

Influence du niveau d'hygrométrie, de la température et du taux de renouvellement de l'air sur l'évolution des teneurs en ammoniac

R.GRANIER (1), Nadine GUINGAND (2), P.MASSABIE (1)

Institut Technique du Porc

(1) Station Expérimentale - Les Cabrières, 12200 Villefranche de Rouergue

(2) Pôle techniques d'Élevage - BP 3, 35650 Le Rheu

Influence du niveau d'hygrométrie, de la température et du taux de renouvellement de l'air sur l'évolution des teneurs en ammoniac

Trois séries d'expérimentations portant chacune sur 192 porcs charcutiers ont été conduites à la station expérimentale de l'ITP à Villefranche de Rouergue en vue de déterminer l'influence du renouvellement de l'air, de l'hygrométrie et de la température ambiante sur la concentration en ammoniac de l'air au niveau des animaux et de l'air rejeté. Le bâtiment, à paramètres climatiques contrôlés, était de type caillebotis intégral avec stockage des déjections pour la durée totale de l'expérimentation, l'air vicié étant évacué en partie basse.

Les paramètres physiques d'appréciation de l'ambiance, température et hygrométrie, semblent avoir peu d'incidence sur les concentrations en ammoniac de l'air ambiant et de l'air extrait. En cours d'engraissement, le taux de renouvellement influe sur le niveau de concentration dans l'ambiance, ceci était moins marqué pour l'air extrait. Par contre, pour des conditions expérimentales identiques, de forts débits de ventilation favorisent la quantité d'ammoniac rejetée dans l'atmosphère.

Influence of hygrometry, temperature and air flow rate on the evolution of ammonia levels

Three experiments were conducted, each using 192 pigs in the ITP experimental station at Villefranche de Rouergue. The aim of this study was to determine the effect of temperature, hygrometry and air flow rate on the ammonia levels in ambient and extracted air. The building was air conditioned and consisted of a slatted floor with slurry stored in a pit beneath the pigs throughout the experiment. Polluted air was extracted from under the floor. Physical ambient parameters : temperature and hygrometry, had little influence on ammonia levels in ambient and extracted air. During fattening, the air flow rate had a marked effect on ammonia concentrations in ambient air and less so in extracted air. However, under the same experimental conditions the high air flow rates increased the quantity of ammonia discharged into the atmosphere.

INTRODUCTION

L'ammoniac émis dans l'air est le résultat de la dégradation de l'urée par l'uréase présente dans les fécès. Le taux de volatilisation de ce gaz apparaît dans la bibliographie comme étant soumis à de nombreux facteurs de variation dont entre autres, les paramètres d'ambiance (température, hygrométrie, débit de renouvellement de l'air). Les études déjà publiées sur ce sujet ont été réalisées dans des unités classiques où ces trois paramètres d'ambiance sont interdépendants ; la variation d'un de des paramètres impliquant obligatoirement la modification des deux autres. Ainsi, les variations des taux de volatilisation de l'ammoniac obtenus dans ces expérimentations ne reflètent pas l'influence du paramètre d'ambiance étudié.

L'objectif de cette expérimentation est de déterminer l'influence de la température, de l'hygrométrie et du débit de renouvellement sur l'évolution des concentrations en ammoniac dans l'air ambiant et dans l'air rejeté. L'originalité de cet article par rapport à la bibliographie réside dans l'utilisation d'une unité à paramètres climatiques contrôlés permettant la mise en évidence de l'influence stricte d'un paramètre sur le taux de volatilisation de l'ammoniac dans l'ambiance de la salle et dans l'air rejeté.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1.1. Bâtiment et équipements

Les mesures ont été réalisées dans le bâtiment BIOCLIM de la Station Expérimentale de l'Institut Technique du Porc à Villefranche de Rouergue. Elles se sont déroulées sur trois bandes d'engraissement au cours des années 1994 et 1995.

