

## MISE AU POINT D'UNE MÉTHODOLOGIE SIMPLIFIÉE DE DIAGNOSTIC : AIRE DE VIE ET AMBIANCE

### Observations en porcherie d'engraissement

*P. ROUSSEAU, C. DUTERTRE, J.C. VAUDELET  
Institut Technique du Porc - Pôle Technique d'Elevage, B.P. 3, 35650 Le Rheu*

Des observations portant sur deux journées ont été réalisées dans 20 salles d'engraissement sur caillebotis total durant les hivers 89-90 et 90-91.

Les surfaces moyennes affectées par animal,  $0,65 \text{ m}^2$ , se situent légèrement en dessus des recommandations. Les déperditions surfaciques par porc, de 1 à  $1,9 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C}$  sont faibles.

Les boîtiers de régulation fonctionnent correctement malgré des plages de variation parfois trop courtes. Les puissances installées ne permettent pas d'aboutir à un débit minimum suffisamment bas ( $13 \text{ m}^3/\text{h}/\text{porc}$ ) dans des porcheries sans chauffage avec des animaux de 30 kg.

Les températures minimales sont respectées pour des porcs de 60 kg, mais les vitesses d'air au point de chute quoique faibles dans le cas des entrées par plafond perforé peuvent atteindre  $40 \text{ cm/s}$  dans les autres systèmes.

Les mesures de divers paramètres : température, vitesse d'air, hygrométrie, teneur en gaz, constituent pour nous des références et nous permettent de proposer une méthode simplifiée de diagnostic utile à tout technicien.

#### **Development of new simplified method for floor and ambient conditions diagnosis. Pig fattening house recording**

Two days diagnosis has been realized in 20 pig fattening houses during winters 89-90 and 90-91.

Building materials allow correct thermal insulation (from 1,0 to  $1,9 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C}/\text{pig}$ ).

Adjustment boxes are satisfactory but sometimes bad controlled. Blowing fans and air intake sections are often bad dimensioned. Minimal air flow ( $13 \text{ m}^3/\text{h}/\text{pig}$ ) is generally too high to maintain adequate temperature during the cold season. Furthermore, too short ventilation periods lead to air velocity variations around the animals. But ambient temperatures are generally acceptable.

The temperature, air velocity, gas and hygrometry content measurements at different places of the fattening house bring references and allow us to propose new simplified diagnosis method which can be very useful for every technician.

En porcherie d'engraissement, notamment dans celles aménagées sur caillebotis total où l'animal est directement soumis au milieu environnant, les paramètres d'ambiance expliquent une part importante des variations observées quant aux performances zootechniques et sanitaires.

Parmi ces paramètres, la température explique à elle seule une part non négligeable des variations de l'efficacité alimentaire, en alimentation rationnée cela représenterait 0,02 point d'indice de consommation par degré entre 20 et 28°C (LE DIVIDICH).

Dans les locaux d'élevage, il est important de maintenir une température adéquate avec un taux de renouvellement d'air suffisant pour conserver les taux d'hygrométrie et les teneurs en gaz sous des seuils acceptables. Afin de réduire les consommations directes d'énergie, le maintien de ces températures s'effectue par une utilisation rationnelle de la chaleur émise par les animaux. Ceci suppose une isolation thermique appropriée des locaux et un débit minimum de ventilation adéquate.

D'autre part, le porc est très sensible aux variations de la vitesse de l'air, celles-ci se traduisent parfois par de la caudophagie et les vitesses d'air élevées induisent une sensation de froid. Le dimensionnement des systèmes d'entrée et de sortie d'air, ainsi que le tarage et le contrôle des boîtiers de régulation prennent donc une importance considérable.

Dans ce qui va suivre, afin de caractériser l'aire de vie, l'évolution des paramètres d'ambiance dans le temps, ainsi que le comportement des divers systèmes de ventilation, nous avons, en période froide, durant les hivers 89/90 et 90/91, réalisé deux jours d'observations par compartiment d'engraissement dans 20 salles de conception différente. À partir de nos données, nous avons tenté de déterminer les observations et les mesures minimum nécessaires pour la réalisation d'un diagnostic simplifié d'une salle d'engraissement.

## 1. MÉTHODES ET MESURES MISES EN OEUVRE

### 1.1. Les porcheries d'engraissement

Il s'agit de 20 salles de 55 à 168 places appartenant à des éleveurs adhérent à divers groupements de producteurs de la région Bretagne. Ces bâtiments ne posent pas de problèmes majeurs quant aux performances zootechniques et l'état sanitaire des animaux.

