



The Society for engineering
in agricultural, food, and
biological systems



The Canadian Society for
Engineering in Agricultural,
Food, and Biological Systems

An ASAE/CSAE Meeting Presentation

Paper Number: 044092

Explosion of a Deep Pit Finishing Pig Barn, Investigation Report on Biogas Production

Yves Choinière, ing., agr., P. Eng.

Les Consultants Yves Choinière Inc., 84, rue Roy, Ange-Gardien, QC J0E 1E0 Canada
consultants@yveschoiniere.com

Written for presentation at the
2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting
Sponsored by ASAE/CSAE
Fairmont Chateau Laurier, The Westin, Government Centre
Ottawa, Ontario, Canada
1 - 4 August 2004

Abstract. *There are numerous finishing pig barns built with a deep pit manure storage beneath the slatted floor. During the a downtime of winter of 2003, two successive explosions occurred in a multiple room facility. The room was empty and the ventilation system stopped. In order to determine the sources of the explosive gas, carbon dioxide, hydrogen sulfide, carbon monoxide, ammonia and methane levels were monitored. Manure gas levels were also simulated using a simple replacement dilution model.*

The measurements revealed levels of 0.5 % LEL of methane after 4 to 8 hours. In fact, with adequate weather data of low windspeeds (low infiltration rates), it is likely that methane levels reached the explosive level of 5 %.

This is a summary paper. The full report is available upon request. The full text is written in French language.

Keywords. Methane production, biogas, swine manure, explosion.

(The ASAE/CSAE disclaimer is on a footer on this page, and will show in Print Preview or Page Layout view.)

The authors are solely responsible for the content of this technical presentation. The technical presentation does not necessarily reflect the official position of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE), and its printing and distribution does not constitute an endorsement of views which may be expressed. Technical presentations are not subject to the formal peer review process by ASAE editorial committees; therefore, they are not to be presented as refereed publications. Citation of this work should state that it is from an ASAE meeting paper. EXAMPLE: Author's Last Name, Initials. 2004. Title of Presentation. ASAE Paper No. 04xxxx. St. Joseph, Mich.: ASAE. For information about securing permission to reprint or reproduce a technical presentation, please contact ASAE at hq@asae.org or 269-429-0300 (2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659 USA).

Introduction

Deux explosions successives sont survenues à la Ferme Pinson le 18 février et le 5 mars 2003. Il s'agit d'une porcherie d'engraissement avec un entrepôt à lisier permanent localisé sous ce bâtiment. Faisant suite à une rencontre le 6 mars 2003 sur le site des événements, une étude a été entreprise sur la possibilité que les explosions soient causées par la présence de méthane produit dans l'entrepôt à lisier.

Revue de littérature et approche théorique

La production de biogaz contenant du méthane est un processus naturel de modification du lisier de porcs.

Dans les entrepôts à lisier de la porcherie Ferme Pinson, les diverses réactions chimiques et biologiques agissent de façon anaérobique. Ainsi, les biosolides et liquides (urine) sont modifiés et dégradés par les bactéries du lisier (réf. Massé et Drooste, 2000). Les modifications entraînent une production de biogaz.

L'étude la plus significative est celle de Massé et al. (2003) de la station de Lennoxville, Agriculture Canada.

Prédiction de l'évolution des niveaux de gaz dans la porcherie Ferme Pinson

Suite à une rencontre avec M. Daniel Massé, ing., PhD, Agriculture et Agroalimentaire Canada, voici des scénarios et simulations pour le bâtiment sinistré :

Volume de lisier, chambre F1 pour les essais du 24 et 25 mars 2003

1.8 m de hauteur du lisier présent dans l'entrepôt sous le bâtiment, 6.16 m de largeur, 9.76 m de longueur, volume de lisier entreposé de 108 m³.

Volume d'air total de la chambre

Environ 2.7 m de hauteur de plafond, environ 1.5 m de dégagement dans l'entrepôt à lisier, soit 3.2 m x 6.16 x 9.76 = 192.4 m³, volume d'air au-dessus du plancher latté de 2.7 x 6.16 x 9.76 = 162 m³.

Production de méthane

T° : 15° C, moyenne de 30 l CH₄ / m³-jr, soit 108 m³ x 30 l / m³-jr = 3240 l / jr de CH₄ = 3.24 m³ CH₄ / jour = 0.0375 l CH₄ / seconde.

