design des chambres est basé sur la norme ASTM D-5116 (ASTM, 1995). Les chambres, construites en acier inoxydable, mesurent 0,90 x 0,90 x 0,70 m. La porte de la chambre est scellée avec un joint de téflon. Les chambres sont installées dans une pièce qui agit comme plénum. L'air frais qui entre dans la pièce est filtré par un filtre HEPA. La température à l'intérieur du plénum est approximativement de 21,5 ± 1°C et l'humidité relative est approximativement de 50 ± 5 %. L'air qui entre dans le plénum est introduit dans la chambre par une rainure de 2 x 530 mm pratiquée sur la porte. Un schéma d'une chambre est présenté à la figure 1.

Tableau 2. Conditions d'ambiances à l'intérieur des chambres.

Paramètres	Conditions d'opération
Vitesse de l'air près de la surface de l'échantillon	0,10 à 0,15 m/s
Débit d'air dans les chambres	1,7 m ³ /h
Température	21,5 ± 1 °C
Humidité relative	50 ± 5%
Surface de l'échantillon	0,28 m ²
Volume de la chambre (sans le support)	0,53 m ³
Charge du produit	0,53 m ² /m ³

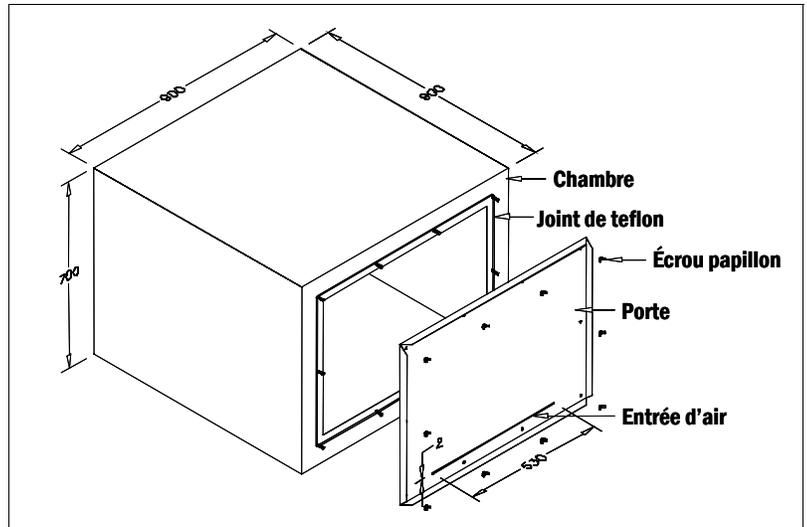


Figure 1. Schéma d'une chambre.

Les échantillons de béton sont introduits à l'intérieur d'un support avant d'être installés dans les chambres. Le support et l'échantillon sont par la suite déposés dans le fond au centre de la chambre. Lorsque l'échantillon est à l'intérieur du support, la surface exposée et le volume occupé dans la chambre sont identiques pour tous les échantillons. L'utilisation du support élimine les émissions de gaz et d'odeurs par les bords et la face inférieure de l'échantillon.

Deux trous sont faits à l'arrière des chambres. Le premier est connecté à la sortie d'air et le deuxième est connecté aux analyseurs de gaz. Les trous de sortie d'air de toutes les chambres sont connectés au même ventilateur. Le taux de changement d'air dans les chambres est établi à 1,7 m³/h. La vitesse de l'air dans les chambres juste après la porte est de 0,15 m/s, la vitesse diminue légèrement au-dessus de l'échantillon et augmente près de la sortie d'air. La sélection de la vitesse d'air est basée sur les recommandations de vitesse d'air au-dessus du plancher dans les bâtiments porcins en hiver (CPVQ, 1998).

Le volume des chambres et la surface de l'échantillon exposée à l'air de la chambre ont été choisis en fonction de la charge du produit. La charge du produit en m²/m³ est définie comme le ratio entre l'air de la surface occupée par l'échantillon et le volume de la chambre. Cette variable permet de simuler dans les

Tableau 1. Caractéristiques des bétons.