Le bâtiment est de type caillebotis intégral (fil galvanisé) divisé en quatre modules identiques comportant huit loges de six animaux.

La ventilation est menée en surpression avec une entrée d'air par plafond diffuseur (type ventisol). Après avoir traversé le caillebotis, l'air est évacué par une gaine centrale placée sous le couloir d'alimentation des animaux, pour être ensuite dirigé vers l'extérieur à l'aide d'une cheminée.

Les caniveaux à lisier, d'une capacité égale à 0.4 m³ par porc, sont vides au démarrage de l'expérimentation. Les déjections sont ensuite stockées et évacuées en fin de bande.

Un logiciel spécifique pilote le système de climatisation et assure une maîtrise parfaite des paramètres climatiques qui restent constants au cours du nyctémère. Pour l'étude d'un paramètre, comme par exemple, la température, les modalités du paramètre sont fixées pour les quatre salles sachant que, dans l'exemple donné, l'hygrométrie et le débit de renouvellement de l'air seront identiques dans les quatre modules et constants sur toute la période d'engraissement.

1.2. Schéma Expérimental

Trois bandes de 192 porcelets issus d'une même unité de naissance et élevés en post sevrage à la station ont été mis en lots à l'entrée en engraissement afin de conduire des études sur l'incidence de certains paramètres climatiques (débit de renouvellement d'air, hygrométrie, température ambiante) sur les performances zootechniques et l'état de santé du porc charcutier.

Le tableau 1 présente les schémas expérimentaux mis en place.

Tableau 1 - Schémas expérimentaux des trois essais : débit, température et hygrométrie

	Débit élevé (m ³ /h/porc)		Débit faible (m ³ /h/porc)	
	Début engraissement	Fin engraissement	Début engraissement	Fin engraissement
Essai débit				
Alimentation à volonté	15	40	5	16
Alimentation rationnée	15	40	5	16
Essai température	Température (°C)		Hygrométrie (%)	
Salle 1	28		65	
Salle 2	24		65	
Salle 3	20		65	
Salle 4	17		65	
Essai hygrométrie	Hygrométrie (%)		Température (°C)	
Salle 1	75		24	
Salle 2	90		24	
Salle 3	45		24	

Pour chacun des essais, les animaux reçoivent un aliment croissance (4.8 g de lysine/1000 Kcal EN et 18.5 % de MAT) et un aliment finition (4.1 g de lysine/1000 kcal EN et 18 % de MAT). La formulation est réalisée de telle sorte que les besoins de l'ensemble des animaux soient couverts, certains traitement pouvant entraîner une réduction de la consommation spontanée d'aliment. Au cours des essais température et hygrométrie, l'ensemble des animaux est alimenté à volonté.

1.3. Variables mesurées

1.3.1. Sur les animaux

Les porcs sont pesés individuellement à l'entrée en porcherie, tous les 14 jours ainsi qu'au départ à l'abattoir. Les consommations d'aliment sont enregistrées quotidiennement pour les animaux rationnés. Un bilan de la consommation réelle est effectué toutes les semaines pour les porcs alimentés à volonté. Les quantités d'eau ingérées sont relevées par traitement une fois par semaine.

1.3.2. Sur l'ambiance

La température et l'hygrométrie sont enregistrées en continu

par l'intermédiaire du logiciel de supervision. Les débits de renouvellement d'air sont maintenus constants pendant la durée définie pour les besoins expérimentaux