Remplacement théorique de l'air ambiant par le méthane avec une hypothèse sans ventilation et sans infiltration d'air

$$\frac{3.24 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 / \text{jr}}{192.4 \text{ m}^3 \text{ d'air}} = \frac{0.0168 \text{ m}^3 \text{ CH}_4}{\text{m}^3 \text{ d'air} / \text{jour}}$$

Soit un équivalent à 1.68 % de CH₄ / jour de remplacement d'air

Ainsi, pour atteindre un niveau de 5 % par volume avec l'hypothèse d'un mélange homogène, il faudrait : 5 % ÷ 1.68 % / jr, soit ≈ 3 jours

Par contre, le méthane a une densité de 0.6 par rapport à l'air. En plus, la température du lisier était de 15° C alors que la température ambiante de l'air était de 8 à 10° C. Les molécules de CH₄ émanant du lisier avaient aussi un gradient thermique pour accéder au plafond. Ainsi, une stratification du gaz aurait été possible durant les événements. Le schéma suivant illustre un scénario de potentiel de stratification.

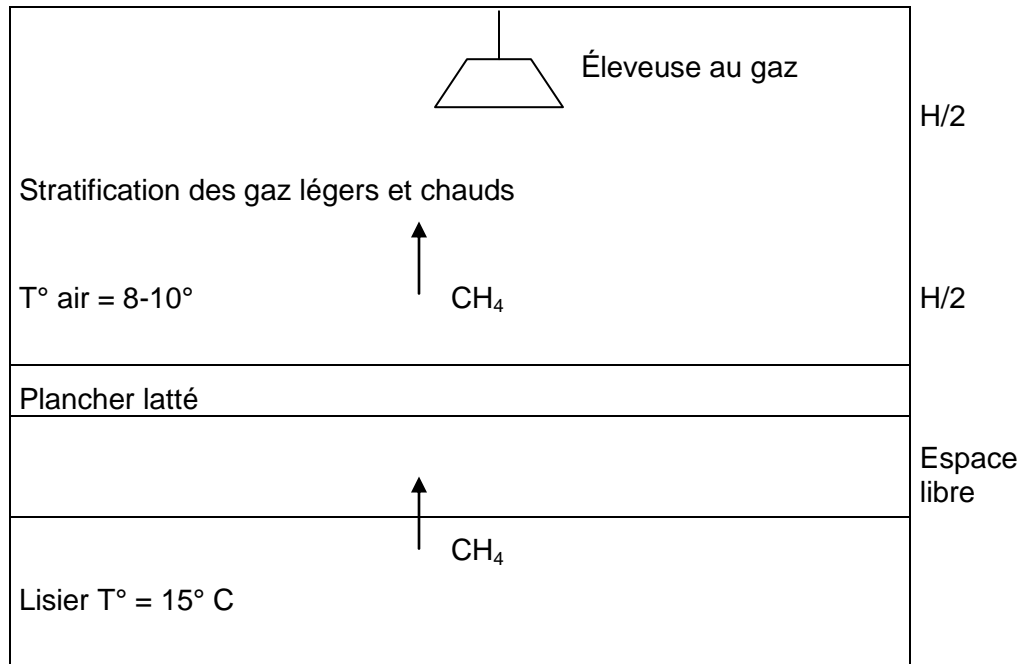


Figure 1 : Stratification théorique du gaz après 2 jours.

Dans le cadre d'une stratification du gaz, une concentration de 5 % serait atteignable en quelques jours seulement sur une hauteur de H/2. Par contre, la loi des gaz parfaits stipule que la diffusion des gaz, tel le méthane, permettrait de croire à un mélange homogène dans l'ensemble de la pièce.

Évolution des concentrations de méthane avec ou sans infiltration

Barber et Ogilvie (1982, 1984 et 1984b) ont présenté un modèle d'étude de la concentration des gaz dans un bâtiment agricole type. Ce modèle d'analyse est applicable à notre cas où nous avons une production de méthane dans un espace ventilé.

Effet des infiltrations d'air

Tous les bâtiments agricoles présentent des infiltrations d'air dans chacune des pièces. Les infiltrations peuvent subvenir par les orifices suivants :

1. Les deux ventilateurs extérieurs d'extraction d'air, louveres non ajustés
2. Prises d'entrée d'air, volets plastiques LPLM non étanches entre l'entre toit et la pièce
3. Porte d'entrée entre le corridor de service et la chambre de production
4. Les fissures du mur extérieur de la structure
5. Les fissures des murs intérieurs connexes aux autres chambres de production avec une ventilation par extraction ; pression négative et par le mur connexe au corridor de service.