Elles sont de conception récente avec des loges de 11 à 14 porcs disposées en une ou deux rangées de part et d'autre d'un couloir. Les mesures ont été réalisées avec des animaux de 60 à 80 kg.

Les sols sont constitués par des caillebotis en béton disposés sur des préfosses ou sur des fosses enterrées, semi-enterrées ou hors sol, de 0,80 m à 1,50 m de profondeur, elles sont généralement réalisées en béton banché de 0,20 m d'épaisseur.

Les parois sont correctement isolées et de conception variées allant du panneau sandwich à la brique monolithe en passant par les panneaux en béton avec isolant incorporé, par les «parpaings» isolés par l'extérieur et par les briques S.

Pour les toitures, les panneaux de mousse de polyuréthane

protégés par un film en aluminium sont largement utilisés. D'une manière générale une attention particulière est apportée à l'étanchéité des locaux (joints au néoprène, mousse de polyuréthane).

La ventilation est généralement assurée par dépression, après passage dans un couloir latéral isolé, l'air pénètre dans des gaines ou dans un comble. La plupart des types d'entrée d'air sont représentées :

- gaines souples, gaines rigides équipées d'ouvertures constantes ou variables, de volets LEP, «système suisse»,
- faux plafond, en polystyrène perforé, en aluminium perforé, en ACC, en «fibralth», fentes au-dessus du couloir, «custers» ou «ventisol».

Les sorties d'air sont assurées par des ventilateurs à raison d'un ou deux appareils par salle, ils fonctionnent alors en «duo» ou en «parallèle». L'air est extrait par gaine en béton située sous le couloir ou en milieu de case ou de plus en plus par des cheminées qui extraient l'air sous les caillebotis en un ou plusieurs points de pompage par salle, dans ces derniers le jour de nos mesures le vide situé entre le niveau du lisière et le caillebotis excédait toujours 50 cm. Les boîtiers de régulation sont de type numérique avec : température de consigne, plage, minimum et maximum de ventilation réglables, affichage possible de ces divers paramètres ainsi que de la température à la sonde et du pourcentage de ventilation. Dans de nombreux cas, une sonde thermométrique extérieure permet de faire varier automatiquement la bande proportionnelle en fonction de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur. Certains élevages sont équipés d'une sonde hygrométrique, qui agit comme si on abaissait la température de consigne quand l'hygrométrie de la salle dépasse un certain seuil. Ceci se traduisant alors par une augmentation du taux de renouvellement de l'air.

La plupart des élevages sont équipés d'un système de distribution automatique de soupe avec distribution de trois repas par jour. Dans quelques élevages l'aliment est distribué au nourrisseur ou au nourrisseuse.

### 1.2. Observations et mesures

#### 1.2.1. Mesures concernant l'aire de vie et l'isolation thermique

Les principales côtes des bâtiments ainsi que les effectifs par loge ont été relevées. Afin d'apprécier l'isolation thermique, les types de matériaux entrant dans la réalisation des parois et des toitures ainsi que leurs épaisseurs ont été notés.

#### 1.2.2. Observations sur les systèmes de ventilation et sur les boîtiers de régulation :

Sont relevées :

- les sections des diverses entrées d'air
- la marque et le diamètre des ventilateurs
- l'évolution du pourcentage du taux de ventilation par degré de bande proportionnelle ou plage.

Sont mesurées :

- l'évolution, en fonction de la plage, de la tension à la sortie du boîtier de régulation, ces mesures sont réalisées à l'aide d'un voltmètre à lecture numérique.

- les vitesses d'air à l'entrée ou à la sortie des ventilateurs ont été mesurées par une sonde anémométrique à fil chaud reliée à un appareil multifonction (SOLOMAT, type MPM 500e, précision  $\pm 5\%$  de la valeur lue) cet appareil permet de réaliser automatiquement les moyennes des mesures réalisées en un temps donné, en général 30 secondes, par site. La sonde est télescopique, son diamètre ne dépasse pas 8 mm, ceci permet de réaliser des mesures dans des gaines après avoir percé la paroi d'un orifice de 10 mm.

