

Incidence du système d'extraction et du débit de renouvellement d'air en porcherie d'engraissement sur les concentrations en ammoniac et les performances des animaux

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

Institut Technique du Porc, Pôle Techniques d'Élevage

(1) Station d'Expérimentation Porcine - Les Cabrières, 12200 Villefranche-de-Rouergue

(2) La Motte au Vicomte, B.P. 3., 35651 Le Rheu Cedex

Avec la collaboration technique du personnel de la Station d'Expérimentation Porcine de Villefranche-de-Rouergue

Incidence du système d'extraction et du débit de renouvellement d'air en porcherie d'engraissement sur les concentrations en ammoniac et les performances des animaux

L'objectif de cette étude est de déterminer l'incidence du débit de renouvellement d'air et du système de ventilation (extraction basse, extraction haute) sur l'évolution des concentrations d'ammoniac en ambiance et sur l'air rejeté vers l'extérieur. Les performances zootechniques des animaux ont également été contrôlées. Deux niveaux de ventilation, notés faible et élevé, ont été comparés: ils varient respectivement de 5 m³/h/porc à 16 m³/h/porc et de 15 m³/h/porc à 40 m³/h/porc du début à la fin de l'engraissement.

Aucune incidence du système ou du débit de ventilation n'apparaît sur le plan des résultats zootechniques.

L'application de débits de renouvellement faibles entraîne une augmentation de la concentration en ammoniac de l'air ambiant égale à 37%. Les niveaux d'ammoniac, mesurés par la méthode du barbotage, sont plus élevés dans le cas du système par extraction haute (+27%). Les mêmes résultats apparaissent avec la mesure à l'aide de tubes réactifs. De plus, ce système engendre une hétérogénéité plus importante.

Les rejets d'ammoniac, calculés à partir des concentrations de l'air extrait et des débits de ventilation, sont similaires pour les deux systèmes (349 vs 393). Cependant, les émissions d'ammoniac sont très liées au niveau de ventilation. Une augmentation du débit de 1 à 2,7 induit un accroissement des émissions de 37%. In fine, c'est le système de ventilation par extraction haute associé à un taux de ventilation élevé qui génère le plus d'émission.

Influence of ventilation system and air flow rate on ammonia levels in pig fattening units

The aim of this study was to determine the influence of air flow rate and ventilation system (under or over-floor extraction) on the evolution of ammonia concentrations both inside the building and in the air discharged into the atmosphere. Animal performance was also measured.

In the same time, two air flow rates were compared: (low, starting at 5, gradually increasing to 16 m³/h/pig and high, from 15 to 40 m³/h/pig).

Whatever air flow rate or ventilation system, animal performance was unaffected.

Low air flow rate compared with high rate showed an increase in ammonia level in ambient air (37%). In the building, ammonia levels measured by bubbling method are higher (27 %) for the over-floor ventilation system. It was the same for average levels measured by test tube showing less homogeneity when air is extracted over-floor. Calculated ammonia emissions are similar for both ventilation systems (393 vs 349). However, ventilation rate seems to be more important for ammonia discharged into the atmosphere. Increasing air flow rate from 1 to 2.7 results in an increase in ammonia emission by 37 %. Finally, over-floor system with high ventilation rate generated the most important emission.

INTRODUCTION

Plusieurs expérimentations menées à la station expérimentale de l'ITP à Villefranche de Rouergue ont permis de montrer le peu d'incidence des paramètres physiques de l'ambiance, température et hygrométrie, sur les concentrations en ammoniac de l'air ambiant (GRANIER et al., 1996). A l'inverse, les moyens mis en oeuvre pour maîtriser ces paramètres (débit de renouvellement d'air, systèmes de ventilation) apparaissent comme plus importants (MASSABIE et al., 1997): en extraction basse, une élévation du taux de renouvellement entraîne une augmentation de la quantité d'ammoniac émise vers l'extérieur.

Récemment, les installations de ventilation par extraction haute (pompage de l'air pollué à 2 m ou plus au dessus du caillebotis) ont connu un certain développement. Des circuits d'air différents de ceux induits avec des systèmes en extraction basse sont alors générés, notamment près de la zone de vie de l'animal et des déjections. Il peut en résulter une modification sensible des teneurs en ammoniac de l'air, facteur important à la fois pour l'homme et pour l'animal.

