

ÉTUDE DU MICROCLIMAT ET DE LA VENTILATION D'UNE PORCHERIE D'ENGRASSEMENT.

B.NICKS, P.DEBLIQUY, B.CANART, S.BUZITU, A DEWAELE

*Faculté de Médecine Vétérinaire de L'Université de Liège
45, rue des Vétérinaires - 1070 Bruxelles - Belgique.*

Un suivi des conditions climatiques (température, humidité et vitesse d'air) a été réalisé pendant 4 semaines dans 2 compartiments d'une porcherie d'engraissement. Les locaux n'étant pas chauffés en été, la régulation de la température était assurée uniquement par adaptation automatique de la vitesse de rotation d'un ventilateur extracteur. Quatre mesures des concentrations en NH_3 et CO_2 ont été effectuées dans chaque compartiment à 1 semaine d'intervalle, à l'aide de tubes à diffusion fournissant une valeur moyenne sur 8 heures. Ces relevés ont été complétés par une étude ponctuelle consistant, dans un local vide, à mesurer le débit de ventilation et les vitesses d'air à 6 endroits différents pour 8 vitesses de rotation du ventilateur.

La température moyenne a été de 24°C et l'humidité relative de 71%. Malgré d'importantes variations de la température extérieure, 95% des écarts journaliers sont restés inférieurs à 6°C et 68% des écarts horaires, inférieurs à $0,5^\circ\text{C}$. Plus de 90% des écarts quotidiens d'humidité relative sont restés inférieurs à 20%. Ces faibles fluctuations témoignent du bon fonctionnement du système de régulation thermique. Les concentrations moyennes en NH_3 et CO_2 ont été respectivement supérieure et inférieure aux recommandations usuelles, soit 26 (vs 20) ppm pour le NH_3 et 1688 (vs 3000) ppm pour le CO_2 .

Les mesures de débit ont pu montrer que la section d'entrée d'air prévue ne permettait pas de tirer profit de la puissance maximale d'extraction du ventilateur. Le débit réel ne dépassait pas $3.200 \text{ m}^3/\text{h}$ pour un compartiment de 78 places. D'autre part, des vitesses d'air supérieures à la norme de 0,2 m/s ont été relevées dans certaines loges, à 50 cm du sol, au niveau des animaux. Cette dernière observation est également mise en rapport avec la section insuffisante de l'entrée d'air.

Study of microclimate and ventilation in a fattening pig house.

Temperature, relative humidity and air speed were measured during 4 weeks in two compartments of a fattening pig house. Temperature regulation was assumed by automatic adaptation of the fan speed. The average NH_3 and CO_2 concentrations, over a 8-h period, were determined 4 times in each compartment at a 1-week interval. In a compartment without pig, ventilation rate was measured with 8 fan speeds and air speed was measured in 6 pens.

The mean temperature was 24°C and relative humidity 71%. Despite the large variations of the outside temperature, 95% of the daily variations of the inside temperature were $< 6^\circ\text{C}$ and 68% of the by hour variations were $< 0.5^\circ\text{C}$. More than 90% of the daily variations of relative humidity were $< 20\%$. Thermal regulation by the fan was therefore effective. Mean NH_3 concentration was higher than the usual recommendation, 26 (vs 20) ppm and the CO_2 concentration lower, 1688 (vs 3000) ppm.

Measurements of ventilation rate showed that the area of the air inlet was too small to use the maximum power of the fan. The ventilation rate was not higher than $3.200 \text{ m}^3/\text{h}$ for 78 pigs. Air speeds higher than 0.2 m/s were also measured 0.5 m above the floor in some of the 6 pens. These too high values were also in relation with the area of the air inlet.

INTRODUCTION

En présence de pathologies respiratoires chez le porc, telles que la bronchopneumonie enzootique et les pneumopathies secondaires à la rhinite atrophique, un contrôle du microclimat et de la ventilation des bâtiments s'impose.