Type de béton	Béton ordinaire 30 MPa	Béton haute performance 60 MPa	Béton vibré/pressé 70 MPa
Ciment	297	418	415
Mélange (kg/m³)			
Eau	170	175	137
Sable	990	786	1 125
Pierre	911	995	425
Masse volumique (kg/m³)	2 368	2 379	2 517
Résistance à la compression (MPa)	28,6 ⁽¹⁾	61,2 ⁽²⁾	72,0 ⁽²⁾

(1) après 14 jours, (2) après 28 jours

chambres de testage, une utilisation du produit dans un environnement réel (ASTM, 1995). Pour le projet, la charge du produit est établie à $0,53 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Les conditions dans lesquelles les expérimentations ont été réalisées sont regroupées au tableau 2.

Des thermocouples ont été utilisés pour mesurer la température à la surface des échantillons et des sondes d'humidité ont été utilisées pour mesurer l'humidité de l'air dans chacune des chambres. Un acqui-siteur de données de type Cambell Scientific CR10X et un ordinateur permettant de recueillir les données ramassées par les différents instruments de mesure (analyseur d'ammoniac, chromatographe, thermocouples, sondes à humidité).

Méthodes

Avant chaque répétition, les chambres étaient préparées et nettoyées selon les recommandations retrouvées dans la norme ASTM D-5116. Les chambres étaient lavées avec un détergent alcalin, rincées avec de l'eau distillée, et une fumigation était pratiquée pour éliminer les bactéries.

Avant d'être submergé dans du lisier de porcs, chaque échantillon était pesé et placé sur un support en acier. Les échantillons et le support étaient par la suite immergés dans du lisier de porcs provenant d'une porcherie d'engraissement pour une période de 72 heures dans le but de permettre au lisier de pénétrer tous les pores des échantillons. Le lisier utilisé contenait environ 4,0 % de matière sèche. Durant la période de 72 heures, le lisier était brassé à toutes les huit heures pour prévenir la sédimentation de la matière solide du lisier. L'échantillonnage du lisier était réalisé avant d'en retirer les échantillons. Les caractéristiques du lisier qui ont été mesurées sont : la température, le pH, la concentration en azote, phosphore et potassium, la matière sèche, la matière organique, les acides gras volatils, DCO et DBO₅. Après l'échantillonnage du lisier,

les échantillons étaient retirés du lisier. Le surplus de lisier présent sur la surface des échantillons était essuyé à l'aide d'un balai à vitre et les échantillons étaient pesés pour une deuxième fois.

Après cette opération, les échantillons étaient installés dans un support et placés aléatoirement dans chacune des chambres. Par la suite, la température, l'humidité relative et les émissions de gaz étaient mesurées en continu, dans toutes les chambres, pour une période de 24 heures. À la fin de cette période, des sacs d'air de 80 litres étaient échantillonnés dans chacune des chambres, dans le but de déterminer la concentration en odeurs à l'aide d'un olfactomètre à dilution dynamique. La concentration en odeurs est définie comme étant le nombre de dilution auquel 50 % des panélistes détectent l'odeur. Le nombre de dilution est exprimé en unité d'odeurs par mètre cube d'air (UO/m³).

Après la période de désorption, des échantillons de 25 cm² sont prélevés aléatoirement sur les matériaux à quatre endroits différents par écouvillonnage à l'aide d'un coton tige stérile. La surface échantillonnée représente 100 cm² sur chacun des matériaux. Après le premier écouvillonnage, tous les matériaux sont déposés au sol isolément et lavés selon la méthode présentée par Broes (1999) pour les porcheries. Une fois lavés et séchés à l'air libre pendant une période d'au moins 36 heures, d'autres échantillons de 25 cm² sont prélevés à huit endroits différents pour une surface échantillonnée totale représentant 200 cm² par matériaux par écouvillonnage.

Pour permettre de réaliser une analyse statistique fiable, quatre répétitions ont été nécessaires. Tous les échantillons étaient présents une fois par répétition. L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel SAS (www.sas.com) en utilisant les procédures de l'ANOVA et de LSD.

Un test d'absorption d'eau, décrit par Latreille (1995), a été utilisé pour évaluer la capacité des cinq matériaux (trois bétons et deux époxy) à absorber des liquides, tels que le lisier de porcs. Le

test consistait à évaluer, durant une période 24 heures, la masse d'eau qui pénètre dans l'échantillon par unité de surface (g/m²). Les tests ont été réalisés sur trois échantillons de 20 x 20 x 5 cm pour chacun des cinq matériaux. Avant d'être exposés à l'eau, tous les échantillons ont été séchés dans une étuve ventilée durant une à deux semaines avant qu'ils atteignent une masse constante (perte de masse < 0,1 % en 24 heures).

