1989. JOURNÉES RECH. PORCINE EN FRANCE, **21**, 261-268.

# ESTIMATION JOURNALIÈRE DE L'HYGROMÉTRIE ET DES CONCENTRATIONS EN GAZ, POUSSIÈRES ET BACTÉRIES DE L'AIR DES PORCHERIES

*C. CHOSSON (1), E. LAPORTE (1)*, R. GRANIER (2)*

*(1) I.T.P. - 34, boulevard de la Gare - 31500 TOULOUSE*
*(2) Station Expérimentale de l'I.T.P. - Les Cabrières - 12200 VILLEFRANCHE DE ROUERGUE*
*(3) C.P.S. Bernussou - 12200 VILLEFRANCHE DE ROUERGUE*

*Avec la collaboration technique de H. MARTY (3) et J.P. MONGIN (2)*

## INTRODUCTION

La connaissance des caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques de l'air d'une porcherie aide le technicien ou le vétérinaire à élaborer des diagnostics. Dans ce but, il est relativement aisé d'estimer correctement l'évolution journalière et hebdomadaire de la température ambiante d'un local, grâce notamment à l'utilisation de thermomètres enregistreurs ou à «minima et maxima». Par contre, il est plus difficile d'appréhender les variations quotidiennes d'hygrométrie et de concentrations en gaz, poussières et bactéries. En effet, leur mesure s'effectue le plus souvent à l'aide d'instruments et de techniques qui donnent des valeurs ponctuelles. Elles ne sont donc pas obligatoirement le reflet de l'environnement dans lequel vit le porc durant 24 heures. Cette étude a pour principal objectif de montrer l'évolution journalière cyclique des paramètres caractéristiques de la qualité de l'air d'une porcherie. Nous en déduirons une méthode de mesure qui permet de collecter de façon peu contraignante des valeurs journalières représentatives.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1.1. Caractéristiques des porcheries

Nos observations se sont déroulées dans 2 porcheries aveyronnaises : - un local d'engraissement, à la Station Expérimentale de l'I.T.P.à Villefranche de Rouergue. - un local de post-sevrage appartenant au Centre de Promotion Sociale de Bernussou.

**TABLEAU 1**
PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES DEUX PORCHERIES ÉTUDIÉES

| | Station Expérimentale I.T.P. | C.P.S. Bernussou |
|---|---|---|
| Type de local | Engraissement | Post-sevrage |
| Nombre de places | 200 | 14 |
| Poids moyen des porcs (kg) | 45 | 25 |
| Période d'observation | avril 1988 | juillet 1988 |
| Type de sol | Caillebotis partiel sans litière | Caillebotis total |
| Type d'alimentation | Granulés dans nourrisseurs | Farine dans nourrisseurs |
| Surface totale utile par porc ($m^2$) | 0,81 | 0,25 |
| Volume de bâtiment par porc ($m^3$) | 3,2 | 0,89 |
| Type de ventilation | Dynamique par extraction basse | Dynamique par extraction basse |

** Stagiaire du Bureau des Productions Animales de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.*

### 1.2. Conditions expérimentales

Dans le local étudié, des mesures sont effectuées, quotidiennement à heures fixes (9, 11, 14, 17 et 20 heures). L'emplacement du point des mesures est toujours le même. Il se situe à un mètre au-dessus du sol de la case centrale.

. La température ambiante (ta) et l'humidité relative (HR) sont obtenues à l'aide d'un thermo-hygromètre portatif (marque SOLOMAT, type MPM 1000). La résolution de l'appareil est de 0,1°C pour la température et de 0,1 % pour l'hygrométrie.

. Le taux de renouvellement de l'air est calculé en divisant le débit horaire de ventilation par le volume de la porcherie. Le débit horaire de ventilation est estimé à l'aide de la formule suivante :

$$D = \frac{Dm + (DM - Dm) \times (ta - tc)}{\delta t}$$

avec D = débit horaire de ventilation (m3/h)
Dm = 15 % du débit nominal = débit minimum de ventilation quand le ou les ventilateurs tournent à vitesse minimale (m3/h)
DM = débit maximum de ventilation, compte tenu des pertes de charge du système (m3/h). Dans le post-sevrage, il est estimé à partir des courbes de débit, caractéristiques de chaque ventilateur. Dans l'engraissement, il est mesuré
ta = température ambiante (°C)
tc = température de consigne affichée sur le boitier de régulation de la ventilation (°C)
$\delta t$ = écart de température qui induit le passage du minimum au maximum de ventilation et inversement (°C): plage de ventilation.