ANDREASON et al. (1994) et GUSTIN et al. (1994) ont montré que de courtes expositions à des taux très élevés pouvaient être très nocives. L'effet de l'ammoniac sur la santé du porc a été également étudié par JONES et al. (1996). Dans cet essai, les animaux choisissent plus fréquemment les ambiances non polluées et augmentent leur prise alimentaire.

Plus généralement, l'ammoniac peut avoir un effet additif avec d'autres polluants aériens (bactéries, poussières, ...) sur les lésions pulmonaires (ANDREASON et al., 1994).

Bien que peu étudié en santé humaine, pour certains auteurs (CROOK et al., 1991, IVERSEN et al., 1998, cités par GUINGAND (1996)) l'ammoniac est un facteur aggravant. Pour FERGUSON et al. (1977) l'exposition prolongée à des concentrations atteignant 100 ppm ne provoque pas de lésions irréversibles.

Le but de ce travail est de mesurer l'effet du type d'extraction d'air (basse ou haute) sur les concentrations d'ammoniac à différents niveaux en ambiance et dans l'air extrait. Dans le

même temps, 2 niveaux de ventilation sont comparés, le débit de renouvellement le plus faible retenu étant le débit d'équilibre nécessaire pour maintenir 24°C en ambiance avec une température extérieure égale à 0°C.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1.1. Bâtiment et équipements

L'expérimentation a été réalisée dans le bâtiment BIOCLIM de la station expérimentale de l'ITP à Villefranche de Rouergue.

Le bâtiment est de type caillebotis intégral (fil galvanisé) et composé de 4 modules identiques comportant 8 loges de 6 animaux.

Chaque salle possède une centrale de préparation de l'air. Un logiciel spécifique pilote ce système de climatisation assurant une maîtrise parfaite des paramètres température, hygrométrie et débit de renouvellement d'air.

La ventilation est menée en surpression avec une entrée d'air par plafond diffuseur de type ventisol (figure 1). Pour 2 salles, l'air est évacué par une gaine centrale placée sous le couloir d'alimentation, pour être ensuite dirigé vers l'extérieur (Système d'Extraction Basse: SEB). La sortie d'air vicié des 2 autres salles s'effectue à travers une cheminée dont l'ouverture est située à 2,00 m du sol (Système d'Extraction Haute: SEH).

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.

1.2. Schéma expérimental

Cent quatre vingt douze porcelets (LW x LR x P76), issus d'une même unité de naissance et élevés en post-sevrage à la

Figure 1 - Coupe du bâtiment et sites de mesure

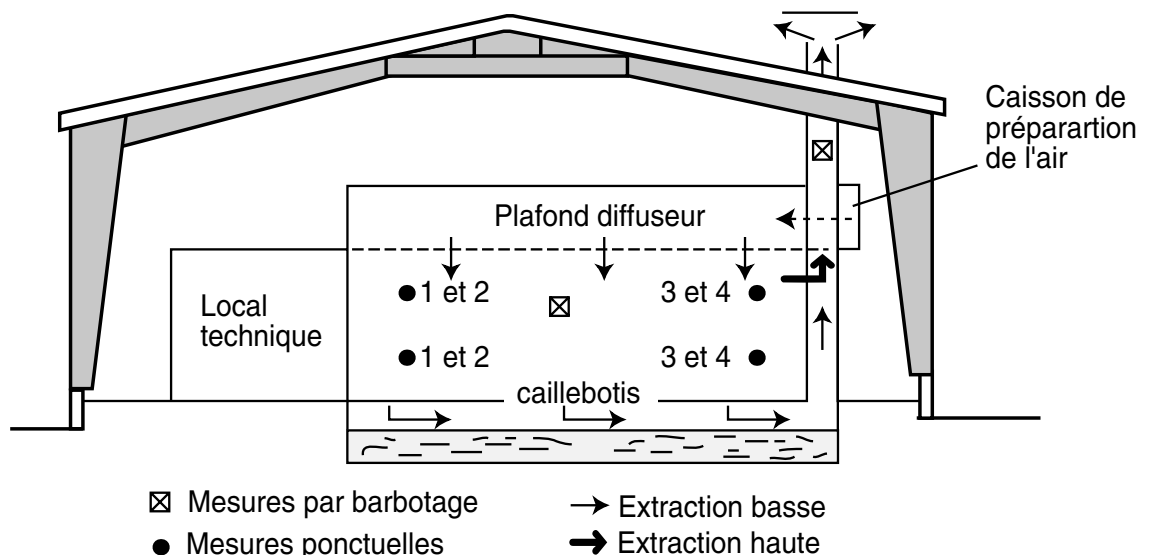


Tableau 1 - Schéma expérimental

	Salle 1	Salle 2	Salle 3	Salle 4
Traitement	I	II	III	IV
Système d'extraction	SEH	SEB	SEH	SEB
Débit de ventilation	élevé	faible	élevé	faible

station, ont été mis en lots à l'entrée à l'engraissement en fonction de leur sexe et de leur poids.