Les forces affectant les niveaux d'infiltration sont les suivantes :

1. Vitesses et directions des vents avant les 2 événements ayant un effet sur le mur extérieur, les pressions internes dans le corridor et service et les pressions dans l'entre toit qui alimentent les entrées d'air LPLM.
2. Les systèmes de ventilation d'extraction à pression négative dans les 2 chambres connexes à la chambre sinistrée ou la chambre d'essais.

Prédiction des infiltrations

L'étude de Massé et al. (1994) présente les résultats sur les niveaux d'infiltration par les enveloppes des bâtiments agricoles.

Les données du CPVQ-CPAQ (1998) diffèrent grandement des données de Massé et al. (1994). En addition, le logiciel FanVent (1998) du ministère de l'Agriculture de l'Ontario prédit un taux moyen d'infiltration de 21 l / sec pour ce type de chambre (basé sur une simulation informatique). Ces infiltrations s'appliquent dans le cadre de bâtiment de qualité de construction moyenne.

Modèle LBL pour prédire les infiltrations

Bantle (1991) a étudié les différents modèles pour prédire les infiltrations dans les bâtiments agricoles. Le modèle suivant a été retenu pour les bâtiments agricoles :

$$\text{Débit} = (V_M^2 + V_T^2 + V_I^2)^{1/2}$$

Débit : Débit total de ventilation (m³ / sec)

V_M : Débit de ventilation mécanique par les ventilateurs (m³ / sec)

V_T : Débit de ventilation par les forces thermiques et effet cheminée (m³ / sec)

V_I : Débit de ventilation par les infiltrations causées par le vent (m³ / sec)

Dans la Ferme Pinson, les forces thermiques sont nulles puisqu'il n'y a pas de différence de hauteur entre les entrées d'air et les ventilateurs. Ainsi, V_T = 0.

Les débits de ventilation mécanique par les ventilateurs sont aussi nuls. Lors de la visite du 6 mars 2003, en compagnie de M. Gaétan Juneau, ing. et M. Claude Létourneau, ing., M. Vanbutsele nous a montré des ajustements de son système de contrôle thermostatique. Ainsi, lors des vides du bâtiment par temps froid d'hiver, la ventilation est arrêtée et uniquement le chauffage fonctionne. Ainsi, V_M = 0.

Dans ce cas, les débits de ventilation sont assurés par les forces du vent sur le bâtiment. Une légère partie de la ventilation pourrait être aussi causée par les débits entre les murs adjacents (chambres attenantes). Voici le modèle suggéré par Bantle (1991).

$$V_I = A_b \cdot F \cdot \sqrt{F_v^2 \times V^2} \quad \text{et} \quad FV = C * (1 - R)^{0.33} \cdot T_{er} \cdot \left(\frac{H_M}{10}\right)^y$$

Les coefficients et calculs sont présentés dans le rapport détaillé.

Infiltrations selon les données météorologiques

Les données météorologiques et la description du terrain avoisinant utilisés sont St-Ferdinand, Laurierville et Arthabaska (Victoriaville).

Dans le cadre de cette étude, la station de Victoriaville est la plus rapprochée et dans un terrain similaire. Par contre, il y a de grande différence avec Laurierville et St-Ferdinand où les stations sont localisées sur un site montagneux.

Les données de Victoriaville, sans vent, permettent de croire à une accumulation de gaz de 50 000 ppm de CH₄. Pour l'événement du mois de mars 2003 (le 3 mars pm, 4 mars am et pm et 5 mars am), les données de St-Ferdinand occasionnent une concentration de CH₄ entre 800 et 1200 ppm. Avec les données de Laurierville, de faibles concentrations de CH₄ entre 600 et 1000 ppm auraient été atteignables. Par contre, les données de Victoriaville présentent des événements sans vent permettant d'atteindre des taux de 50 000 ppm de CH₄.

Analyse des résultats

Les résultats des directions et vitesses des vents varient beaucoup entre les différentes stations.