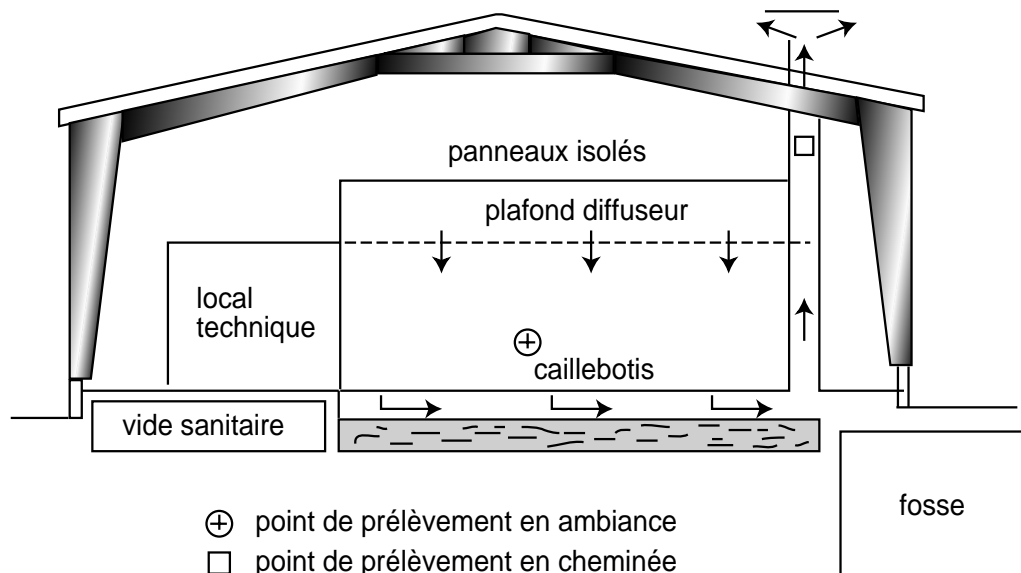
1.3.3. Mesures des gaz

Mesures ponctuelles : les concentrations en ammoniac, dioxyde de carbone et hydrogène sulfuré sont mesurées dans chaque salle toutes les semaines à l'aide de tubes réactifs Draeger.

Mesures en continu : la mesure en continu de l'ammoniac est réalisée par barbotage. Il s'agit de faire barboter une quantité d'air à qualifier dans de l'eau pure additionnée d'acide sulfurique. La connaissance des volumes d'air insufflé et d'eau de barbotage, après détermination par analyse de l'azote ammoniacal, permet de calculer la teneur en ammoniac de l'air. Les prélèvements sont réalisés, comme l'indique la figure 1, en ambiance à un mètre du caillebotis au centre d'une case et au niveau de l'extraction à l'intérieur de la cheminée.

Chaque campagne de mesure a une durée de trois jours et le débit d'air barboté est égal à 0.6 m³/h. Le débit global sur la période de mesure est contrôlé grâce à un compteur à gaz de type Gallus G4/110 (Schlumberger).

Figure 1 - Points de prélèvement d'air pour les mesures d'ammoniac.



2. RÉSULTATS

Les valeurs des teneurs en ammoniac présentées dans les tableaux de résultats sont exprimées en mg/m³ d'air. La conversion en ppm s'effectue en multipliant ces valeurs par 1.41. Les émissions d'ammoniac rapportées dans les tableaux représentent la moyenne calculée des quantités d'ammoniac évacuées durant l'ensemble des campagnes de mesures, exprimée en mg par heure et par porc.

2.1. Concentration en ammoniac et débit de renouvellement de l'air

Dans le cas du traitement « débit faible », le débit de renouvellement de l'air correspond au débit d'équilibre nécessaire au maintien d'une température ambiante de 24°C avec une température extérieure égale à 0°C (pertes par les parois = 1.3 W/p/°C). Dans ces conditions, l'analyse du tableau 2 fait apparaître des teneurs en ammoniac élevées

(> 20 mg/m³), avec une légère augmentation au cours de l'engraissement, certainement liée à une quantité de lisier plus importante. À l'inverse, lorsque le débit de renouvellement est élevé, les concentrations observées sont plus faibles, de l'ordre de 7.5 mg/m³. La variation de ces teneurs est étroitement liée à la variation des débits de renouvellement : lorsque le débit augmente dans un rapport de 1 à 2.7, la concentration en ammoniac diminue dans le même temps dans un rapport de 1 à 2.9. Par ailleurs, une baisse du taux d'ammoniac apparaît lorsque les animaux sont rationnés (- 13 % avec un

débit élevé, - 18 % avec un débit faible).