Il se présente deux cas de figure :

- l'extraction est assurée par une cheminée, les mesures sont alors réalisées en 4 points équidistants disposés sur la médiane d'une section de cheminée située à 1 m environ en amont des ventilateurs,
- l'extraction est directe, le ventilateur étant placé à l'extrémité d'une gaine, les vitesses sont mesurées en aval et en 10 points situés sur un diamètre du ventilateur et disposé de part et d'autre du centre à des distances de : 0,16 D, 0,27 D, 0,35 D, 0,42 D et 0,47 D (D représentant le diamètre) (WOODS). Cette répartition permet, lors de l'évaluation des débits, de tenir compte des différences entre les vitesses qui sont élevées en pourtour et très faibles au centre. Des réglottes préfigurant ces divers sites de mesure en fonction du diamètre des ventilateurs ont été réalisées.

Les débits de ventilateurs sont appréciés en faisant le produit de la moyenne des vitesses par la section de la gaine ou par la surface du ventilateur. Ces opérations sont répétées au débit minimum et maximum ainsi qu'à des pourcentages définis en 5 ou 6 points de la plage. Le régime du ventilateur étant fixé en réglant la température de consigne à un niveau élevé le système fonctionnant alors au minimum établi sur le boîtier.

L'ensemble de ces mesures nous permet d'établir les courbes d'évolution, de la tension, du pourcentage, et des débits mesurés en fonction de la bande proportionnelle ou plage.

- Les pertes de charge :

Les contre pression statique en amont des ventilateurs sont mesurées à l'aide d'un manomètre ou d'un dépressomètre, ces appareils sont équipés de deux tuyaux souples, l'un débouche sur l'extérieur et l'autre dans la gaine, perpendiculairement au flux d'air en amont du ventilateur. Les principaux types et marques de ventilateurs sont testés sur des bancs d'essais (IMAG à WAGENINGEN par exemple), des tables nous indiquent le débit maximum de chaque type de ventilateur sous une contre pression statique donnée. Une erreur de 20 % sur la mesure de la perte de charge n'entraîne qu'une erreur d'au plus 5 % sur les débits. Ces opérations permettent donc d'apprécier le débit maximum avec une assez bonne précision.

### 1.2.3. Observations et mesure concernant les paramètres caractérisant l'ambiance

Les mesures en continu sur 36 heures sont réalisées à l'aide de deux thermohygrographes, l'un étant placé dans la salle à 1,50 m au dessus du sol et l'autre à l'extérieur, ces appareils se dérèglent lors du transport, il est nécessaire de les réétalonner avant utilisation. Ils nous indiquent les variations de la température et de l'hygrométrie dans le temps.

Une mini centrale de mesure (GRANT, type écureuil 1206) permet d'enregistrer les températures en 16 points différents à raison d'une mesure par site toutes les deux minutes. L'appareil est relié à 16 sondes thermométriques de type CT-UV. Ces capteurs sont placés à l'extérieur, dans le couloir de préparation de l'air, dans le comble ou dans la gaine, dans 2 ou 3 loges à raison de 2 sondes par case, l'une à l'avant côté couloir et l'autre à l'arrière. Elles sont disposées à 0,20 m au dessus du niveau du sol. Afin d'éviter que les animaux ne les détériorent elles sont placées dans des tuyaux en PVC présentant des perforations afin de permettre une circulation de l'air, ces dispositifs sont fixés aux séparations. D'autres thermistances sont disposées à 1,40 m au dessus du sol dont l'une à proximité de la sonde agissant sur le boîtier de régulation, d'autres sont disposées à 2,40 m de hauteur près des entrées d'air. Ces divers capteurs sont placés tout au long du circuit d'air principal, ce qui nous permet de mesurer l'évolution de la température de l'air lors de son cheminement dans le local.

Les données des minicentrales sont transférées sur ordinateur, un logiciel adapté permet d'obtenir par voie une courbe permettant de visualiser l'évolution des températures, les moyennes, écart-type, température maximale et minimale sont également calculées.

Des mesures de température et d'hygrométrie en discontinu sont réalisées à l'aide d'un psychromètre fronde à l'avant et à l'arrière de deux loges à 0,50 m du sol et ceci à raison d'une mesure toutes les 1 h 30 à 2 h entre 8 h 30 et 15 h.

**Les circuits d'air.** Des fumées générées par un appareil fumigène (DRAEGER BRANDT de type minimist) sont introduites à partir du couloir latéral dans le comble ou les gaines d'entrées. Un croquis indiquant le cheminement de ces fumées est réalisé pour chaque salle, ce qui permet de noter le circuit d'air principal et notamment le point de chute sur le sol des cases, des tubes fumigènes (DRAEGER BRANDT, CH 25301) permettent par la suite de visualiser les circuits secondaires ainsi que les zones à entrée d'air parasité quand elles existent.