Résultats et discussions

Odeurs

Après analyse, la concentration des odeurs dans l'air des cinq chambres n'est pas statistiquement différente. La concentration moyenne des odeurs produites par les matériaux est donnée dans le tableau 3. Dans la dernière répétition, un sac d'air n'a pas pu être analysé, les données de la dernière répétition n'ont pas été utilisées pour produire le tableau 3.

Tableau 3. Unité d'odeurs/m³ produites par les matériaux.

Échantillon	UO/m ³
Béton ordinaire 30 MPa	109
Béton haute-performance 60 MPa	105
Époxy n° 2	94
Époxy n° 1	89
Béton vibré/pressé 70 MPa	79

Gaz

NH₃

Des problèmes sont survenus lors de la mesure des émissions d'ammoniac durant la deuxième et la quatrième répétition. Avec ce manque de données, il est pratiquement impossible de réaliser une analyse statistique fiable. De plus, il y a beaucoup de variations entre les émissions d'ammoniac de la première et de la troisième répétition. Dans la première répétition, les émissions d'ammoniac varient entre 0 et 75 mg/m²-h comparativement à entre 0 et 175 mg/m²-h

pour la troisième répétition (figure 2). Cependant, entre la première et la troisième répétition, les émissions d'ammoniac ont pratiquement les mêmes tendances. Dans les deux répétitions, les émissions d'ammoniac du béton haute-performance 60 MPa, du béton ordinaire 30 MPa et des deux époxy sont pratiquement constantes durant la période de 24 heures, tandis que les émissions d'ammoniac du béton vibré/pressé diminuent durant la même période. Les quelques données obtenues des répétitions deux et quatre montrent que les émissions d'ammoniac sont similaires aux valeurs de la répétition trois. En moyenne, les émissions d'ammoniac

obtenues avec le béton ordinaire 30 MPa (160 mg/m²·h), durant la période de 24 heures, sont similaires aux valeurs obtenues par Svennersttdt (1998).

CO₂

L'analyse statistique montre que les émissions de gaz carbonique étaient similaires pour tous les échantillons. À l'intérieur des chambres, les concentrations de gaz carbonique augmentent avec le temps selon l'équation⁽¹⁾, où *T* est le temps en heure et *C* est la concentration de CO₂ en ppm.

$$C = 1,55T + 392 \quad (1)$$

N₂O et CH₄

Les concentrations de N₂O et CH₄ mesurées dans les chambres n'étaient pas significativement différentes entre les échantillons. Dans les chambres, les concentrations moyennes de N₂O et de CH₄ étaient respectivement de 0,37 et 2,0 ppm. Ces concentrations étaient similaires à celles retrouvées dans l'air extérieur.

Absorption d'eau

Les courbes d'absorption de l'eau montrent de grandes différences entre les cinq types de matériaux (figure 3). Après 24 heures, l'absorption du béton ordinaire 30 MPa, qui atteint 2 000 g/m², indique une porosité de surface élevée et un réseau capillaire très développé. Le béton haute-performance 60 MPa et le béton vibré/pressé 70 MPa ont des propriétés d'absorption plus faibles, variant entre 420 et 550 g/m². Ces valeurs, relativement basses, sont généralement associées à un réseau capillaire fin et discontinu.

Les courbes montrent aussi que les deux époxy sont efficaces pour réduire la pénétration de l'eau. Après 24 heures, l'absorption diminue de 2 000 g/m² pour le béton ordinaire 30 MPa, à moins de 300 g/m² pour les deux époxy appliqués sur du béton ordinaire 30 MPa. Même si après 24 heures il existe de grandes différences entre les courbes d'absorption de l'eau pour les cinq matériaux, il n'y a pas de différence significative entre les moyennes d'unité des odeurs produites par les matériaux (tableau 3). Ces résultats montrent que les propriétés du réseau capillaire du béton (porosité totale, dimension des pores, distribution et connectivité) ne sont pas de bons paramètres pour influencer le niveau des odeurs.