4 loges de 6 mâles castrés et 4 loges de 6 femelles composent chaque traitement, une salle représentant un traitement (tableau 1). Ainsi, 24 blocs individuels formés de 4 mâles castrés et de 4 femelles sont constitués.

Le débit de ventilation noté faible correspond à 5 m³/h/porc au début de l'engraissement et progresse par paliers toutes les semaines pour atteindre 16 m³/h/porc en fin d'engraissement. De la même façon, le débit noté élevé varie de 15 à 40 m³/h/porc.

Les animaux reçoivent un aliment présenté sous forme granulée et distribué à volonté au nourrisseur monoplace. Il est formulé sur la base de 2300 kcal d'EN/kg avec un niveau de lysine totale égal à 11g/kg du début de l'essai jusqu'à 65 kg de poids vif et ensuite 9g/kg jusqu'à l'abattage. L'abreuvement est réalisé séparément à l'aide d'abreuvoirs à bol.

1.3. Variables mesurées

1.3.1. Sur les animaux

- Pesée individuelle, tous les 14 jours et au départ à l'abattoir.
- Bilan par loge de la consommation d'aliment tous les 7 jours.
- Comptage des toux et des éternuements par salle tous les 14 jours durant une période de 3 minutes.
- Notation des traitements vétérinaires effectués.
- À l'abattage, pour chaque animal, mesure du rendement, du taux de muscle (FOM) et notation des lésions pulmonaires, de 0 à 28, selon la grille établie par MADEC et DERRIEN (1981).

1.3.2. Sur l'ambiance

- La température et l'hygrométrie sont enregistrées en continu par l'intermédiaire du logiciel de supervision.
- Mesures ponctuelles : les concentrations en ammoniac, dioxyde de carbone et hydrogène sulfuré sont déterminées à l'aide de tubes Draeger sur 8 sites par salle, 4 à 0,30m et 4 à 1,50m du caillebotis (figure 1). Trois séries ont été réalisées durant l'essai : à 42, 62 et 80 kg de poids vif.
- Mesures en continu : la mesure en continu de l'ammoniac est réalisée par barbotage sur 2 sites par salle : au centre à 1,50m de hauteur et dans la cheminée d'extraction. Il s'agit de faire barboter une quantité d'air connue dans une solution d'acide sulfurique sur laquelle l'azote ammoniacal sera analysé. Chaque campagne de mesure se déroule sur une semaine et débute 7 jours après le démarrage de l'essai pour se terminer au premier départ à l'abattoir des animaux.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances zootechniques et état sanitaire

L'analyse du tableau 2 montre que le système de ventilation et le débit de renouvellement d'air neuf n'ont pas, dans nos conditions expérimentales, d'incidence sur les performances de croissance et sur l'efficacité alimentaire des animaux. De même, la consommation spontanée d'aliment est identique pour l'ensemble des traitements. Ceci ne confirme pas les résultats obtenus dans un précédent essai (MASSABIE et al., 1996), où la prise alimentaire était réduite dans le cas de débits faibles, conséquence d'une dégradation de la qualité de l'ambiance (augmentation de la concentration en poussières et en gaz). Cependant, il convient de noter le niveau de consommation peu élevé

Tableau 2 - Résultats zootechniques et état sanitaire

	SEH		SEB		Test statistique (1)
	Débit élevé	Débit faible	Débit élevé	Débit faible	
Poids début (kg)	24,2	24,2	24,2	24,2	N. S.
Poids abattage (kg)	107,7	106,8	107,8	107,5	N. S.
GMQ (g/j)	848	843	850	851	N. S.
Consommation (kg/j)	2,03	2,01	2,03	2,04	N. S.
I.C. (kg/kg)	2,41	2,40	2,40	2,40	N. S.
Muscle (FOM) (%)	56,8	56,5	56,7	56,5	N. S.
Toux	0,8	0,2	0,2	0,5	
Éternuements	4,2	3,2	4,8	2,5	
Note moyenne de pneumonie par porc	0,35	0,46	0,74	0,41	N.S.