Les concentrations en ammoniac, gaz carbonique et hydrogène sulfuré sont mesurées ponctuellement à l'aide de tubes réactifs (marque DRAEGER BRANDT, références NH3 5/a, $CO_2$ 0,01 %/a, $H_2S$ 1/C). Complémentairement, nous avons utilisé des tubes réactifs à diffusion qui donnent des concentrations moyennes sur une période de temps de plusieurs heures (marque DRAEGER BRANDT).

Les poussières sont collectées par filtration au travers d'un filtre en microfibres de verre (marque WHATMAN, référence 47 mm GF/F). La pompe d'aspiration débite 2,5 m3/heure. Le porte filtre est tenu horizontalement. Le volume d'air filtré en une heure est contrôlé par un compteur volumétrique. Les filtres sont pesés avant et après prélèvement. Avant chaque pesée, ils sont mis à l'étuve durant 3 heures pour éliminer l'humidité.

Les prélèvements bactériens se font par filtration de l'air grâce à un filtre en polysulfone dont les pores mesurent 0,2 microns (marque GELMAN, référence 0,2/25). Le porte filtre est fixé à l'extrémité d'une pompe manuelle identique à celle qui est utilisée avec les tubes réactifs (marque DRAEGER BRANDT). Pour chaque filtre, on actionne une fois la pompe, ce qui correspond à un volume aspiré de 100 ml. Par série de mesures, on réalise 15 prélèvements dans un laps de temps très court (moins de 3 minutes). Avant usage, les porte-filtres et les filtres sont emballés dans un papier kraft et stérilisés à l'autoclave. Après usage, le filtre est très rapidement (1/2 heure) déposé dans une boite de Petri contenant de la gélose. La composition du milieu gélosé est la suivante :

. Extrait de levure = 15 g
. Tryptic soy broth agar (DIFCO 0369) = 40 g
. MOPS = 2 g
. Eau distillée = qsp 1000 ml

Son pH est ajusté à 7,2 avant autoclavage (20 mn à 120°C). Le dénombrement des colonies bactériennes s'effectue à la sortie de l'étuvage (24 heures à 37°C). La valeur retenue est la moyenne des 15 prélèvements.

## 2. RÉSULTATS

### 2.1. Porcherie d'engraissement

Au total, nous avons effectué dans ce local 40 séries de mesures et de prélèvements ponctuels. Pour chaque variable, les valeurs obtenues figurent au tableau 2.

Deux remarques s'imposent en ce qui concerne le dénombrement des colonies bactériennes :
- Fréquemment, certains prélèvements sont illisibles à cause de la présence de colonies envahissantes
- Les différents prélèvements d'une même série peuvent donner des valeurs dispersées (le coefficient de variation moyen des 40 séries est égal à 22,3 %).

**TABLEAU 2**
VALEURS REPRÉSENTATIVES DES VARIABLES CARACTÉRISTIQUES DE L'AIR DE LA PORCHERIE D'ENGRAISSEMENT

| | Température ambiante (ta en °C) | Taux de renouvellement air (TR) | Hygrométrie (HR en %) | $NH_3$ (ppm) | $CO_2$ (%) | $H_2S$ (ppm) | Poussières (P en mg/m³) | Bactéries (B en nb/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Moyenne | 22,5 | 8,0 | 68 | 4 | 0,2 | 0 | 2,00 | 208350 |
| Ecart-type | 1,70 | 2,40 | 10,7 | 0,8 | 0,04 | 0 | 0,54 | 84638 |
| Valeur mini | 19,0 | 3,9 | 45 | 3 | 0,1 | 0 | 0,97 | 76250 |
| Valeur maxi | 27,5 | 12,8 | 85 | 6 | 0,3 | 0 | 3,29 | 494000 |

L'étude globale des coefficients de corrélation montre que, sur une période de temps assez longue :

- l'hygrométrie évolue dans le même sens que le gaz carbonique ou l'ammoniac. Par contre, elle varie dans le sens opposé à la température ambiante ou le taux de renouvellement de l'air
- le nombre de colonies bactériennes dépend assez largement du poids des poussières en suspension (figure 1).