Pour TILLON et MADEC (1985), les principaux facteurs de risque liés au logement et associés à la pathologie respiratoire en engraissement sont: une trop grande fréquence des écarts quotidiens de température $>$ à 6°C , une moyenne trop faible des températures minimales journalières ainsi qu'une mauvaise ventilation. Les températures ambiantes recommandées pour les porcs à l'engrais varient avec la nature du sol et le poids des animaux. S'il s'agit d'un sol à caillebotis partiel, elles sont de $20-24^{\circ}\text{C}$ au poids de 20 kg, $17-21^{\circ}\text{C}$ à 45 kg et $15-19^{\circ}\text{C}$ à 100 kg (MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, 1985). Ces valeurs sont cependant données pour une vitesse d'air ne dépassant pas $0,2$ m/s. Si celle-ci est supérieure, le confort thermique du porc ne pourra être assuré qu'à des températures plus élevées. C'est ainsi que, pour des porcs de 60 kg, il faut 4°C de plus pour compenser l'effet de refroidissement d'une vitesse d'air égale à $0,6$ m/s (BRUCE, 1981). Un contrôle de la vitesse doit donc être associé aux relevés de la température.

Quant à la ventilation, elle est généralement jugée sur sa capacité à maintenir le degré hygrométrique sous les 80% et les seuils de pollution en ammoniac (NH_3) et gaz carbonique (CO_2) inférieurs à 20 et 3.000 ppm respectivement (COMMISSION INTERNATIONALE DU GENIE RURAL, 1984). Ces trois paramètres doivent être considérés comme des témoins du niveau global de pollution qui inclut les dizaines de composés volatils, les microorganismes (bactéries, virus,...) et les poussières présents dans l'air. Bien que les corrélations entre les concentrations de ces divers polluants ne soient pas nécessairement très élevées, on ne recourt généralement qu'à la mesure des 3 premiers cités, pour des raisons de facilité. A titre indicatif, des normes précisent ce que devraient être la capacité maximale du système de ventilation et le débit minimal à maintenir, soit 1 m³/h.kg de poids vif et $0,38$ m³/h.kg (SAINSBURY et SAINSBURY, 1979). Il n'est cependant pas possible de connaître avec précision ce qu'est le débit réel (et non pas théorique) de ventilation dans un local, sauf en utilisant des techniques spécialisées de mesure.

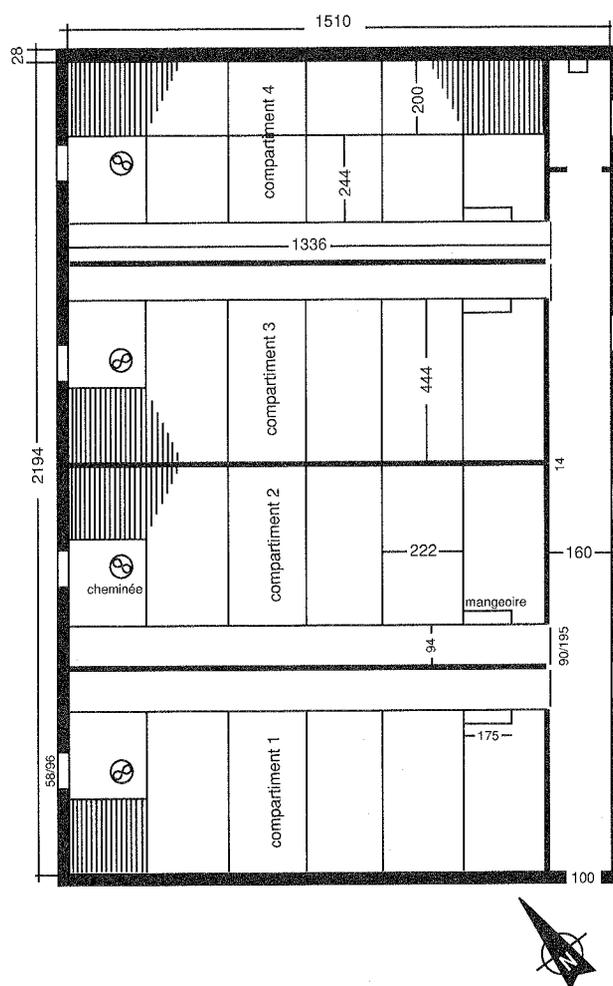
Dans une porcherie à forte incidence de pathologie respiratoire associée à un taux de mortalité de 10%, un suivi des conditions climatiques (température, humidité et vitesse d'air) a été réalisé pendant 4 semaines dans deux compartiments occupés par 73 et 75 porcs d'un poids moyen estimé à 70 kg. Les concentrations en NH_3 et CO_2 ont été déterminées 4 fois dans chaque local, à une semaine d'intervalle. Des tubes à diffusion permettaient d'obtenir une concentration moyenne sur 8 heures. Ces relevés ont été complétés par une étude ponctuelle consistant, dans un local vide, à mesurer le débit de ventilation pour 8 vitesses de rotation du ventilateur et, pour chacune de celle-ci, à mesurer les vitesses d'air à 6 endroits différents du compartiment.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1.1 Description de la porcherie