**Les vitesses d'air au niveau des animaux.** Elles sont mesurées entre 0,10 et 0,20 m au dessus des caillebotis à l'avant et en fond de case à l'aide d'une sonde anémométrique à fil chaud reliée à un boîtier SOLOMAT (précision  $\pm 5\%$  de la valeur lue). Afin d'assurer une orientation convenable de la sonde, le flux d'air est matérialisé par de la fumée générée par un tube fumigène. Pour chaque site de mesures, les vitesses instantanées sont enregistrées par l'appareil durant environ 30 secondes, ne sont retenues que la vitesse moyenne et la vitesse maximale. Des séries de mesures sont réalisées toutes les 1 h 30 à 2 h entre 8 h et 16 h.

**Les teneurs en gaz.** Les teneurs de l'air ambiant en gaz carbonique, en ammoniac et en hydrogène sulfuré sont mesurées par utilisation de tubes réactifs DRAEGER avec une précision allant de - 15 à + 15 % par rapport à la valeur lue, elles sont réalisées au milieu de deux cases à 0,20 m au dessus du niveau du sol à raison d'une série de mesure toutes les 2 heures entre 8 h et 16 h.

L'hydrogène sulfuré ne s'observant qu'à l'état de traces, seule une mesure par élevage a été réalisée.

## 2. RÉSULTATS - DISCUSSION

### 2.1. L'aire de vie

Les résultats de nos observations sont mentionnés dans le tableau 1.

**Tableau 1** - Caractéristiques des salles d'engraissement (surfaces et volumes par porc)

		Nb porcs par salle	Nb porcs par case	Surface utile par case (m <sup>2</sup> )	Surface utile par porc (m <sup>2</sup> /porc)	Ventilation par porc (m <sup>3</sup> )
Avec faux plafond	mini	78	12	7,8	0,56	1,8
	moy.	85	13	8,7	0,65	2,0
	maxi	96	15	10,5	0,70	2,2
Sans faux plafond	mini	55	11	6,6	0,60	1,9
	moy.	100	12	8,0	0,65	2,8
	maxi	168	14	8,5	0,78	3,2

Les surfaces moyennes affectées par animal sont de 0,65 m<sup>2</sup> avec un extrême à 0,78 m<sup>2</sup> et qui concerne un élevage de multiplication.

D'après les études réalisées par PETHERICK pour des porcs présentant un poids moyen de 95 kg, une surface de 0,72 m<sup>2</sup> par animal serait nécessaire. Dans la majorité des cas ces surfaces observées par animal sont donc trop faibles, nous considérons que 0,70 m<sup>2</sup> par porc constituerait une donnée acceptable tant d'un point de vue technique que économique.

Les salles sont conduites selon la technique du tout plein tout vide et donc adaptées à une conduite en bande d'où les faibles

effectifs observés pour certains compartiments.

Les volumes par animal varient entre 1,8 m<sup>3</sup>/place à 3,2 m<sup>3</sup>/place. Avec une ventilation dynamique bien maîtrisée cette donnée revêt une importance secondaire.

D'une manière générale les longueurs d'auge ou de nourrisseur par animal sont acceptables.

## 2.2. L'isolation thermique des bâtiments

Les déperditions surfaciques des diverses salles ont été calculées selon la méthode mentionnée dans le tableau 2.

**Tableau 2** - Déperditions surfaciques par animal (Calcul de  $\sigma$  en W / porc / °C.)

PAROIS	MATERIAUX	e	K	h(L)	l	$\beta$	K.S.B	%
<b>PLAFOND</b>	Polyuréthane	5	0.6	15.0	5.0	0.3	13.5	11%
<b>MURS extérieur refend couloir</b>	Brique G 13	33	0.9	2.7	5.0	1.0	12.2	37%
	Brique G 7	17				0.0	0.0	
	Brique G 9	23	1.1	2.7	12.5	0.9	33.0	
<b>FOSSE extérieur couloir</b>	Béton	20	3.5	1.0	12.5	1.0	43.8	49%
	banché	20	3.5	1.0	5.0	0.9	15.8	
<b>OUVRANTS fenêtres porte</b>	Polyuréthane	4	0.8	0.6	2.4	0.9	1.0	3%
	Bois	4	2.1	0.9	1.9	0.9	3.2	
<b>TOTAL</b>							122	100%
Qté porcs							78	
$\sigma$							1.6	
W/porc/°C								

e : épaisseur des matériaux en cm.