Les coefficients de corrélation significativement différents de 0 sont mentionnés dans le tableau 3.

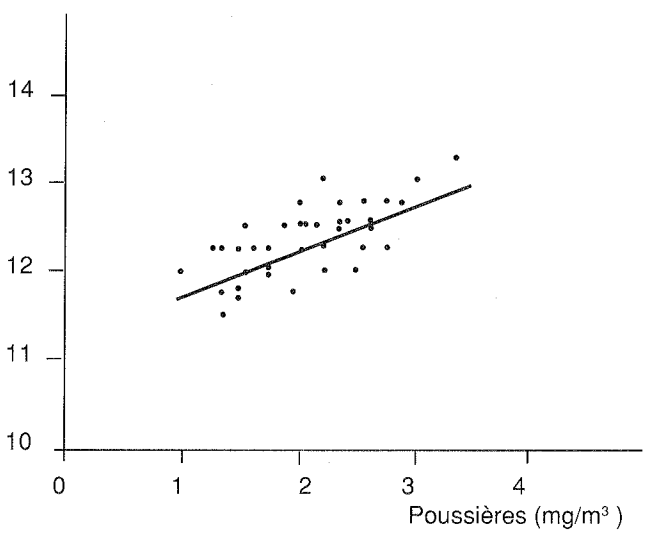
**TABLEAU 3**
MATRICE DE CORRÉLATION DES COEFFICIENTS SIGNIFICATIVEMENT DIFFÉRENTS DE 0 ($P \leq 0,05$)

| | ta | TR | HR | $NH_3$ | $CO_2$ | Poussières (P) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TR | +0,94 | | | | | |
| HR | -0,59 | -0,48 | | | | |
| $NH_3$ | -0,45 | -0,46 | +0,41 | | | |
| $CO_2$ | -0,45 | -0,49 | +0,65 | +0,55 | | |
| Poussières(P) | +0,30 | +0,30 | | | | |
| Bactéries(B) | +0,40 | +0,39 | | | | +0,71 |
| log(B) | +0,41 | +0,40 | | | | +0,70 |

Il est possible de prédire de façon satisfaisante le nombre de bactéries à partir du taux de renouvellement de l'air (ou de la température ambiante) et de la concentration en poussières ($R^2 = 0,54$). L'équation de prédiction du modèle de régression linéaire s'écrit :

$$\log B = 0,051 \times ta + 0,463 \times P + 10,102$$

**FIGURE 1**
ÉVOLUTION DU NOMBRE DE BACTÉRIES PAR $M^3$ D'AIR EN FONCTION DE LA CONCENTRATION EN POUSSIÈRE DU LOCAL D'ENGRAISSEMENT




A l'opposé, les concentrations en poussières ou en gaz sont faiblement liées au taux de renouvellement de l'air. On constate cependant une évolution cyclique journalière de l'ensemble des variables étudiées. S'il est difficile de prédire à long terme la valeur que prendra une variable, il est par contre possible de montrer que, dans une journée, les valeurs minimales et maximales sont généralement atteintes au moment où le taux de renouvellement de l'air est extrême. Ainsi, pour une période de 6 jours, nous avons comparé les moyennes M1 et M2 de chaque variable étudiée (tableau 4):

M1 est la moyenne générale correspondant aux 6 moyennes quotidiennes obtenues chacune à partir de 5 mesures

M2 est la moyenne générale correspondant aux 6 moyennes quotidiennes obtenues chacune à partir de 2 mesures. Ces deux mesures journalières correspondent aux moments de la journée où la température ambiante est minimale et maximale.

**TABLEAU 4**
COMPARAISON DES MOYENNES GÉNÉRALES M1 ET M2 RELEVÉES DANS LE LOCAL D'ENGRAISSEMENT SUR UNE PÉRIODE DE 6 JOURS

| | M1 | M2 | Signification statistique |
|---|---|---|---|
| ta (°C) | 22,85 | 23,08 | N.S. |
| TR | 8,57 | 8,50 | N.S. |
| HR (%) | 66,0 | 66,4 | N.S. |
| $NH_3$ (ppm) | 3,8 | 3,7 | N.S. |
| $CO_2$ (%) | 0,17 | 0,18 | N.S. |
| P (mg/m3) | 1,99 | 2,00 | N.S. |
| B (Nb/m3) | 212324 | 219530 | N.S. |

. M1 est obtenue à partir de 5 mesures journalières
. M2 est obtenue à partir de 2 mesures journalières correspondant aux moments de la journée où le taux de renouvellement de l'air est extrême.