Le bâtiment étudié (figure 1) est construit depuis 1986; il comprend 4 compartiments disposés transversalement par

FIGURE 1
PLAN DE L'EXPLOITATION



rapport à un couloir de service. Les murs sont en blocs de béton argex et le toit est composé de plaques ondulées en asbeste-ciment, d'un espace ventilé et de 6 cm de polyuréthane.

Les volumes et surfaces d'un compartiment sont respectivement de 249 m³ et de 72 m². Chaque compartiment est constitué de 6 loges et d'un couloir d'alimentation.

La surface d'une loge est de $9,86$ m²; le sol est à caillebotis partiel. Chaque loge comporte un abreuvoir à tétine et une trémie de $1,15$ m de longueur disposée le long du couloir d'alimentation. Les séparations des loges ont $0,90$ m de hauteur; elles sont pleines en partie inférieure et ajourées sur le tiers supérieur.

La ventilation est artificielle; l'entrée d'air se fait par un clapet à ouverture réglable, de plus ou moins 2 m de long, situé au-dessus du mur séparant le compartiment du couloir de service. L'air est extrait par un ventilateur situé dans une cheminée placée en toiture à l'autre bout du compartiment. Le débit d'extraction est adapté automatiquement en fonction de l'écart entre la température réelle et celle de consigne. Si cet écart est négatif, le ventilateur fonctionne à un régime minimum programmable. Un cadran de contrôle permet de visualiser la vitesse de rotation du ventilateur. Il est gradué en unités arbitraires sur une échelle allant de 0 à 250. L'arrivée d'air extérieur dans le couloir de service se fait par des ouvertures aménagées à cet effet dans le mur et par les fenêtres.

La porcherie est équipée d'un système de chauffage par circulation d'eau chaude dans des canalisations enfouies dans le sol. Il n'a jamais fonctionné au cours des mesures réalisées au mois de juin.

1.2 Description du matériel de mesure

La température a été mesurée par des capteurs Pt 100. Trois sondes ont été placées dans chacun des 2 compartiments étudiés, près de l'entrée, au milieu et au fond de ceux-ci; elles étaient situées au-dessus des loges, à une hauteur de 1,2 m. Une sonde a également été installée à l'extérieur du bâtiment.

L'humidité relative a été mesurée par deux capteurs capacitifs, un situé au milieu d'un des compartiments, l'autre à l'extérieur du bâtiment.

Des thermistances ont permis de mesurer la vitesse de l'air, près de l'entrée et au fond de chaque compartiment à une hauteur de 1,2 m. Lors de l'étude ponctuelle réalisée dans un compartiment vide, 6 sondes ont été placées à 50 cm du sol, à raison d'une par loge, au milieu de celles-ci.

Au cours des 4 semaines d'enregistrement, les relevés de température, humidité relative et vitesse d'air ont été stockés sur datalogger, à la cadence d'une mesure de l'ensemble des paramètres toutes les 10 minutes. Lors de l'étude ponctuelle, les vitesses d'air ont été enregistrées à raison d'une mesure par seconde durant 1 minute.

Les concentrations en NH_3 et CO_2 ont été déterminées à l'aide de tubes à diffusion (AUER) permettant d'obtenir une valeur moyenne sur 8 h; 4 mesures ont été réalisées dans chaque compartiment à une semaine d'intervalle.