K : coefficient de transmission surfacique en W/m<sup>2</sup> / °C

h (L) : hauteur ou largeur du panneau considéré en m.

l : longueur du panneau considéré en m.

$\beta$  : coefficient correcteur si l'une des faces de la paroi est à une température différente de la température extérieure ou intérieure.

Exemple :  $\beta = 0.9$  pour un couloir latéral isolé.

Pour une toiture placée au dessus d'un comble ventilé,  $\beta = 0,2$  à  $0,3$  si le faux plafond perforé est en matériau isolant,  $\beta = 0,4$  si le faux plafond perforé est en matériau non isolant.

% : pertes calorifiques relatives pour chaque paroi.

Si la salle est adjacente à un compartiment occupé par des animaux, les températures régnant sur les deux faces de la paroi des «refend» sont identiques, cette paroi n'est donc pas prise en compte pour le calcul des déperditions thermiques.

Comme l'indique le tableau 3, les déperditions surfaciques par porc vont donc différer selon que la salle est en pignon de bâtiment ou si elle est insérée entre deux autres salles.

**Tableau 3** - Déperditions surfaciques par porc  $\sigma$  (W/porc/°C)

		Salle avec faux-plafond	Salle sans faux plafond
Salles du milieu	mini	1,0	1,1
	moy.	1,1	1,3
	maxi	1,3	1,6
Salles en pignon	mini	1,4	1,7
	moy.	1,5	1,9
	maxi	1,6	2,7

D'autre part, les salles avec faux plafond présentent des surfaces de déperditions moindre d'où une valeur  $\sigma$  plus basse.

À partir du calcul du bilan thermique : pour des porcs de 30 kg avec un taux de renouvellement horaire de l'air de 8 m<sup>3</sup>/h/porc, la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur passe de 15° à 22° selon que le coefficient de déperdition surfacique par porc passe de 2,7 W/°C à 1 W/°C. Une différence de 0,2 W/°C/porc expliquée avec toutes les autres conditions égalées par ailleurs une différence de température de 1°C. Dans l'échantillon observé, les salles en pignons vont en période froide se situer à 1 ou 2°C en dessous de la température des salles du milieu, ceci confirme d'ailleurs les observations réalisées par les éleveurs.

Par ailleurs d'après le tableau 1, les déperditions par les parois de fosse, quand celles-ci sont hors sol représentant 50 % des pertes totales, ceci étant lié au fort coefficient de transmission thermique du béton banché. Le «talutage» de ces parois fait que leur coefficient K passe de 3 W:m<sup>2</sup>/°C à 1,8 W/m<sup>2</sup>/°C, d'où une réduction des déperditions thermiques totales de 10 à 15 %.

### 2.3. Contrôle des systèmes de ventilation

#### 2.3.1. Dimensionnement des surfaces d'entrée et de sortie d'air

Ces diverses dimensions sont relevées en suivant le cheminement de l'air comme l'indique le tableau 4.

**Tableau 4** - Dimensionnement des surfaces d'entrée et de sortie d'air. Cas d'une salle double équipée d'une gaine polyane. Extraction par 2 gaines en béton situées en milieu de case.

Position des entrées	Type (1)	Nombre	Surface m <sup>2</sup>	Surface cm <sup>2</sup> /porc
Extérieur vers couloir	Rectangle 100 x 120	1	1.2	137
Entrée comble ou gaine	rond ø 53,0	2	0.5	60
Perforations Gaine ou faux-p.	rond ø 2,5	400	0.2	22

Position des sorties	Type (1)	Nombre	Surface m <sup>2</sup>	Surface cm <sup>2</sup> /porc
Bouches d'extraction	rond ø 15,0	80	1.4	80
Gaine (s) d'extraction	rectangle 100 x 70	2	1.4	80
Cheminée (s)	néant			
Ventilateur(s)	ø 40,0	2	0.25	28

(1) dimensions en cm

Si, dans le cas des entrées d'air à section constante, il est important que cette ouverture ne dépasse pas 25 à 28 cm<sup>2</sup> par porc (ceci afin qu'au débit minimum la vitesse soit suffi-

sante et que le mélange air neuf air ambiant soit satisfaisant) pour limiter les pertes de charge les autres orifices ou gaines devront présenter des surfaces supérieures, de 40 à 60 cm<sup>2</sup>/porc.