Lorsqu'il s'agit de qualifier l'air extrait du bâtiment, c'est-à-dire après passage sous le caillebotis, on constate une nette augmentation de la concentration en ammoniac (tableau 3). Elle est égale à 173 % pour un débit élevé et à 45 % pour un débit faible. Il en résulte une augmentation sensible de l'émission d'ammoniac (+ 25 %). Elle est égale à 343 mg/p/h avec un débit élevé contre 274 mg/p/h avec un débit faible.

Tableau 2 - Évolution de la quantité d'ammoniac présent dans l'air ambiant en fonction du débit de renouvellement de l'air et du poids des animaux

Nombre de jours en porcherie	Poids moyen des animaux (kg)	Débit élevé				Débit faible			
		À volonté		Rationné		À volonté		Rationné	
		NH ₃ (g/m ³)	Débit (m ³ /h/p)	NH ₃ (g/m ³)	Débit (m ³ /h/p)	NH ₃ (g/m ³)	Débit (m ³ /h/p)	NH ₃ (g/m ³)	Débit (m ³ /h/p)
13	35	7,8	18,0	7,2	18,0	15,1	6,5	17,0	6,5
27	48	10,0	25,0	7,4	25,0	20,4	9,0	18,3	9,0
41	60	10,7	25,0	5,7	25,0	27,8	9,0	20,8	9,0
54	70	5,9	30,0	8,4	28,0	31,7	11,0	21,0	10,0
70	84	5,6	36,0	6,4	32,0	23,6	15,0	20,4	13,0
Moyenne	60	8,0	26,8	7,0	25,6	23,7	10,1	19,5	9,5

Tableau 3 - Évolution de la quantité d'ammoniac présent dans l'air ambiant et dans l'air extrait en fonction du débit de renouvellement d'air et du poids des animaux

Nombre de jours en porcherie	Poids moyen des animaux (kg)	Débit élevé			Débit faible		
		Débit (m ³ /h/p)	NH ₃ (mg/m ³ d'air)		Débit (m ³ /h/p)	NH ₃ (mg/m ³ d'air)	
			Air ambiant	Air extrait		Air ambiant	Air extrait
20	40	22,0	6,8	12,4	8,0	20,5	26,1
48	63	25,0	6,6	16,5	9,0	20,8	32,9
64	73	30,0	4,5	11,2	11,0	20,0	29,4
Moyenne	59	25,7	6,0	13,4	9,3	20,4	29,5
Émission de NH ₃ (mg/h/p)					343,0		274,4

2.2. Concentration en ammoniac et humidité relative de l'air ambiant

Trois campagnes de mesures ont été réalisées au cours de cette expérimentation (tableau 4). Les concentrations en ammoniac dans l'air ambiant diminuent avec l'augmentation de poids des animaux. Les niveaux de concentrations constatés sont pratiquement identiques quel que soit le taux d'humidité relative. Seule la salle maintenue à 90 % présente une concentration moyenne supérieure de 26% par rapport à la moyenne des trois autres traitements.

Pour l'air extrait, les taux d'ammoniac des quatre traitements sont similaires avec un niveau quasiment constant au cours de l'engraissement.