Bactéries

Le graphique de la figure 4 présente la population totale de bactéries vivant sur un substrat PCA avant et après le nettoyage. Sauf pour le béton recouvert de l'époxy n° 2, pour chaque matériel, il y a

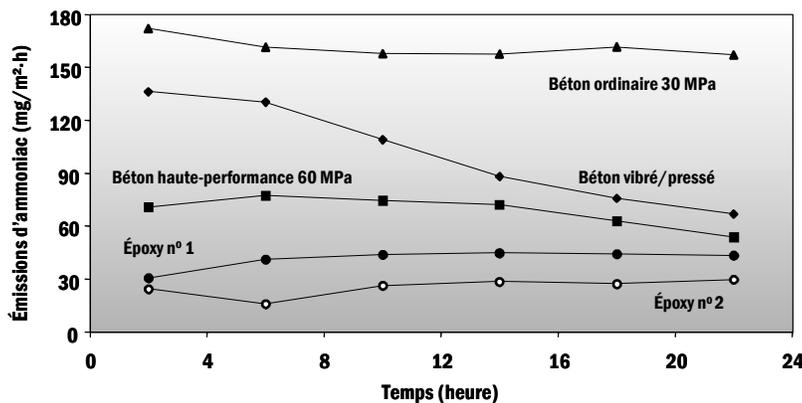


Figure 2. Émissions d'ammoniac (NH₃, mg/m²·h) en fonction du temps lors de la troisième répétition.

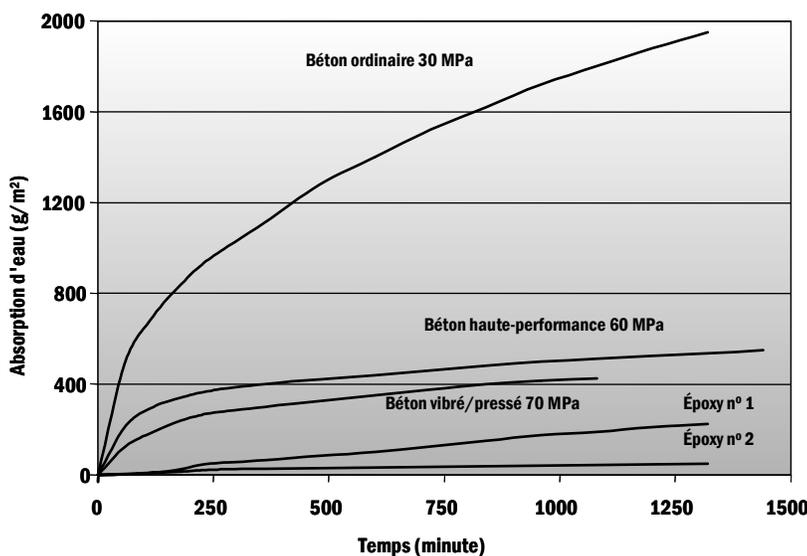


Figure 3. Courbes d'absorption de l'eau.

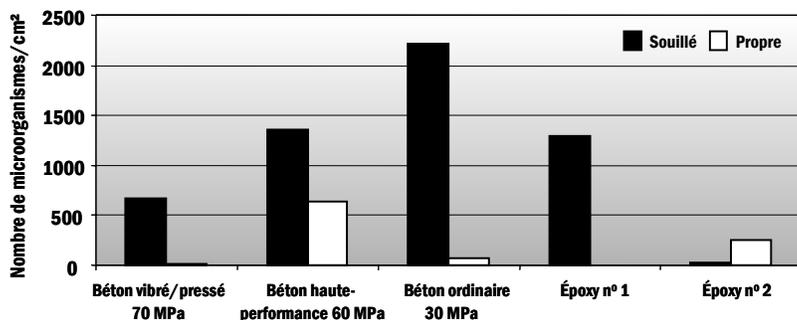


Figure 4. Nombre de bactéries/cm² avant et après le nettoyage.

une diminution significative de la population de bactéries sur la surface des échantillons après nettoyage. La surface du béton ordinaire 30 MPa avait la plus grande population de bactéries. La présence de bactéries après le nettoyage, sur le béton haute-performance 60 MPa, était plus importante que sur les autres matériaux.