Les sections d'entrée d'air rencontrées lors de notre étude sont mentionnées dans le tableau 5.

**Tableau 5** - Dimensionnement des entrées d'air dans les salles avec gaines ou faux-plafonds

Type entrée d'air	Système entrée d'air	Section (cm <sup>2</sup> par porc)
entrée à section constante	Gaine	25
	Faux-plafond	25 à 80
entrée à section variable	Gaine	2 à 35
	Faux-plafond	2 à 140

Ces surfaces d'entrée sont souvent exagérées, notamment pour certains faux plafond c'est le cas des «custers» ou même en fermant les dispositifs au maximum les sections minimales sont encore de 35 cm<sup>2</sup> par porc (ceci dans le cas de 0,90 m de custer par porc).

### 2.3.2. Contrôle du boîtier de régulation

Le but d'un boîtier de régulation est de faire varier le taux de renouvellement de l'air entre le minimum et le maximum d'une manière proche de la linéarité.

**Linéarité des pourcentages de ventilation affichés au boîtier de régulation en fonction de la plage.** Ce contrôle est réalisé comme l'indique le tableau 6.

**Tableau 6** - Contrôle de la linéarité du pourcentage (Exemple d'un "DUO").  
 Marque du boîtier : SODALEC  
 Type du boîtier : RMV 5

		Consignes de ventilation Température : 24°C Maxi : 99 % Plage: 8°C Mini : 16 %	
		Niveau de ventilation	
Ecart entre	E = 0	8 %	
température	E = 1	19 %	+ 11
ambiante	E = 2	31 %	+ 12
et	E = 3	42 %	+ 11
Température	E = 4	53 %	+ 11
de consigne	E = 5	65 %	+ 12
	E = 6	76 %	+ 11
	E = 7	88 %	+ 12
	E = 8	99 %	+ 11

Cette linéarité était respectée dans la plupart de nos contrôles.

**Évolution de la tension à la sortie du boîtier en fonction de la plage.** Ces mesures sont réalisées en affichant une température de consigne élevée et en positionnant les minima aux valeurs trouvées lors des observations effectuées dans le cadre de la recherche de la linéarité des pourcentages, ceci

permet de fixer le régime du ventilateur durant ces mesures, et de les réaliser degré par degré au dessus de la température de consigne.

Le boîtier de régulation doit redresser la courbe débit du ventilateur en fonction de la tension. Pour un boîtier simple (fig. 2), l'augmentation de la tension est linéaire jusqu'à 150 à 160 volts puis nous assistons à une élévation de la pente de la courbe. Dans le cas d'un «duo» (voir fig. 1) la tension aux bornes du premier ventilateur monte au maximum, puis en milieu de plage on assiste à une chute brutale puis une remontée avec les deux ventilateurs. Les tensions minima recherchées sont de 75 à 80 volts dans le cas d'une sortie directe et de 70 à 75 Volts dans le cas d'une sortie par cheminée.

**Mesures de l'évolution des vitesses à la sortie des ventilateurs en fonction de la plage.** Ceci est réalisé degré par degré au dessus de la température de consigne en fixant le régime des ventilateurs comme cela est indiqué dans la mesure de la tension.

La démarche est indiquée dans le tableau 7.

**Tableau 7** - Evolution des vitesses d'air à la sortie du premier ventilateur en fonction du niveau de ventilation (%) et de la tension aux bornes du premier ventilateur

% AFFICHE	8	10	17	35	49	50	65	80	99
DDP1 Volts	60	75	85	140	195	102	115	140	220
DDP2 Volts	0	0	0	0	0	102	115	140	220
Vs 1	0.8	2.0	5.1	11	9.8	4.3	8.9	9.6	11
Vs 2	0.7	1.1	4.6	12	11	5.7	8.8	10	13
Vs 3	0.6	1.3	4.5	9.6	11	3.9	7.3	9.4	11
Vs 4	0.7	1.1	2.9	8.4	10	1.2	4.0	7.2	11
Vs 5	0.4	1.2	0.8	2.5	9.6	1.1	1.9	2.5	2.7
Vs 6	0.4	1.2	3.5	1.4	7.9	6.8	9.1	9.5	13
Vs 7	0.7	1.7	4.9	8.1	9.9	4.9	8.9	9.3	13
Vs 8	0.8	1.7	5.8	9.3	11	5.6	7.9	9.0	10
Vs 9	0.7	2.5	5.1	11	12	2.2	5.6	5.8	5.9
Vs 10	1.1	2.8	5.2	11	11	1.5	1.4	2.2	2.8
<b>MOYENNE</b>	<b>0.7</b>	<b>1.7</b>	<b>3.1</b>	<b>7</b>	<b>8.6</b>	<b>3.4</b>	<b>5.6</b>	<b>7.2</b>	<b>8.6</b>

Le second ventilateur démarre à 50%.