Le nombre de renouvellements d'air a été établi par la technique des gaz traceurs, consistant à suivre l'évolution de la concentration d'un gaz injecté dans un local (COSTELLO et al, 1984). Le gaz utilisé était de l'hexafluorure de soufre (SF_6) normalement absent dans l'air des porcheries et inoffensif. L'échantillonnage de l'air se faisait au niveau de la loge du fond, sous le ventilateur. La concentration en SF_6 était déterminée à l'aide d'un chromatographe portatif à capteur d'électrons. Afin d'assurer un bon mélange du gaz dans le local, un ventilateur centrifuge, placé dans le couloir de service, brassait l'air intérieurement. Les mesures de concentration commençaient une minute après la contamination du local; elles étaient répétées toutes les une ou deux minutes, selon la vitesse de décroissance de la concentration. Environ 10 mesures étaient réalisées par échantillonnage. Les taux horaires de renouvellement ont été mesurés à 8 vitesses de rotation correspondant, sur le cadran de contrôle, aux graduations 50, 100, 120, 140, 160, 180, 200 et 220.

2. RÉSULTATS

2.1 Suivi des paramètres climatiques et de pollution

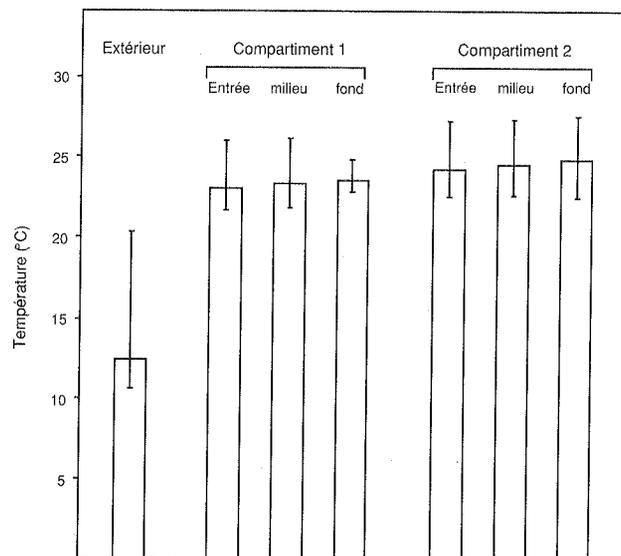
Une température moyenne a été calculée pour chacun des 28 jours de mesure. La moyenne globale ainsi que les minimum et maximum de ces 28 valeurs sont représentés pour chacune des sondes à la figure 2. On peut constater que:

- La température moyenne a été de 24°C , variant de $23,2$ à $24,9^\circ\text{C}$ selon les compartiments et les sondes;
- La différence de température entre les trois points de

mesure d'un même compartiment a été insignifiante, de l'ordre de $0,5^\circ\text{C}$ entre l'entrée et le fond du local;

- Les températures moyennes de la journée la plus froide et la plus chaude furent de $10,7^\circ\text{C}$ et $20,5^\circ\text{C}$ à l'extérieur et de $22,4^\circ\text{C}$ et 27°C à l'intérieur.

FIGURE 2
VALEUR DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE AINSI QUE DES MINIMUM ET MAXIMUM (relatifs aux 28 jours de mesure)



Pour chacun des 28 jours de mesure, l'écart entre les températures maximale et minimale enregistrées a été calculé. La figure 3 donne l'importance des écarts quotidiens obtenus à l'extérieur et au milieu des 2 compartiments. On observe que:

- A l'extérieur, près de 95% des écarts ont été supérieurs à 6°C avec un maximum de $19,2^\circ\text{C}$;
- A l'inverse, à l'intérieur, près de 95% des écarts ont été $< 6^\circ\text{C}$, compris, le plus souvent, entre 2 et 4°C .

L'impact des variations à court terme de température a été analysé en déterminant les différences à 1 heure d'intervalle. A l'extérieur, l'écart a été supérieur à 2°C dans environ 15% des cas tandis qu'à l'intérieur, il est toujours resté inférieur à 2°C et a été inférieur à $0,5^\circ\text{C}$ dans 74 et 62% des cas dans les 2 compartiments.