(1) N.S. : non significatif au seuil de 5%

lors de cet essai (2,03 kg/j). L'environnement thermique auquel ont été soumis les porcs, proche de 26°C, peut être un des éléments explicatifs.

Sur le plan sanitaire, aucune différence n'apparaît entre les traitements, tant pour la pneumonie relevée à l'abattoir que pour les toux et les éternuements enregistrés en cours d'essai. Ces résultats sont principalement indicatifs du bon état sanitaire général des animaux.

2.2. Concentration en ammoniac dans l'air ambiant

Les mesures réalisées à l'aide des tubes réactifs (tableau 3) montrent un effet à la fois du système de ventilation et du débit de renouvellement. L'augmentation de ce dernier conduit à des concentrations plus faibles, en accord avec les résultats de PHILLIPS et THOMPSON (1989), BARBER (1993) et MASSABIE et al. (1996). Mais l'abaissement du niveau d'ammoniac est différent entre les 2 systèmes de ventilation, la réduction étant de 25 % pour l'extraction haute et de 52 % dans l'autre cas. De plus, la diminution de la concentration est plus importante à 1,50 m de hauteur qu'à 0,30 m pour l'extraction haute, alors qu'elle est identique pour la sortie basse. Par ailleurs, les valeurs mesurées proches du point d'extraction haute sont plus élevées que celles obtenues pour les points les plus éloignés, ceci quelle que soit la hauteur considérée. On peut supposer que, près de la cheminée d'extraction, l'air neuf entrant par le plafond est pour partie directement extrait. A l'opposé, pour l'extraction basse, l'air neuf est aspiré de façon continue tout au long de la gaine et les concentrations en ammoniac sont pratiquement identiques, quelle que soit la localisation dans la salle. Ainsi, le type de ventilation a un effet sur les teneurs mesurées mais ceci est plus net pour le taux de renouvellement élevé.

En accord avec les résultats d'une enquête réalisée par COLE et al. (1996), c'est l'extraction basse qui présente la concentration la plus faible. De même AARNINK (1997) a obtenu une meilleure qualité de l'air avec une sortie de l'air placée juste au dessus du caillebotis, comparée à une extraction au niveau du plafond.

La mesure continue de l'ammoniac par la méthode du barbotage confirme les résultats obtenus avec les tubes réactifs. La valeur la plus faible est observée pour l'extraction basse et le taux de renouvellement élevé, les autres salles présentant des valeurs proches les unes des autres.

L'analyse de l'évolution des concentrations au cours de l'expérimentation fait apparaître une diminution pour l'ensemble

des traitements (figure 2). Ceci résulte d'une augmentation de la dilution réalisée par l'air neuf apporté: le taux de renouvellement horaire (TRH) augmente et évolue par paliers en fonction du poids des animaux. Une valeur pondérée peut être calculée par l'équation suivante :

$$NH_{3p} = NH_3 \times TRH$$

où TRH = débit de renouvellement horaire total/volume de la salle.

Les valeurs ainsi obtenues, après un accroissement au début de l'expérimentation, demeurent pratiquement constantes après la 5^{ème} semaine (figure 3). Notons que la combinaison SEH et débit élevé présente un niveau d'ammoniac largement supérieur aux autres systèmes. Le phénomène décrit précédemment, une partie de l'air neuf directement aspirée par l'extraction haute, est certainement accentué à fort débit.

Figure 2 - Évolution de la concentration en ammoniac de l'air ambiant (méthode du barbotage)

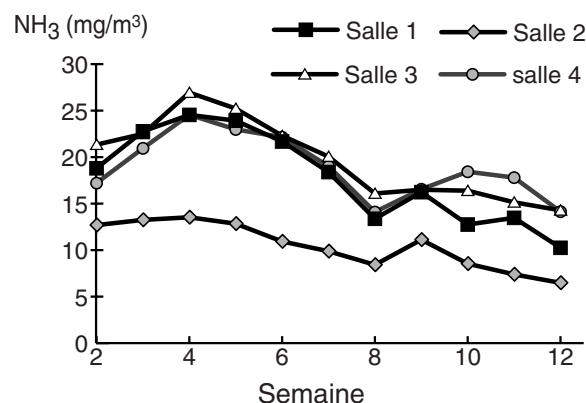


Figure 3 - Évolution de la teneur en ammoniac de l'air ambiant pondérée par le taux de renouvellement horaire