Complémentairement, dans le même local, nous avons utilisé, pour estimer les concentrations de gaz, des tubes réactifs à diffusion. La comparaison des valeurs obtenues avec les deux types de tubes réactifs figure au tableau 5. Elle montre un très fort écart d'appréciation de la teneur en ammoniac ($P<0,001$). Par contre, quoique significativement différentes ($P=0,02$), les valeurs en gaz carbonique sont assez proches, puisque l'écart est inférieur à 20 %.

**TABLEAU 5**
COMPARAISON DES TENEURS EN AMMONIAC ET EN GAZ CARBONIQUE OBTENUES À PARTIR DES TUBES RÉACTIFS À DIFFUSION ET À MESURE PONCTUELLE.

| | | Tubes à réactifs à diffusion | | Tubes réactifs à mesure ponctuelle | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nombre de prélèvements journaliers effectués avec les tubes réactifs à mesure ponctuelle | Période totale considérée (heures) | $NH_3$ (ppm) | $CO_2$ (%) | $NH_3$ (ppm) | $CO_2$ (%) |
| 4 | 8 | 18,9 | 0,25 | 7,5 | 0,28 |
| 3 | 5 | 14,0 | 0,24 | 4,7 | 0,22 |
| 4 | 8 | 6,3 | 0,13 | 3,5 | 0,13 |
| 4 | 8 | 11,3 | 0,15 | 3,3 | 0,15 |
| 3 | 11 | 9,1 | 0,16 | 3,0 | 0,25 |
| 3 | 6 | 30,0 | 0,15 | 10,0 | 0,15 |
| 3 | 8 | 8,8 | 0,13 | 4,0 | 0,17 |
| 4 | 8 | 8,8 | 0,13 | 4,3 | 0,20 |
| 4 | 8 | 10,0 | 0,15 | 3,8 | 0,16 |
| 4 | 8 | 11,3 | 0,13 | 4,0 | 0,16 |
| Moyenne | | 12,9 | 0,16 | 4,8 | 0,19 |

## 2.2. Local de post-sevrage

**TABLEAU 6**
VALEURS REPRÉSENTATIVES DES VARIABLES, CARACTÉRISTIQUES DE L'AIR DU LOCAL DE POST-SEVRAGE.

| | Température ambiante (ta en °C) | Taux de renouvellement air (TR) | Hygrométrie (HR en %) | $NH_3$ (ppm) | $CO_2$ (%) | $H_2S$ (ppm) | Poussières (P en mg/m³) | Bactéries (B en nb/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Moyenne | 30,1 | 39,9 | 55 | 4 | 0,2 | 0 | 3,18 | 183384 |
| Ecart-type | 2,10 | 19,50 | 16,3 | 0,9 | 0,09 | 0 | 2,30 | 140336 |
| Valeur mini | 27,0 | 15,0 | 25 | 2 | 0,1 | 0 | 0,76 | 36667 |
| Valeur maxi | 34,5 | 62,0 | 90 | 6 | 0,4 | 0 | 8,78 | 571538 |

Pour chaque variable, les valeurs obtenues à partir de 28 observations figurent au tableau 6.

En juillet, étant donné la température extérieure très élevée, la température ambiante du local de post-sevrage a souvent continué à progresser alors que les ventilateurs fonctionnaient à plein régime. De ce fait, la corrélation entre le taux de renouvellement de l'air et la température ambiante est médiocre (tableau 7). Par rapport aux données concernant la porcherie d'engraissement, la seule différence notable intéresse l'évolution concommittente du taux de renouvellement de l'air et des concentrations en poussières ou bactéries. Contrairement à ce que l'on observe dans le local d'engraissement, ces deux variables ont tendance à évoluer en sens contraire. Par ailleurs, bien que la quantité de poussières soit plus élevée dans le post-sevrage, le nombre moyen de colonies bactériennes en suspension dans l'air est sensiblement identique dans les deux locaux. Les poussières, les bactéries, le gaz carbonique et le taux de renouvellement de l'air sont assez fortement corrélés entre eux. Ceci n'est pas vrai pour l'ammoniac.