Vs : Vitesses mesurées à la sortie en aval du 1<sup>o</sup> ventilateur (10 points de mesure) exprimées en m/s.

DDP1 : Tension aux bornes du premier ventilateur.

DDP2 : Tension aux bornes du second ventilateur.

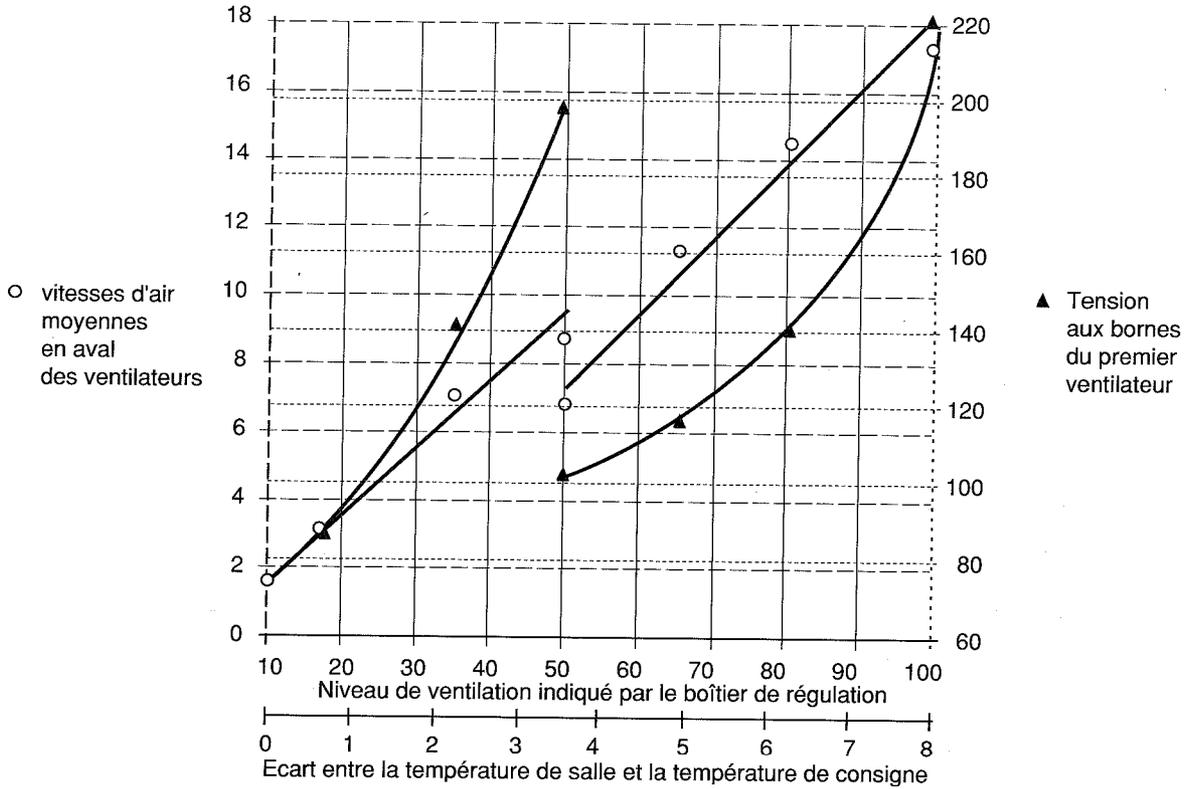
Des courbes (fig. 1 et fig. 2) permettent de visualiser ces mesures, il est important de noter si l'élévation des vitesses croit linéairement avec la plage ou pourcentage de ventilation.

Dans le cas du "DUO" (fig. 1), lors du démarrage du deuxième ventilateur on observe un léger décrochement au niveau des vitesses, ce qui risque de créer une perturbation dans l'ambiance du local.

La figure 2 représentant le cas d'un boîtier avec un seul ventilateur indique une évolution des vitesses, et donc des débits, linéaire en fonction de la plage.