Les résultats d'absorption de l'eau et le décompte des bactéries montrent qu'il existe une possible corrélation entre ces deux paramètres. Sur les figures 3 et 4, les résultats montrent que le béton ordinaire 30 MPa possède la meilleure absorption (2 000 g/cm²) et qu'il retient le plus grand nombre de bactéries sur sa surface avant le nettoyage. Le plus faible nombre de bactéries a été trouvé sur le matériel qui avait la plus faible absorption (époxy n° 2).

Conclusion

Les résultats suggèrent que les propriétés capillaires des matériaux ne sont pas de bons paramètres pour prédire le niveau des odeurs produites par les matériaux. Cependant, il existe probablement une corrélation entre l'absorption de l'eau et les émissions d'ammoniac. Les matériaux qui absorbent le plus d'eau, émettent le plus d'ammoniac (béton ordinaire 30 MPa) et les deux matériaux qui absorbent le moins d'eau ont les plus faibles émissions d'ammoniac (époxy n° 1 et 2). La même tendance a été observée concernant le nombre de bactéries sur la surface des échantillons après le nettoyage. Les matériaux qui absorbent plus

d'eau retiennent un plus grand nombre de bactéries tandis que les matériaux qui absorbent moins d'eau ont beaucoup moins de bactéries sur leur surface.

Remerciements

Ce projet était subventionné par le Gouvernement du Québec via une entente entre le Fonds pour la formation de chercheurs et l'aide à la recherche (FCAR) et l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). Les auteurs voudraient aussi remercier les Industries et Équipements Laliberté Ltée et le Centre de développement du porc du Québec pour leur expertise.

Références bibliographiques

Aarnick, A. J. A., D. Swierstra, A. J. van den Berg et L. Speelman. 1997. Effect of type of slatted floor and degree of fouling of solid floor on ammonia emission rates from fattening piggeries. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 66(2): 93-102.

ASTM. 1995. D-5116, Standard guide for small-scale environmental chamber determination of organic emissions from indoor material/products. American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken PA, USA 19428-2959. 1995 Annual Book of ASTM Standards, vol. 11.03, 462-473.

Broes, A. 1999. La désinfection des bâtiments d'élevage. Feuillet CPAQ – Guide Porc AT006.

CPVQ. 1998. Ventilation des porcheries et autres bâtiments d'élevage. Conseil des productions végétales du Québec (CPVQ) et Conseil des productions animales du Québec (CPAQ). 174 pages.

ECA. 1991. Guideline for the characterization of volatiles organic compounds emitted from indoor materials and products using small test chambers. European Collaborative Action. Report No 8, EUR 13593 EN. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Community.

Elzing, A. and D. Swierstra. 1993. Ammonia emission measurements in a model system of a pig house. In *Introgen Flow in Pig Production and Environmental Consequences*, ed. M.W.A. Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen and J.H.M. Metz, Wageningen, The Netherlands: Pudoc Scientific Publishers. Pages 280-285.

Latreille, Y. 1995. Influence de la méthode de finition et de la méthode de mûrissement sur la résistance à l'écaillage des BHP. Master's thesis, Department of Civil Engineering, Université de Sherbrooke, Canada, 174 p.

Lindvall, T., O. Norén et L. Thyselius. 1974. Odor reduction for liquid manure systems. *Transaction of the ASAE*. 17: 508-512.

Pelletier, F., A. Marquis, S. Godbout, R. Joncas, J. P. Larouche, D. Massé and S. P. Lemay. 2003. Gas and odor emissions of agricultural building materials - Part one: Test procedures. Soumis pour publication.

Svennerstedt, B. 1998. Ammonia Emission from Laboratory Tested Slatted Floor Surfaces for Animal Building. 13th International congress on agricultural engineering, Rabat (Moroco) 2-6 February 1998. International Commission of Agricultural Engineering. Volume 2. Structures, Equipment and Environment. Pages 303-311.

Voermans, J. A. M., N. Verdoes et

J. J. Smeets. 1996. Possibilities of ammonia reduction on sow farms. International conference on air pollution from agricultural operations. February 7-9, 1996. Westin Crown Center. Kansas City, MO. Conference Proceedings. Pages 119-125.

Zhu, J., G. L. Riskowski, et M. Torremorell.

1999. Volatile fatty acids as odor indicators in swine manure – A critical review. *Transaction of the ASAE*. 42(1): 175-182.