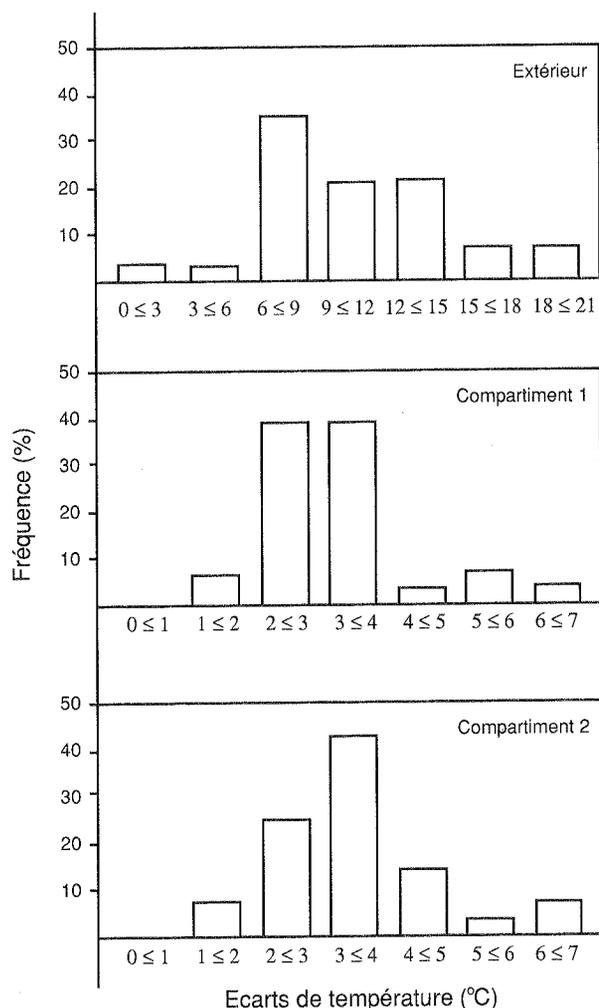
Comme pour la température, une humidité relative moyenne a été calculée pour chacun des 28 jours de mesure. A l'extérieur, la moyenne globale ainsi que les minimum et maximum de ces 28 valeurs ont été de: 88%, 73% et 100%. Les données correspondantes pour l'intérieur ont été de: 71%, 62% et 84%. Au cours d'une même journée, l'écart entre le minimum et le maximum enregistrés à l'extérieur a été supérieur à 20% 24 jours sur 28, soit dans 86% des cas; à l'intérieur, un tel écart n'a été dépassé que 3 jours sur 28, les valeurs restant en moyenne comprises entre 60 et 80%.

Les vitesses d'air ont été en moyenne de $0,16$ et $0,19$ m/s à l'entrée et au fond d'un compartiment et de $0,22$ et $0,28$ m/s dans l'autre. Ces variations ont été sans signification pratique tant d'un jour à l'autre que d'un moment à l'autre de la journée.

Les concentrations en NH_3 relevées dans les compartiments

ont été de $25 \pm 5,2$ ppm et 26 ± 10 ppm, et celles en CO_2 de 1875 ± 217 ppm et 1500 ± 500 ppm.

FIGURE 3
FRÉQUENCE DES ÉCARTS QUOTIDIENS DE TEMPÉRATURE, regroupés par classe de 3°C pour la température extérieure et de 1°C pour la température intérieure (28 jours de mesure)