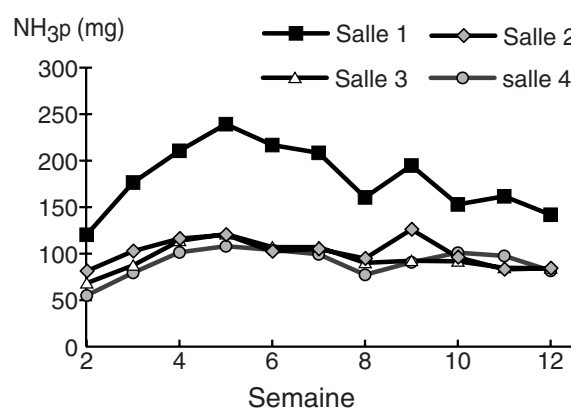


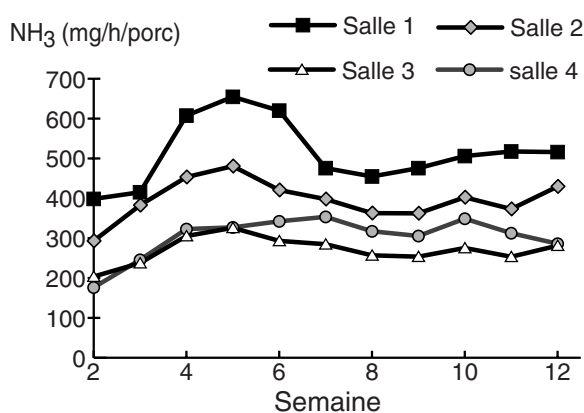
Tableau 3 - Concentrations d'ammoniac en ambiance (mg/m³)

	Débit	Sites à 0,30m				Sites à 1,50m				Moyenne à 0,30m	Moyenne à 1,50m	Barbotage à 1,50m
		1	2	3	4	1	2	3	4			
SEH	Élevé	9,2	9,4	23,2	19,0	13,0	9,4	17,3	14,2	15,2	13,5	17,8
	Faible	14,9	15,4	21,3	24,9	17,8	16,5	20,8	21,8	19,1	19,2	19,7
SEB	Élevé	10,4	11,1	6,9	6,2	7,8	7,8	7,1	7,6	8,7	7,6	10,5
	Faible	19,0	17,0	15,4	22,4	15,8	15,8	14,9	16,1	18,3	15,7	18,9

Tableau 4 - Quantité d'ammoniac rejetée en fonction du débit de renouvellement d'air et du système de ventilation (1)

	SEH	SEB	Moyenne par niveau de ventilation
Débit élevé	515 a	394 b	455
Débit faible	270 c	303 c	287
Moyenne par système	393	349	

(1) Analyse de variance incluant l'effet Système et l'effet Débit ($P < 0,05$)

Figure 4 - Évolution des émissions d'ammoniac en cours d'engraissement

2.3. Émission d'ammoniac

Globalement, les émissions augmentent légèrement pendant la période d'engraissement (figure 4) conséquence de la prise alimentaire qui s'accroît et donc des rejets qui vont dans le même sens. Mais ceci est moins marqué que lors d'un essai précédent réalisé par GRANIER et al. (1996). Cependant, pour le taux de ventilation élevé, on observe un pic entre la 4ème et la 6ème semaine avec des quantités plus importantes pour l'extraction haute. GRANIER et al. (1996) ont également montré une augmentation des émissions avec l'accroissement du taux de renouvellement.

De même, AARNINK et al. (1995, 1997) ont obtenu des émissions d'ammoniac plus importantes le jour que la nuit, l'été que l'hiver, liées à la variation du débit de renouvellement de l'air.

Les valeurs moyennes sont significativement plus faibles ($P < 0,001$) pour le débit de ventilation bas (tableau 4). Elles sont plus élevées (287 à 455 mg/h/porc) que celles rapportées par AARNINK et al. (1995). Dans notre essai, les porcs sont élevés sur caillebotis intégral: ainsi, la surface de lisier en contact avec l'air est plus grande que sur caillebotis partiel. Ceci explique ce résultat, la surface d'échange entre l'ambiance et le lisier étant corrélée positivement avec les émissions d'ammoniac (AARNINK, 1997).