2.3. Concentration en ammoniac et température ambiante

Au cours de cet essai dont les résultats figurent dans le tableau 5, les niveaux de concentration en ammoniac sont faibles (6.3 mg/m³), les débits de renouvellement étant relativement élevés mais identiques, à poids moyen d'animaux

Tableau 4 - Évolution de la quantité d'ammoniac présent dans l'air ambiant et dans l'air extrait en fonction de l'humidité relative de l'air ambiant et du poids des animaux

Nombre de jours d'engraissement	Poids moyen des animaux (kg)	Débit de renouvellement (D=m ³ /h/p)	Taux d'humidité relative							
			45 % NH ₃ (mg/m ³ d'air)		60 % NH ₃ (mg/m ³ d'air)		75 % NH ₃ (mg/m ³ d'air)		90 % NH ₃ (mg/m ³ d'air)	
			Air ambiant	Air extrait	Air ambiant	Air extrait	Air ambiant	Air extrait	Air ambiant	Air extrait
14	37	15,0	18,6	21,0	15,8	19,1	17,9	26,5	23,8	25,7
47	65	25,0	12,9	21,4	11,3	18,1	12,8	21,1	12,3	18,5
73	89	40,0	9,8	19,6	7,3	22,7	8,1	20,0	10,0	16,5
Moyenne	63	26,7	13,7	20,6	11,5	20,0	12,9	22,5	15,3	20,2
Émission de NH ₃ (mg/p/h)			550		534		600		539	

Tableau 5 - Évolution de la quantité d'ammoniac présent dans l'engraissement et dans l'air extrait en cours d'engraissement en fonction de la température ambiante

Température ambiante = 28 °C				
Poids des animaux (kg)	Débit de renouvellement (D=m ³ /h/p)	NH ₃ (mg/m ³ d'air)		Émission de NH ₃ (mg/p/h)
		Air ambiant	Air extrait	
39	40	6,5	13,7	548
56,3	42	6,0	12,2	512
71,0	50	5,7	11,1	555
89,1	50	9,0	16,4	820
Moyenne	46	6,8	13,4	609
Température ambiante = 24 °C				
Poids des animaux (kg)	Débit de renouvellement (D=m ³ /h/p)	NH ₃ (mg/m ³ d'air)		Émission de NH ₃ (mg/p/h)
		Air ambiant	Air extrait	
39,4	40	6,1	10,4	416
59,4	42	7,2	11,8	496
75,4	50	5,2	11,9	595
96,3	50	5,5	12,9	645
Moyenne	46	6,0	11,8	538
Température ambiante = 20 °C				
Poids des animaux (kg)	Débit de renouvellement (D=m ³ /h/p)	NH ₃ (mg/m ³ d'air)		Émission de NH ₃ (mg/p/h)
		Air ambiant	Air extrait	
36,0	33	6,6	10,0	330
54,4	42	6,3	9,7	407
71,0	42	6,4	12,3	615
95,8	50	6,1	17,1	855
Moyenne	44	6,4	12,3	552
Température ambiante = 17 °C				
Poids des animaux (kg)	Débit de renouvellement (D=m ³ /h/p)	NH ₃ (mg/m ³ d'air)		Émission de NH ₃ (mg/p/h)
		Air ambiant	Air extrait	
36,2	33	6,9	11,5	380
55,8	42	6,8	11,4	479
73,0	50	5,1	11,2	560
94,3	50	5,6	14,2	710
Moyenne	44	6,1	12,1	532

égaux, pour chaque traitement.

Par contre, l'air extrait présente des concentrations près de deux fois plus élevées (12.4 mg/m^3) avec pour des températures de 17 à 24 °C, des niveaux identiques. Lorsque celle-ci est égale à 28 °C, on constate une légère augmentation du taux d'ammoniac (+8 %). Dans le même temps, la quantité moyenne d'ammoniac rejetée dans l'atmosphère par animal sur l'ensemble des quatre campagnes de mesures est également plus importante (+13 % par rapport à la moyenne des trois autres traitements) soit 609 mg/p/h .

3. DISCUSSION

Les concentrations en ammoniac mesurées dans nos trois séries d'expérimentations sont comparables à celles obtenues par PFEIFFER et al. (1992) dans des conditions d'élevage similaires.