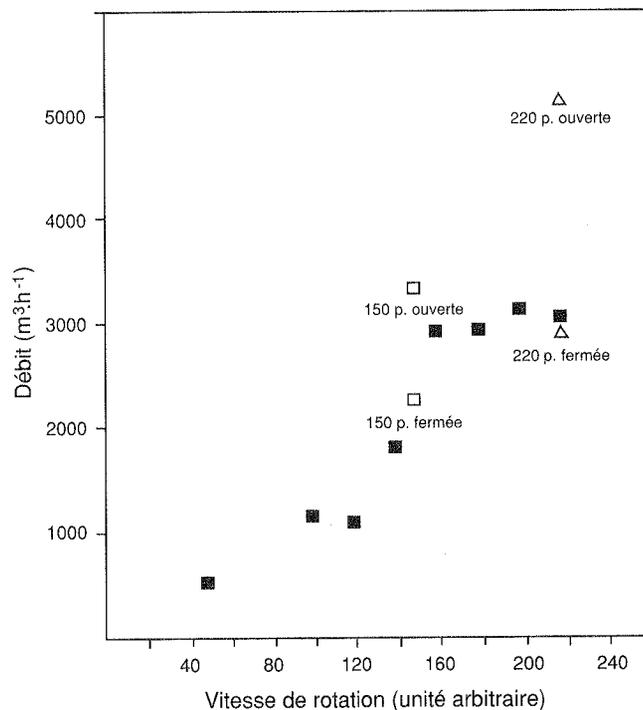


2.2 Étude ponctuelle

La figure 4 donne les résultats des mesures du taux de renouvellement d'air. Le débit augmente en fonction de la vitesse de rotation du ventilateur jusqu'au niveau 160 et ne change plus pour des vitesses de rotation plus élevées. Des mesures supplémentaires ont été réalisées porte ouverte pour les niveaux de ventilation 150 et 220. Dans ce cas, l'accroissement du débit qui en résulte est respectivement de 47% et 75%.

La figure 5 donne la vitesse d'air dans les différentes loges en fonction de la puissance d'extraction du ventilateur; les loges ont été numérotées de 1 à 6, de l'entrée au fond du compartiment. Le ventilateur étant à l'arrêt, la vitesse moyenne a été de 0,06 m/s; au niveau 100, elle fut de 0,10 m/s dans les 5 premières loges et significativement plus élevée dans la sixième, soit 0,19 m/s. Le seuil de 0,2 m/s a été dépassé dans la loge 6 pour les puissances d'extraction \geq au niveau 120 du cadran de contrôle et le seuil de 0,3 m/s pour les puissances \geq au niveau 160. Une vitesse supérieure à 0,2 m/s a également été

FIGURE 4
DÉBIT DE VENTILATION DÉTERMINÉ EN FONCTION DE LA VITESSE DE ROTATION DU VENTILATEUR



observée dans les loges 4 et 5 au niveau 200 tandis que ce seuil ne fut jamais atteint dans les 3 premières. Dans la loge 6, la vitesse a augmenté progressivement des niveaux 0 à 160 se stabilisant ensuite malgré les réglages sur des puissances d'extraction plus élevées. Ce résultat est à mettre en parallèle avec les mesures de débit réalisées porte fermée.