Pour l'événement de février 2003, à partir du 16 février vers 17 h 00 jusqu'au 18 février vers 11 h 00, les données de la station de St-Ferdinand présentent des taux d'infiltration de 1.0 litre / seconde

(16 février pm) à 2.3 litres / seconde (18 février am) qui peuvent occasionner des concentrations de méthane maximales entre 20 000 à 30 000 ppm. Ainsi, un taux de 50 000 ppm de CH₄ n'aurait pas été atteint.

Selon les données de Laurierville, il n'y avait aucun vent le 17 février pm et le 18 février am. Par contre, les infiltrations du 16 février pm et du 17 février am auraient dilué le CH₄. Ainsi, un taux cumulatif de méthane entre 25 000 à 31 000 ppm de CH₄ était atteignable.

Ainsi, considérant le site relativement protégé et le type de bâtiment avec un seul mur exposé à l'extérieur, l'événement du 18 février est probable à cause d'une explosion au méthane.

Suite à la première explosion, le bâtiment était en reconstruction lors de l'explosion du 5 mars 2003. Les trous pour installer les entrées d'air par les conduits en contreplaqué n'étaient pas encore faits et les 2 ventilateurs étaient recouverts de laine de fibre de verre pour bloquer le froid par infiltration. Par contre, la porte d'accès était ouverte avec un va-et-vient des employés de la construction. Cette activité assurait une certaine ventilation par déplacement.

Essais sur le site

Finition

Entrée : 60-65 kg à 107-110 kg, cycle : 7 ½ semaines totales, 0.5 semaine de vide et lavage

Moulée d'engraissement à la ferme

Minéraux, lysine + choline et autres acides aminés standards, maïs et soya de base, trémie humide, type GDL, dernière vidange du réservoir d'entreposage : le 15 septembre 2002. Le lisier est accumulé depuis ce temps.

Estimation du nombre de porcs depuis le 15 septembre 2002 pour l'estimation de la production de lisier dans la chambre F1

Cycle de 52 jours sur 56 (8 semaines), total de 180 jours ÷ 56 jours = 3.2 cycles, soit 3 cycles de 65-107 kg, 3 x 84 = 256 porcs. 0.2 cycle avec 12 jours avec 90-107 kg, soit 84 porcs de 90-107 kg. Volume de lisier accumulé de 1.4 m x 6.16 m x 9.76 m = 84.17 m³, soit 84170 litres ÷ 84 places-porc = 1002 litres / place-porc, équivalent à 1002 litres / place-porc ÷ 180 jour = 5.6 litres / porc-jours.

Mesures sur le lisier

Les températures du lisier furent mesurées à différents niveaux dans l'entrepôt à lisier. Le lisier était à une température de 14°C. Elles furent mesurées grâce à un thermomètre électronique avec des thermocouples du type « T ».

Dans la chambre sinistrée ayant présenté les deux (2) explosions, les températures ambiantes étaient plus basse que dans la chambre d'essais. Le système de ventilation était fonctionnel mais le chauffage au propane était non opérationnel. Le lisier présente des températures de 10.4° C à 10.8° C de façon homogène sur l'ensemble de la masse du lisier. Malgré les températures froides de février, le lisier a conservé une température de 10° C à 11° C. Ainsi, selon les données de Massé et al. (2003), la production de méthane devait être légèrement plus faible comparativement à 15° C. Par contre, ces températures restent assez élevées pour produire du CH₄. Sur la surface du lisier, il y a présence d'une grande quantité de bulles et de mousse. Malgré la température de 10° C, il y a beaucoup d'activité dans le lisier.

Plusieurs sources relatent les différences et la variabilité entre les niveaux de production de méthane. Selon les observations de la surface du lisier, la chambre sinistrée présentait plus de bulles que la chambre d'essais.

Appareils de mesure utilisés

Tableau 1 : Matrice des mesures et équipements utilisés pour cette investigation.

CO ₂	CH ₄	LEL	NH ₃	H ₂ S	CO	O ₂	T°	RH	Ph
1									
2	2	2				2			
	3	3			3	3			
		4		4	4	4			
							5	5	
							6		
									7

Description du système de ventilation

Extraction basse sous le plancher latté, entrée d'air, trappe de plastique type LPLM, fabriquées par Godro Inc., dimension d'ouverture de 5" x 19" intérieur

Chauffage

Eleveuse au propane de 30 000 Btu / hre, pilote, flamme continue

Contrôle thermostatique

Marque Victoria, modèle TC4-MS2 pour chauffage et ventilation du stage 1 et modèle TC4-MS1 pour ventilation du stage 2

Résultats et discussion

Essai # 1 : Échantillonnage des gaz en continu

Date : 24 mars 2003

Dans le cadre de l'essai # 1, l'intention était de simuler un événement de vide de la pièce accompagné de l'arrêt du système de ventilation continue. Ainsi, il est possible de suivre les changements des concentrations de gaz dans la pièce. Le tableau suivant présente les résultats des mesures effectuées.