La comparaison des deux types de débits (débit élevé de 15 à 40 $\text{m}^3/\text{h/p}$ - débit faible de 5 à 16 $\text{m}^3/\text{h/p}$) montre l'influence de ce paramètre sur la concentration en ammoniac à la fois dans l'air ambiant et dans l'air extrait. La réduction des concentrations en ammoniac avec l'augmentation du débit s'explique simplement par une dilution croissante d'air propre avec l'air ambiant chargé en ammoniac.

Il est cependant difficile de séparer l'effet de l'évolution du débit de renouvellement d'air de l'augmentation du poids des animaux. En effet, pour maintenir une température de 24 °C dans des salles contenant des animaux de plus en plus lourds, il est nécessaire d'augmenter progressivement le débit de renouvellement de l'air. De plus, la quantité de lisier stockée sous les animaux croît au cours de la phase d'engraissement. Si on compare la concentration en ammoniac dans l'air ambiant à débit élevé à $18 \text{ m}^3/\text{h/p}$ (poids moyen des animaux : 35 kg) à celle obtenue à débit faible à $15 \text{ m}^3/\text{h/p}$ (poids moyen des animaux : 84 kg), cette dernière est largement supérieure (7.8 mg/m^3 pour 23.6 mg/m^3 en régime à volonté et 7.2 mg/m^3 pour 20.4 mg/m^3 en régime rationné). Ainsi, pour des débits équivalents, la concentration en ammoniac est influencée par le poids des animaux et donc directement, pour notre étude, par le volume de déjections stockées sous les porcs. L'ammoniac présent dans l'air ambiant provient donc en grande partie du lisier stocké sous les animaux, comme l'indiquent CHRISTIANSON ET AL., 1992, et, pour une part moins importante, des souillures dues aux déjections présentes sur les caillebotis.

La concentration en ammoniac dans l'ambiance est plus importante pour les animaux à volonté que pour les animaux rationnés. Les porcs à volonté ont une consommation journalière d'aliment donc de protéines plus importante que les animaux rationnés. Il en résulte une production plus élevée de déjections favorisant une volatilisation de l'ammoniac plus importante par la fosse. Ceci est plus marqué dans le cas du faible débit.

Quel que soit le débit considéré, la concentration en ammoniac dans l'air extrait est toujours largement supérieure à

celle mesurée dans l'air ambiant. Ceci peut s'expliquer par le système d'entrée d'air mis en oeuvre (plafond diffuseur) dans les modules. En effet, l'air neuf admis au niveau du plafond se mélange à l'air ambiant au fur et à mesure de son cheminement vers l'extraction donc vers le caillebotis. Ainsi, on peut supposer qu'il se charge progressivement en ammoniac, les quantités les plus importantes étant situées près du sol. De plus, le fait qu'un flux d'air constant lèche la surface du lisier présent dans la pré-fosse peut accentuer la différence de concentration entre l'air ambiant et l'air extrait, l'émission d'ammoniac étant un processus de transfert par différence de pression partielle à l'interface liquide-air (SRINATH ET LOEHR, 1974). Ce dernier point est certainement l'élément principal qui explique l'augmentation de l'émission d'ammoniac (produit de la concentration par le débit) dans le cas de forts débits. Enfin, certains auteurs (KECK et al., 1994 - PFEIFFER et al., 1992) présentent l'extraction basse comme étant un système favorisant la volatilisation de l'ammoniac du lisier stocké sous les animaux.

Pour l'essai humidité relative, les concentrations en ammoniac dans l'air ambiant diminuent au cours de l'engraissement quelque soit le niveau d'humidité relative. Ceci reste lié à l'évolution du débit de renouvellement conséquence de l'augmentation du poids des animaux. Bien que la concentration en ammoniac dans l'air extrait reste constante sur toute la période, l'émission augmente au cours de la phase d'engraissement des animaux.