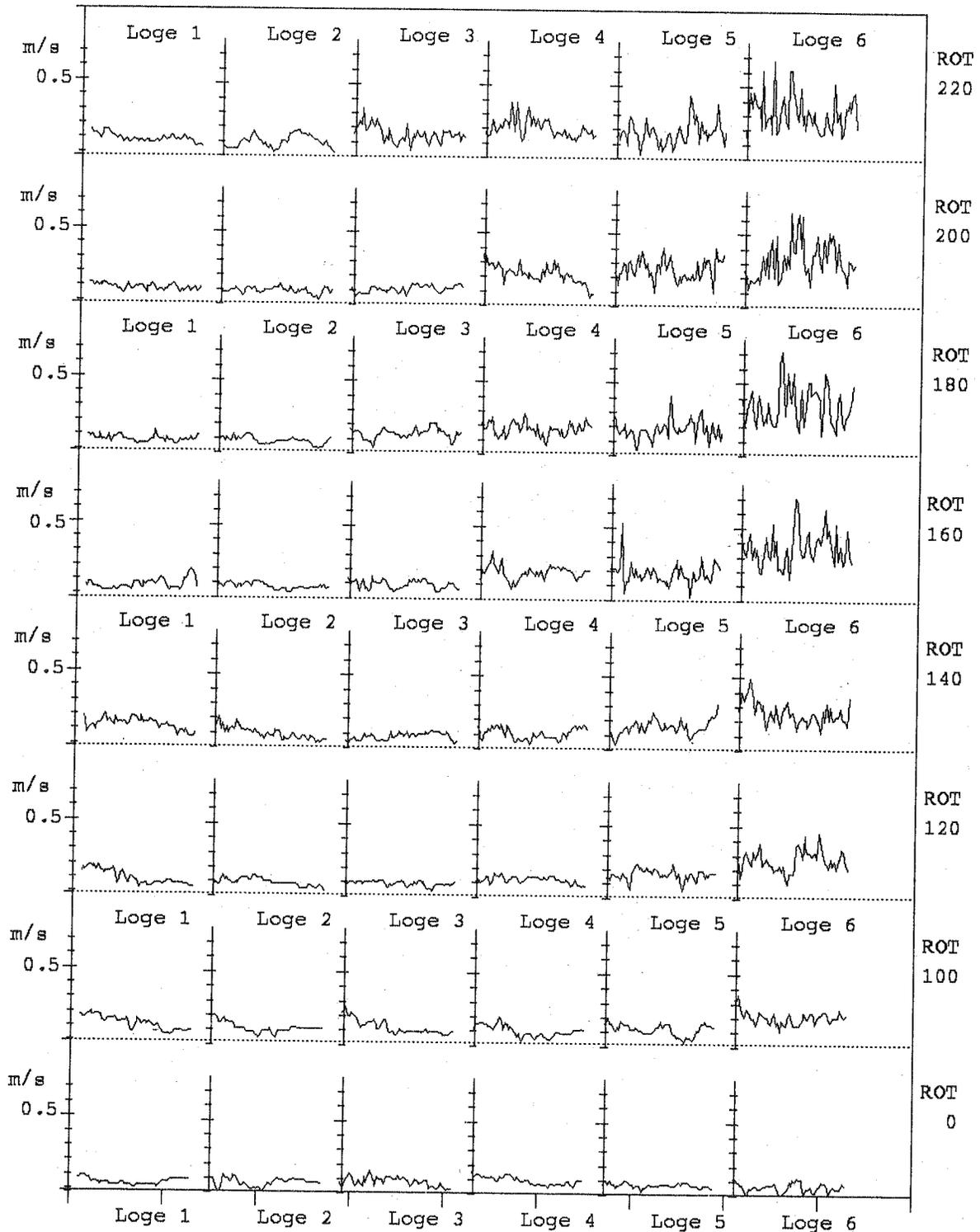
3. DISCUSSION

Dans un bâtiment non chauffé, la régulation de la température se fait par la ventilation qui a donc ainsi 2 objectifs: assurer un équilibre thermique et lutter contre un excès de pollution. Si ces objectifs sont complémentaires quand la température extérieure dépasse le seuil souhaité à l'intérieur, ils s'opposent dans le cas inverse. En effet, à une augmentation du débit correspond une plus grande évacuation des polluants mais aussi une baisse de la température intérieure.

Les relevés de température dans les 2 compartiments étudiés témoignent d'une bonne régulation, les fluctuations extérieures ayant été très largement amorties à l'intérieur. La température moyenne de 24°C aurait cependant pu être plus basse au profit d'une meilleure ventilation du bâtiment. Celle-ci a été appréciée par la mesure du degré hygrométrique et des concentrations en CO_2 et NH_3 . Si les valeurs des 2 premiers paramètres se sont situées sous les seuils de pollutions excessives, la concentration en NH_3 a été supérieure à 20 ppm. Ces résultats ne sont pas nécessairement contradictoires. Le degré hygrométrique, notamment, est étroitement dépendant de la température de l'air; à même charge en vapeur d'eau, il diminue quand la température augmente. Avec des valeurs de 24°C, on pouvait donc s'attendre à une humidité relative dans les normes.

Quant aux concentrations en CO_2 et NH_3 , elles reflètent, pour

FIGURE 5
RÉSULTATS DES MESURES DE VITESSE D'AIR DANS LES 6 LOGES POUR 8 VITESSES DE ROTATION DU VENTILATEUR
(1 mesure toutes les secondes pendant 1 minute)



la première, la pollution engendrée par l'activité respiratoire des animaux et, pour la seconde, celle provenant de la fermentation des déjections accumulées dans la fosse à lisier. La concentration en NH_3 apparaît donc, parmi ces 3 paramètres, comme le plus représentatif de la pollution globale, à mettre en relation avec la pathologie respiratoire.