**TABLEAU 7**
MATRICE DE CORRÉLATION DES COEFFICIENTS SIGNIFICATIVEMENT DIFFÉRENTS DE 0 (P≤0,05).

| | ta | TR | HR | $NH_3$ | $CO_2$ | Poussières (P) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TR | +0,33 | | | | | |
| HR | -0,57 | -0,64 | | | | |
| $NH_3$ | | -0,39 | +0,55 | | | |
| $CO_2$ | | -0,87 | +0,78 | +0,58 | | |
| Poussières(P) | -0,41 | -0,75 | +0,63 | | +0,76 | |
| Bactéries (B) | | -0,81 | +0,64 | | +0,84 | +0,83 |
| log (B) | | -0,86 | +0,62 | +0,40 | +0,86 | +0,81 |

Le meilleur ajustement linéaire ($R^2$= 0,83) pour la prédiction du nombre de colonies bactériennes en suspension dans l'air s'écrit :

$$\log B = 0{,}063 \times ta + 0{,}144 \times P - 0{,}022 \times TR + 10{,}377$$

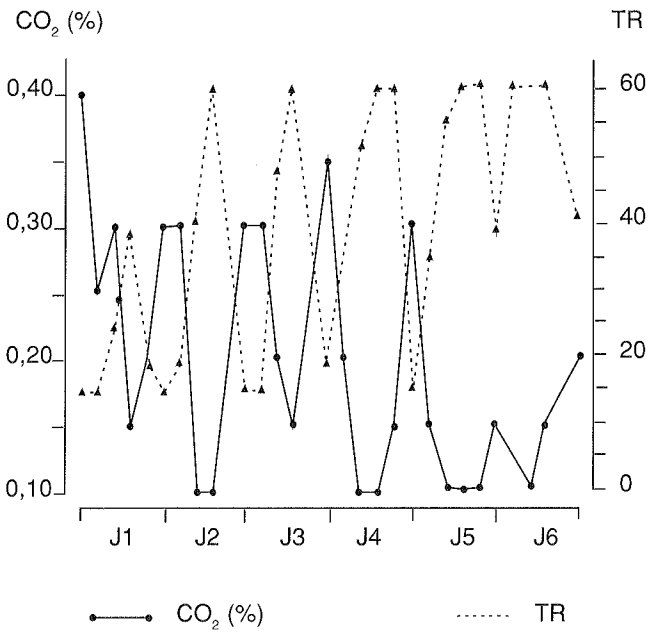
Comme pour la porcherie d'engraissement, il est possible de mettre en évidence une évolution cyclique journalière des différentes variables (figure 2). Nous faisons figurer pour chacune d'elles les moyennes générales M1 et M2. La moyenne M1 prend en compte sur 6 jours 5 valeurs quotidiennes, alors que la moyenne M2 est calculée à partir de 2 valeurs quotidiennes (tableau 8). Sauf pour l'hygrométrie relative, les 2 moyennes d'une même variable ne sont pas significativement différentes.

**TABLEAU 8**
COMPARAISON DES MOYENNES GÉNÉRALES M1 ET M2, RELEVÉES DANS LE LOCAL DE POST-SEVRAGE.

| | M1 | M2 | Signification statistique |
|---|---|---|---|
| ta (°C) | 30,23 | 29,87 | N.S. |
| TR | 39,80 | 38,67 | N.S |
| HR (%) | 54 | 58 | S (P=0,02) |
| $NH_3$ (ppm) | 3,87 | 3,75 | N.S. |
| $CO_2$ (%) | 0,19 | 0,22 | N.S. |
| P (mg/m3) | 3,22 | 4,28 | N.S. |
| B (colonies/m3) | 208932 | 222937 | N.S. |

La procédure de calcul est identique à celle exposée dans la légende du tableau 4.

**FIGURE 2.**
ÉVOLUTION QUOTIDIENNE DU TAUX DE RENOUVELLEMENT DE L'AIR (TR) ET DE LA CONCENTRATION EN GAZ CARBONIQUE DU LOCAL DE POST-SEVRAGE.