Tableau 2 : Détail des échantillonnages du 24 mars 2003

Hre	Position	LMS x I					Horiba CO ₂ ppm	Drager polytron NH ₃ ppm	T ° C	H R %	Drager multiwarn				T° ext ° C
		CH ₄ %	LEL %	CO ₂ %	O ₂ %	N ₂ %					CH ₄ %	O ₂ %	CO ppm	H ₂ S ppm	
17h30	Bas	0.0	0.0	0.0	20.4	79.5	850	30	11.6	41	0	20.6	3	0	
17h37	Haut	0	0	0	20.3	79.6	800	19			0	20.6	3	0	
17h40	Arrêt du ventilateur d'extraction basse														
18h15	Haut	0.0	0.0	0.0	20.1	79.8	1100	29	11.1	55	0.14	20.9	5	0-1	
18h18	Bas	0.0	0.0	0.1	20.1	79.7	1500	39			0.20	20.6	7	1	
18h48	Bas	0.0	0.0	0.1	20.2	79.6	1800	39			0.20	20.9	8	2	2.5
18h56	Haut	0.0	0.0	0.1	20.2	79.6	1700	37	11.1	62	0.18	20.9	7	1	
19h17	Haut	0.0	0.0	0.1	20.1	79.7	1850	38			0.20	20.9	8	1	
19h20	Bas	0.0	0.0	0.2	20.0	79.6	2050	38	11.1	63	0.18	20.9	7	2	
19h40	Bas	0.0	0.0	0.2	20.0	79.7	2250				0.28	20.6	8	2	
19h52	Haut	0.0	0.0	0.2	20.0	79.7	2200	38			0.26	20.6	8	1	
20h18	Haut	0.0	0.0	0.2	20.0	79.7	2400	38	11.0	66	0.28	20.9	9	2	

Hre	Position	LMS x I					Horiba CO ₂ ppm	Drager polytron NH ₃ ppm	T ° C	H R %	Drager multiwarn				T° ext ° C
		CH ₄ %	LEL %	CO ₂ %	O ₂ %	N ₂ %					CH ₄ %	O ₂ %	CO ppm	H ₂ S ppm	
20h23	Bas	0.0	0.0	0.2	20.0	79.7	2400				0.30	20.6	9	2	
20h46	Bas	0.0	0.0	0.2	20.0	79.7	2400				0.28	20.9	9	2	
20h50	Haut	0.0	0.0	0.2- 0.3	20.0	79.7	2700				0.30	20.6	9	2	
21h16	Haut	0.0	0.0	0.3	20.0	79.6	2800	35	10.9	68	0.36	20.6	9	2	
21h21	Bas	0.0	0.0	0.3	20.0	79.6	3500	34			0.34	20.6	9	2	
22h00	Bas	0.0	0.0	0.3	20.0	79.6	4000				0.34	20.6	9	2	
22h10	Haut	0.0	0.1	0.3	20.0	79.6	3700				0.22	20.9	8	2	
Note : CO ₂ corridor : 400 – 425 ppm CO ₂ ext. = 400 ppm										0.5 alarme					
22h54	Haut	0.0-0.1	0.5- 1.2	0.3	20.0	79.6	4500				0.5-0.7 alarme	20.9	8	2	
23h00	Bas	0.0-0.1	0.5- 1.2	0.3	20.0	79	4500	32	10.9	70	0.5-0.6	20.9	9	2	- 1
Tube NH ₃ en haut = 100 ppm, position passif Tube NH ₃ en bas = 100 ppm = 6 he = 16 ppm								31							
23h30	Haut	0.1	1.0- 1.3	0.4	20	79.4	4500				0.5 alarme	20.9	8	2	
Départ du système de ventilation à 15 %, ventilation minimum															
23h37			2.3- 2.5												
37:20			2.1												
37:40			2.4												
37:50			1.8												
38:10			1.5	0.3	20										
38:30			1.7												
38:50			2.0												
39:10			1.6												
39:30			1.5												
39:50			1.4												
40:10			1.3												
41:00			0.4	0.3	20										
41:30			0.3	0.3	20										
42:00			0.9	0.3	20										
42:30			0.3	0.3	20										

Confirmation de concentration de méthane

A 23 h 00, l'appareil de détection AJM de GENEQ signale une alarme de concentration supérieure à 0.5 % LEL. Ce résultat est similaire à l'appareil Dräger Multiwarn II.