Les mesures de vitesse d'air au cours des 28 jours d'observations n'ont pas mis en évidence de courants d'air, c'est-à-dire des augmentations rapides et passagères de la vitesse. Les niveaux relevés, de 0,16 à 0,28 m/s sont proches du ou supérieurs au seuil de 0,2 m/s mais les mesures ont été réalisées à une hauteur de 1,2 m, soit hors de portée des

animaux. Dans les locaux soumis à une ventilation artificielle par extraction, la vitesse de l'air dépend essentiellement de la section de l'entrée. Deux théories s'opposent à ce sujet (MATON et al, 1985). Certains auteurs préconisent de dimensionner l'ouverture de telle sorte que la vitesse à son niveau soit au plus de 1 m/s, pour avoir la garantie qu'elle sera inférieure à 0,2 m/s près des animaux. En revanche, d'autres auteurs proposent une vitesse à l'ouverture de 5 m/s, afin de permettre un mélange, en partie supérieure du local, de l'air froid entrant avec l'air chaud intérieur. Dans ce cas, l'arrivée d'air frais en partie basse du bâtiment se fait plutôt dans le fond du compartiment qu'à l'entrée. Pour maintenir la vitesse constante à l'ouverture, celle-ci est équipée d'un clapet qui, par un système de contrepoids, rétrécit la section, quand le ventilateur fonctionne à bas régime. Si le débit du ventilateur est augmenté, la pression accrue de l'air sur le clapet agrandit la section. C'est d'un tel système que la porcherie étudiée est équipée. Les mesures de débit ont pu montrer que, dans ce cas précis, le fonctionnement n'était pas correct, la section de l'entrée d'air prévue ne permettant pas de tirer profit de la puissance maximale d'extraction du ventilateur. D'autre part, des vitesses d'air trop élevées ont été mesurées au niveau des animaux dans les loges situées au fond du compartiment.

CONCLUSIONS

L'étude du microclimat et de la ventilation de cette porcherie d'engraissement a mis en évidence un mauvais fonctionnement de l'entrée d'air limitant le débit de ventilation à environ 3.200 m³/h. A raison de 78 porcs de 100 kg par compartiment, la capacité maximale d'extraction du système de ventilation devrait être, selon les recommandations usuelles, de 7.800 m³/h avec un minimum de 3.000 m³/h. D'autre part, des vitesses d'air dépassant 0,2 m/s ont été relevées dans certaines loges au niveau des animaux et la concentration moyenne en NH₃ a dépassé la norme fixée à 20 ppm. Par contre, la régulation de la température intérieure par le système de ventilation a bien fonctionné, les fluctuations extérieures étant fortement amorties à l'intérieur. Une température moyenne de 24°C a été associée à un degré hygrométrique moyen de 71% au cours des 28 jours d'enregistrement.

L'ensemble de ces constatations conduit à préconiser un aménagement de l'entrée d'air dans cette porcherie qui connaît un taux de mortalité de 10%, attribuable à une pathologie respiratoire endémique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- BRUCE J.M., 1981. In «Environmental aspects of housing for animal production». 197-216. Clark J.A. éd., Butterworths.
- COMMISSION INTERNATIONALE DU GÉNIE RURAL, 1984. Report of working group on climatization of animal houses. , Scottish Farm Building Investigation Unit, Craibstone, Aberdeen, 72 p.
- COSTELLO T.A, MEADOR N.F., SHANKLIN M.D., 1984. Transactions of the A.S.A.E., 27, 844-846.
- MATON A., DAELEMANS J., LAMBRECHT J., 1985. In «Housing of animals». 217-315. Elsevier éd., Netherlands, 458 p.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE., 1985. Climatization des bâtiments d'élevage. Directives du Génie Rural, Bruxelles, 27 p.
- SAINSBURY D., SAINSBURY P., 1979. In «Livestock health and housing». 161-211. Baillière Tindall éd., London, 388 p.
- TILLON J.P., MADEC F., 1985. Journées Rech. Porcine en France, 17, 251-264.