## 3. DISCUSSION

### 3.1. Poussières

Les quantités de poussières que nous avons enregistrées sont conformes aux valeurs données par la littérature. En effet, pour la plupart des auteurs (CURTIS et al., 1972 et 1975 ; CERMAK et ROSS, 1978 ; FOURCHON, 1985 ; KOSBAB et al., 1986), les quantités moyennes collectées dans les porcheries sont le plus souvent inférieures à 10 mg par m3 d'air. Seul NILLSON (1982) signale des concentrations supérieures à 100 mg/m3. Le type de présentation de l'aliment et son mode de distribution jouent un rôle primordial sur la quantité de poussières.

En effet, les particules les plus grosses sont généralement d'origine alimentaire et constituent l'essentiel de la masse en suspension (CURTIS, 1975 ; HARTUNG, 1986 ; GADD, 1987). Ainsi, les poussières dont la taille est supérieure ou égale à 10 microns ne représentent que 3 % du nombre total de particules mais 50 % du poids total (I.T.P., 1976). Un aliment de type farine sèche induit 2,5 à 3 fois plus de poussières qu'un aliment humide (BUNDY et HAZEN, 1975). Après la distribution d'un repas, il faut 30 à 40 minutes pour retrouver les concentrations de poussières originelles (KOSBAB et al., 1986). Nos observations concernent des porcheries pour lesquelles l'aliment est

disponible en permanence. Il n'y a donc pas de pics de concentrations de poussières, liés à la distribution des repas. Il existe malgré tout un cycle journalier. Il est lié aux variations du taux de ventilation. Différents auteurs (BUNDY et HAZEN, 1975 ; GADD, 1987) ont noté que la quantité de poussières en suspension diminue quand le débit de ventilation augmente. Nos conclusions sont similaires dans le local de post-sevrage. Par contre, dans l'engraissement, la tendance est inverse. Cette différence est à rapprocher du fait que dans ce local, le taux de renouvellement de l'air est 5 fois moins élevé qu'en post-sevrage, et que la quantité moyenne de poussière est plus faible, vraisemblablement à cause de la présentation de l'aliment sous forme de granulés.

### 3.2. Bactéries

Dans l'air extérieur, le nombre de bactéries par m3 d'air est généralement inférieur à 5.000. Par contre, dans les porcheries, les concentrations qui sont signalées sont souvent égales ou supérieures à celles que nous avons mesurées. Il n'est pas rare de dénombrer plus de 1 million de germes par m3. Les streptocoques, mais surtout les staphylocoques sont les mieux représentés (CURTIS, 1975). Toutes ces bactéries ne sont pas pathogènes. Poussières et bactéries sont fortement liées (CURTIS et al.,1975 ; THOMAS, 1984). Par conséquent, les techniques qui diminuent les quantités de poussières en suspension dans l'air, diminuent de facto le nombre de bactéries (GORE et al., 1986 ; CHIBA et al., 1987). La maille des filtres de dépoussiérage doit être étudiée avec soin si l'on souhaite bénéficier d'un dispositif efficace. En effet, 30 à 40 % des particules qui véhiculent les bactéries ont moins de 5 microns de diamètre. Ce sont justement ces poussières qui ont le maximum de chance d'atteindre les alvéoles pulmonaires des porcs (LE BARS, 1968 ; CURTIS, 1975 ; CARPENTER et al., 1986).

Le dénombrement des bactéries dans l'air et sur les parois d'une porcherie devrait constituer un moyen objectif pour comparer l'efficacité des antiseptiques utilisés dans l'eau de lavage ou en aérosol. A notre connaissance, aucune étude détaillée de ce type n'est actuellement disponible.

### 3.3. Gaz et hygrométrie

En conditions normales, l'air extérieur sec contient en volume 0,03 % de gaz carbonique et des traces infimes d'ammoniac. Par contre, l'air expiré par les porcs affiche 4 % de gaz carbonique et la fermentation des déjections est génératrice de grosses quantités d'ammoniac. Si l'on se réfère à la moyenne des valeurs admissibles préconisées par différents auteurs depuis le début des années 80 (BRUCE, 1981 ; KALICH, 1982 ; BUSSE cité par GOATER, 1987), il est possible de préciser les concentrations à ne pas dépasser, soit :

0,25 % pour le gaz carbonique
15 ppm pour l'ammoniac
6 ppm pour l'hydrogène sulfuré.