Les deux systèmes présentent peu de différence (393 vs 349), en accord avec AARNINK (1997) qui a montré que

le type de ventilation n'a pas d'incidence sur l'émission totale d'ammoniac. Dans notre étude, ceci est vrai lorsque le débit de renouvellement d'air est faible. Par contre, pour un débit élevé, l'émission augmente dans le cas de l'extraction haute. Ces résultats rejoignent les conclusions formulées par JUNGLUTH (1996) et BÜSCHER et al. (1996) qui recommandent la combinaison extraction basse et taux de renouvellement maîtrisé afin de réduire les émissions d'ammoniac.

CONCLUSION

La maîtrise des quantités d'ammoniac produites répond à deux objectifs: de faibles concentrations en ambiance améliorent l'état sanitaire des animaux et procurent de bonnes conditions de travail pour l'homme, la diminution des quantités rejetées contribue au respect de l'environnement.

Les systèmes de ventilation et les débits de renouvellement d'air neuf mis en oeuvre ne sont pas sans effet sur l'évolution de ces paramètres.

L'intérêt de cette étude est de prendre en considération l'ensemble de ces éléments. Deux principaux enseignements peuvent être tirés:

- dans nos conditions expérimentales, avec stockage de lisier dans les caniveaux à l'intérieur du bâtiment, le système par extraction basse permet d'obtenir, en ambiance, les niveaux de concentration en ammoniac les plus bas sans accroître les émissions.
- l'amélioration de la qualité de l'ambiance par l'augmentation du taux de renouvellement induit plus d'émission d'ammoniac. Ainsi, au delà d'un certain seuil, la surventilation en période estivale aura peu d'effet sur la qualité de l'air mais génèrera plus de rejets.

L'émission d'ammoniac et ses répercussions en terme de pollution atmosphérique ont fait l'objet de nombreuses études, particulièrement aux Pays-Bas. Il apparaît, au terme de notre expérimentation, que l'utilisation de l'extraction basse ne favorise pas les rejets d'ammoniac vers l'atmosphère. Ils sont plus faibles qu'avec un système de ventilation par extraction haute lorsque le débit est élevé. Ce dernier doit être limité aux bâtiments sans stockage de lisier. Par ailleurs, la maîtrise des débits est prépondérante.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AARNINK A.J.A., KEEN A., METZ J.H.M., SPEELMAN L., VERSTEGEN M.W.A., 1995. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 62 (2), 105-116.
- AARNINK A.J.A. Ph. D., 1997. Thesis. Wageningen Agric. University, The Netherlands, 175 p.
- ANDREASON M., BAEKBO P., NIELSEN K., 1994. Proceedings of the 13th Int. P. V. S. Congress, Bangkok, Thailand, 429 p.
- BARBER, E.M., DOSMAN J.A., RHODES C. S., CHRISTISON G.I., HURST T.S., 1993. *Int. Livest. Env. Symp. IV.*, 626-634.
- BÜSCHER W., HARTUNG E., LAIS S., 1996. *Landtechnik*, 51 (3), 160-161.
- COLE D.J.A., SHUERINK G., DE KONING W. J., 1996. *Pig News and Information*, 17 (2), 53N-56N.
- FERGUSON W.S., KOCH W.C., WEBSTER C.B., GOULD J.R., 1977. *Journal of Occupational Medicine*, 19 (5), 319-326.
- GRANIER R., GUINGAND N., MASSABIE P., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 209-216.
- GUINGAND N., 1996. *L'ammoniac en porcherie*, 35p ITP éd. Paris.
- GUSTIN P., URBAIN B., PROUVOST J.F., ANSAY M., 1994. *Journées Rech. Porcine en France*, 26, 79-84.
- JONES J.B., BURGESS L.R., WEBSTER A.J.F., WHATES C.M., 1996, *J. Anim. Sci.*, 63 (3), 437-445.
- JUNGBLUTH T. , 1996. *Züchtungskunde*, 68, (6), 430-441.
- MADEC F., DERRIEN H., 1981. *Journées Rech. Porcine en France*, 13, 231-236.
- MASSABIE P., GRANIER R., LE DIVIDICH J., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 201-208.
- MASSABIE P., GRANIER R., LE DIVIDICH J., 1997. *Int. Livest. Env. Symp. V.*, 1010-1016.
- PHILLIPS, P.A., THOMPSON B.K., 1989. *Trans. of ASAE*, 32(5), 1807-1810.