Analyse et discussion

Les concentrations de CH₄, CO₂, NH₃ et H₂S sont similaires pour les 2 sites d'échantillonnages, soit celui près du plafond ou sous le plancher latté. Il n'y aurait donc pas de stratification du méthane.

Les résultats du tableau 2 de deux appareils de détection présentent une concentration de gaz méthane CH₄ de 0 à 0.5 % après 6 heures de l'arrêt du système de ventilation mécanique.

Selon le tableau 2, les détecteurs de CO₂ du type Horiba et LMS x i ont mesuré une augmentation du niveau de CO₂ dans la pièce. Ceci est un signe d'une production de biogaz qui est généralement

constitué de 30 à 35 % de CO₂ et de 45 à 65 % de CH₄. Les résultats de production de CO₂ sont en accord avec les mesures de l'appareil Dräger Multiwarn II pour le CH₄.

Dans cette étude, les résultats du Dräger Multiwarn II sont considérés comme valides. Un contact ultérieur avec Dräger Canada a permis de valider la calibration de l'appareil.

Une re-calibration de l'appareil LMS x i a été demandée au fournisseur.

La précision des mesures de l'oxygène sont dans les limites de tolérance des appareils. Par contre, il n'est pas possible de baser les observations sur le déplacement de l'oxygène pour évaluer les niveaux de méthane.

Les taux de H₂S et CO sont très faibles. Le niveau d'ammoniac a augmenté rapidement pour se stabiliser entre 35 et 40 ppm. Ces concentrations sont très hautes mais malheureusement, fréquemment rencontrées dans ces conditions d'élevage lors d'arrêt de la ventilation.

Taux de remplacement théorique après 6 heures

$$\frac{0.81m^3 CH_4}{192.4m^3 air} \times 100 = 0.42 \% \text{ de } CH_4 \text{ par volume}$$

Ainsi, les résultats de l'essais du 24 mars 2003 en soirée corroborent avec l'approche théorique dans un contexte où il n'y avait pratiquement pas de vent perceptible.

Tableau 3 : Détail des échantillonnages du 25 mars 2003

Hre	Position	LMS x I					Horiba	Drager polytron			Drager multiwarn					T° ext ° C
		CH ₄ %	LEL %	CO ₂ %	O ₂ %	N ₂ %	CO ₂ ppm	NH ₃ ppm	T ° C	RH %	LEL %	CH ₄ %	O ₂ %	CO %	H ₂ S ppm	
6h40	Arrêt de la ventilation															
6h45	Haut	0.0	0.0	0.1	20.7	79.1	900	15	9.2	62	0.6	0.0	20.5	3	0	Vent ≈ 10 km / hre
	Bas	0.0	0.0	0.0	20.5	79.4	950	14			0.4	0.0	20.4	4	1	6.6
9h00	Bas	0.0	0.0	0.2	20.5	79.2	2200	24			0.3	0.0	20.9	8	2	
9h20	Haut	0.0	0.0	0.2	20.5	79.5	2106	25	10.0	68	0.0	0.0	20.9	7	1	Grand vent SO 20-30 km/hre
10h55	Haut	0.0	0.0	0.2	20.7	79.0	2100	25	10	69			20.9	7	1	
10h59	Bas	0.0	0.0	0.2	20.3	79.4	2200				0.0	0.0	20.9	7	1	
11h36	Bas	0.0	0.0	0.2	20.4	79.3	1900					0.0	20.9	7	1	
11h40	Haut	0.0	0.0	0.2	20.3	79.4	1900				0.0	0.0	20.9	7	1	Vent calme
13h35	Haut	0.0	0.0	0.3	20.6	79.0	2500				0.0	0.0	20.9	7	1	≈ 5-10 km/hre
13h39	Bas	0.0	0.0	0.3	20.4	79.2	2800				0.3	0.14	20.9	8	1	
16h30	Bas	0.0	0.0	0.1	20.2	79.6	2300				0.0	0.0	20.9	7	1	

Analyse et discussion

Les résultats du tableau 3 montrent une augmentation lente des niveaux de CO₂. Les conditions météorologiques tôt le matin du 25 mars 2003 présentaient des vents relativement calmes (≤ 10 km / hre) qui occasionnent des pressions de 2 à 5 kpa sur les surfaces des murs extérieurs. Ainsi, de 6 h 45 à 9 h 00 am, les taux de CO₂ ont montés de 900 à 2200 ppm. Cette augmentation était similaire à celle du 24 mars en soirée.