Quel que soit le niveau de température considéré, les concentrations en ammoniac dans l'air ambiant varient très peu. Dans notre étude, l'influence de la température sur l'émission d'ammoniac n'est pas mise en évidence contrairement aux résultats donnés par la bibliographie. En fait, peu d'études ont été réalisées sur l'influence stricte de la température sur l'émission d'ammoniac. AARNINCK et al. (1992) étudie le facteur température dans un bâtiment de post-sevrage sans maintenir un débit de renouvellement constant. Ainsi ils observent une corrélation négative entre l'ammoniac et la température qui pourrait être le reflet de l'essai et non de la température. Dans nos conditions, il existe une très bonne corrélation entre la température ambiante et la température de masse du lisier (tableau 6). Ceci est lié à la conception du bâtiment (figure 1) ; la pré-fosse étant totalement isolée, elle ne subit donc pas les variations climatiques extérieures. Seule la salle à 28 °C présente des concentrations en ammoniac dans l'air extrait supérieure à la moyenne des trois autres traitements qui sont équivalents. D'après GUSTAFSSON (1995), la température optimale de volatilisation de l'ammoniac est de 35 °C. Ainsi, la réduction de la différence entre la température de masse du lisier et la température optimale de volatilisation expliquerait l'augmentation de concentration en ammoniac observée dans l'air extrait de la salle conduite à 28 °C. De même, le niveau d'émission d'ammoniac dans l'atmosphère est supérieur à 28 °C par rapport aux trois autres traitements.

4. CONCLUSION

L'outil expérimental dont nous disposons nous a permis de

Tableau 6 - Évolution de la température du lisier en cours d'engraissement en fonction de la température ambiante

Nombre de jours d'engraissement	Température ambiante (°C)			
	28	24	20	17
15	25,5	22,7	20,4	17,4
56	25,4	23,1	20,9	18,6
78	25,1	23,2	20,1	18,7
Moyenne	25,3	23	20,5	18,2

déterminer l'influence stricte des facteurs de variations étudiés. Dans nos conditions expérimentales, les paramètres physiques de l'ambiance (température, hygrométrie) ont peu d'effet sur la concentration en ammoniac dans l'air ambiant et dans l'air extrait. A l'inverse, les moyens mis en oeuvre pour maîtriser ces paramètres physiques (débit de renouvellement, système de ventilation) apparaissent comme plus importants.

Notre étude, d'une part, a clairement mis en évidence l'effet du débit de renouvellement de l'air sur l'émission d'ammoniac et d'autre part, interroge sur l'influence du système de ventilation avec notamment l'incidence du type d'extraction (basse ou haute) sur les quantités d'ammoniac émises, mais aussi sur les concentrations présentes dans l'air ambiant des porcheries, facteur important à la fois pour l'homme et pour l'animal. Il semble donc intéressant de poursuivre les investigations dans ce domaine.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AARNINCK A.J.A., WAGEMANS M.J.M., KEEN A., 1992. In : Factors affecting ammonia emission from housing for weaned piglets - Nitrogen flow in pig production and environmental consequences. 286-294.
- BUIJSMAN E., MAAS H.F.M., ASMAN W.A.H., 1987. Atmospheric Environment 21, 1009-1022.
- CHRISTIANSON L.L., ZHANG R.H., DAY D.L., RISKOWSKI G.L., 1992. Nitrogen flow in pig production and environmental consequences, 271-279.
- GUSTAFSSON P.J.G., 1995. FEZ Prague 1995, 12 pp.
- KECK M., BUSCHER W., JUNGBLUTH., 1994. Ageng Milano' 94 - report N,94-C-207.Ò
- MUCK R.E., STEENHUIS T.S., 1982). Agricultural Wastes 4, 41-54.
- PFEIFFER A., ARENDS F., LANGHOLZ H.J., STEFFENS G., 1992. Nitrogen flow in pig production and environmental consequences, 313-317.
- SRINATH G., LOEHR R.C., 1974. Journal WPCF vol 46 n°8, 1939 - 1956.
- VOORBURG J.H., KROODSMA W., 1992. Livestock Production Science 31, 57-70.