Pour l'ammoniac et l'hydrogène sulfuré, dans la très grande majorité des cas, les valeurs rencontrées dans les porcheries sont conformes à des normes indicatives. Par contre, les concentrations de gaz carbonique sont souvent plus élevées. BRUCE (1981) signale, conformément à nos observations, que sur une longue période, le taux d'ammoniac est assez peu corrélé au débit de ventilation. Remarquons d'autre part, que quoi que l'ammoniac soit un gaz léger, sa concentration diminue de 25 à 30 % lorsque le système d'extraction de l'air vicié est placé en partie basse plutôt qu'en partie haute (GUSTAFSSON, 1987).

## CONCLUSION

Les bactéries sont très liées aux poussières en suspension dans l'air. Toutes les techniques qui abaissent la quantité de poussières entraînent automatiquement une diminution du nombre de bactéries. Les techniciens et les vétérinaires de terrain ne peuvent pas, en conditions de routine, effectuer des observations sur ces deux variables, car les méthodes de prélèvement et de comptage sont trop complexes. Par contre, la mesure de l'hygrométrie et des concentrations de gaz ne pose pas de problème majeur.

Cependant, les valeurs obtenues sont ponctuelles. Aussi, pour appréhender le cycle journalier de ces paramètres, il faut effectuer au minimum deux mesures quotidiennes. La première observation doit être faite quand le taux de renouvellement de l'air est minimal. La deuxième observation doit être réalisée quand il est maximal. De la sorte, on a de bonnes chances de connaître les conditions extrêmes auxquelles sont soumis les porcs quotidiennement. Dans une porcherie avec ventilation dynamique, automatiquement asservie à la température ambiante, les taux extrêmes de renouvellement de l'air sont parfaitement couplés aux températures minimales et maximales. Dans une porcherie avec ventilation naturelle contrôlée manuellement, il existe parfois un découplage entre ces deux variables. Par exemple, une température faible peut correspondre à un débit de ventilation élevé ou inversement une température élevée peut correspondre à un débit de ventilation faible. Pour ces cas, la température ambiante ne peut pas servir à déterminer le moment exact des mesures. Seul le taux de renouvellement de l'air est directeur.

### BIBLIOGRAPHIE


- BRUCE J.M., 1981. Environmental aspects of housing for animal production - Butterworths, London
- BUNDY D.S., HAZEN T.E., 1975. Transactions of the A.S.A.E., 137-139
- CARPENTER G.A., COOPER A.W., WHEELER G.E., 1986. Anim. Prod., **43**, 505-515
- CERMAK J.P., ROSS P.A., 1978. Farm build. progress, janvier, 11-15
- CHIBA L.I., PEO E.R., LEWIS A.J., 1987. Transactions of the ASAE, 464-468
- CURTIS S.E., GRUNLOH D.J., JENSEN A.H., SIMON J., HARMON B.G., BAKER D.H., 1972. Illinois pork industry day, University of Illinois at Urbana Champaigne, 16-118
- CURTIS S.E., 1975. Feedstuffs, mars, 31-32
- CURTIS S.E., DRUMMOND J.G., KELLEY K.W., GRUNLOH D.J., MEARES V.J., NORTON H.W., JENSEN A.H., 1975. J. anim. Sci., **41**, 1502-1511
- FOURCHON P., 1985. Thèse de Doct. Vét. Toulouse, 90p.
- GADD J., 1987. Pig Farm, avril, 34-36
- GOATER E., 1987. Porc Magazine, 189, 74-75
- GORE A.M., KORNEGAY E.T., VEIT H.P., 1986. J. Anim. Sci., **63**, 1-7
- GUSTAFSSON G., 1987. Latest developments in livestock housing. Proccedings of the seminar of the 2nd technical section of the C.I.G.R., Illinois, 9-22.
- HARTUNG J., 1986. Odour prevention and control of organic sludge

and livestock farming - Elsevier Applied Science Publishers, London, 321-332
- I.T.P., 1976. Rapport annuel, série VI, 1977, 75-77
- KALICH J., 1982. Constructions rurales. Revue documentaire du Ministère de l'Agriculture, octobre, 34-38.
- KOSBAB P., LEHNIGK K., THIELE E., 1986. Zeitschrift fur die Gesamte Hygiene und ihre Grenzgebiete, **32**, 22-23
- LE BARS J., 1968. Recherches Vétérinaires, 141-147
- NILLSON C., 1982. Dammundersokiningar i svinstallar, Lind, Sweden
- THOMAS P., 1984. Pig and news inf. **5** (4), 343-349.