Par contre, il n'y a pas eu de mesure de CH₄ dans la pièce sur aucun appareil. De 9 h 00 à 12 h 00, la vitesse des vents a augmenté à 20-30 km / hre. Les niveaux de CO₂ sont restés stables et/ou redescendus.

En après-midi, les vitesses du vent ont diminué, ce qui a occasionné une remontée du niveau de CO₂ et une mesure de CH₄ sous le Dräger Multiwarn II.

Les taux d'infiltration causés par les vents étaient suffisants pour contrôler la production de CO₂ et de CH₄ à des niveaux raisonnables. Des taux d'infiltration de 0.5 à 1.0 changement d'air par heure devaient se produire durant les vents de 10 km / hre et plus. Par contre, lorsque les vitesses du vent sont inférieures à 5-7 km / hre, on voit une remontée du CO₂ et, en accompagnement, du CH₄.

Les résultats démontrent la grande variabilité de production de biogaz par le lisier dans les 3 chambres d'engraissement. Ceci a été observé, malgré qu'il s'agisse de porcs avec le même type d'alimentation, la même génétique, les mêmes éléments de régie et une ventilation identique.

L'agitation du lisier n'a pas d'effet sur la production moyenne de biogaz par le lisier (Massé et al. 2003). Par contre, NCRRP 1982 présente des résultats sur l'agitation du lisier en fonction de l'accélération de la volatilisation du CH₄. Les résultats des essais effectués démontrent que l'agitation ponctuelle du lisier cause un relâchement rapide et en forte concentration du CH₄.

Un essai avec un arrosage à l'eau ne fût pas réalisé. Par contre, l'arrosage peut avoir un effet ponctuel très efficace pour faire éclater les bulles de mousse à la surface du lisier et ainsi, libérer une quantité de méthane suffisante pour obtenir une concentration explosive de CH₄.

Résumé et conclusion

Faisant suite aux deux (2) explosions survenues dans la porcherie d'engraissement de la Ferme Pinson le 18 février et le 5 mars 2003, les résultats des approches théoriques par simulation et les mesures des gaz dans la porcherie permettent d'extraire les conclusions suivantes :

1. Selon les taux de production de méthane, il est possible d'obtenir théoriquement des concentrations de CH₄ à un niveau explosif.
2. Selon les analyses des données météorologiques et les simulations des niveaux d'infiltration d'air dans la chambre F4 de la porcherie, les niveaux de CH₄ de l'ordre de 20 000 à 50 000 ppm étaient prévisibles pour l'événement du 18 février 2003. L'explosion au méthane est donc probable.
3. Pour l'événement de mars, un niveau explosif de CH₄ est probable selon les données météorologiques de la station de Victoriaville mais improbable selon les stations de Laurierville et St-Ferdinand. Une explosion probable au méthane pourrait s'expliquer par l'écoulement d'eau de lavage (outils lavés par les travailleurs) à la surface du lisier ayant pour effet de faire éclater les bulles de mousse recouvrant le lisier. L'éclatement des bulles permet de libérer une quantité de méthane élevée. Le taux d'arrosage et la durée sont inconnus.
4. Les essais d'agitation locale du lisier ont révélé des taux de 2 à 4 % de CH₄ au-dessus du lisier et ceci, avec le système d'extraction basse en fonction (près de 100 % de sa capacité).

Protection du personnel et des employés

Un très faible taux de ventilation est nécessaire pour maintenir les concentrations de CH₄ en deçà du 1000 ppm. Il est recommandé que le système de ventilation mécanique par extraction basse soit fonctionnel en continu même lors d'un vide sanitaire. Des débits aussi faible que 10 à 20 litres / seconde seraient convenable.

Toutes les recommandations de la CSST doivent être respectées en cas d'entrée dans cet espace clos par un travailleur.

Références

- BANTLE, M.R.L. (1991). « Identification of appropriate methods for calculating floor heat loss and air infiltration in a livestock building », The Journal of the Canadian Society of Agricultural Engineering, paper CSAE –91-223.
- BARBER, E.M. and Ogilvie, J.R. (1982). « Incomplete mixing in ventilated airspaces, Part. I, Theoretical consideration », The Journal of the Canadian Society of Agricultural Engineering, Vol. 21 (1), p. 25-31.
- BARBER, E.M. and Ogilvie, J.R. (1984a), « Incomplete mixing in ventilated airspaces, Part II, Scale model study », The Journal of the Canadian Society of Agricultural Engineering, Vol. 26 (2), p. 189-196.
- BARBER, E.M. and Ogilvie, J.R. (1984b), « Interpretation of tracer gas experiments in ventilation research », The Journal of the Canadian Society of Agricultural Engineering, Res., Vol. 30, p. 57-63.
- CPVQ-CPAQ, Ventilation des porcheries et autres bâtiments d'élevage : AGDEX 717, [s. l.], 1998, 174 p.
- LAGÜE, Claude (2003). « Management practices to reduce greenhouse gas emissions from swine production systems », Advance in pork production, vol. 14, p. 287-311.
- MASSÉ, Daniel I., and Drooste, R.L. (2000). « Comprehensive model of anaerobic digestion of swine manure slurry in a sequencing batch reactor » Water resources, vol. 34, No 12, pp. 3087-3106.
- MASSÉ, Daniel I., et autres (2003). « Methane emissions from dairy cow and swine manure slurries stored at 10° C and 15° C », Canadian Biosystems Engineering, vol. 45., p. 6.1 – 6.6.
- MASSÉ, Daniel I., J.A. Munroe et H.A. Jackson (1994). « Air leakage through farm building envelopes in eastern Ontario », The Journal of the Canadian Society of Agricultural Engineering, Vol. 36, no 3, p. 159-163.
- Penn State University, 1979. Agricultural anaerobic digester, design and operation.
- Research results in manure digestion, runoff, re-feeding, odour, NCRRP no 284, Midwest Plan Service, Iowa, 1982.
- Note :** Daniel Massé, chercheur Agriculture Canada, Lennoxville.

Annexe 2

Photos du 6 mars 2003 : Après la deuxième explosion

Photos du 24 et 25 mars 2003 : Expérimentation sur la production de méthane et gaz



Photo 1 : Ferme Pinson, 6 mars 2003.

Chambre d'engraissement F1. Vue des entrées d'air arrière, des tuyaux d'extraction basse attachés au conduit d'extraction. Un ventilateur d'été est présent au centre du mur extérieur. Quatre (4) enclos par chambre, 2 trémies humides, plancher latté complet avec entrepôt à lisier.



Photo 2 : Ferme Pinson, 6 mars 2003.

Chambre d'engraissement F1, similaire à la chambre sinistrée F4. Allée de circulation avant, division d'enclos, conduit d'entrée d'air, plafond original en contreplaqué peint.



Photo 3 : Ferme Pinson, 6 mars 2003.

Chambre sinistrée. Vue de l'éleveuse au propane, le système d'extraction basse par tuyau et le plancher 100 % latté au-dessus de l'entrepôt à lisier. Les murs et le plafond étaient en vinyle et coupe-vapeur neufs. Le bas des murs (4') et l'entrepôt à lisier sont en béton. Les voies d'infiltrations par les murs et plafond sont donc très étanches.



Photo 4 : Ferme Pinson, 6 mars 2003.

Porte d'accès à la chambre en haut à droite et le conduit d'entrée d'air non perforé lors de l'explosion du 5 mars 2003. La porte d'accès était ouverte par les travailleurs lors de l'explosion. Ainsi, une certaine ventilation par le va-et-vient se produisait.



Photo 5 : Ferme Pinson, 24 mars 2003.

Vue arrière des enclos, coin nord. Tuyaux d'extraction basse et entrée d'air LPLM en plastique. Le mur de division entre les chambres est composé de vinyle et d'un coupe-vapeur.



Photo 6 : Ferme Pinson, 24 mars 2003.

Éleveuse au propane centrale, tête de lecture d'ammoniac Dräger Polytron (- 40 cm du plafond), tube de détection dosytube gastec, tuyau plastique pour l'échantillonnage avec les senseurs et pompes électriques situés dans le corridor.