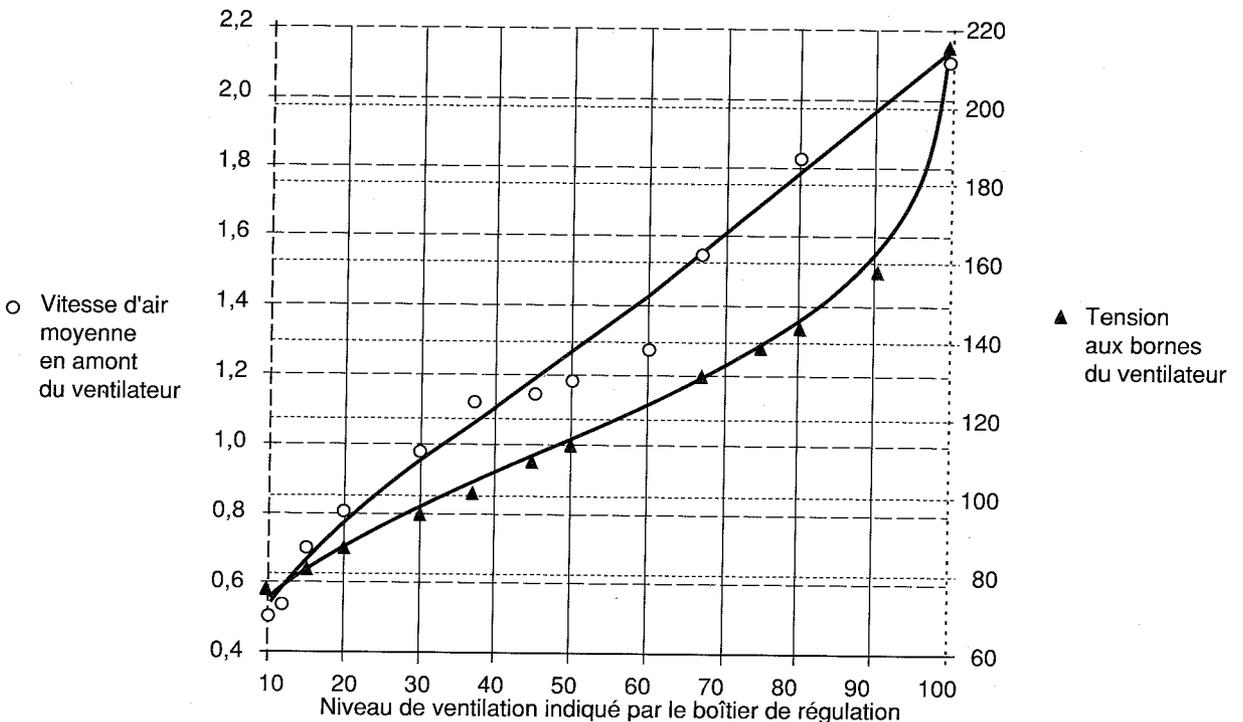
**Figure 1 - Boîtier de ventilation en "DUO"**

Évolution de la vitesse moyenne de l'air en aval et de la tension aux bornes des ventilateurs en fonction de la plage



**Figure 2 - Boîtier de ventilation simple,**

Évolution de la vitesse d'air en amont et de la tension aux bornes du ventilateur en fonction de la plage



**Approche de l'évaluation des débits maximum par la mesure des contre-pressions statique.** Le produit des vitesses moyennes de sortie d'air par la section nous permet d'obtenir une valeur approchée du débit ou du taux de renouvellement d'air dans le local.

Par ailleurs, des tables établies au banc d'essais donnent les débits maximum des divers ventilateurs en fonction de la contre pression statique qui leur est opposée. La mesure de cette contre pression réalisée en amont du ventilateur nous permet donc d'apprécier le débit maximum (tableau 8).

**Tableau 8 - Détermination du débit maximum par la mesure des pertes de charges**

Niveau de ventilation maximum (220 V)			
Pertes de charges	Débit théorique m <sup>3</sup> /h	Nombre de porcs	Débit maxi par porc m <sup>3</sup> /h/porc
65 Pa	4000 (*) (1)	88 (2)	45 (3)

(\*) débit théorique pour un ventilateur EMI WLA 400

(3) = (1)/(2)

Pour cette même installation, l'appréciation des débits par la mesure des vitesses moyennes en divers points du circuit est

mentionnée dans le tableau 9.

**Tableau 9 - Détermination du débit maximum par la mesure des vitesses d'air en divers points du circuit (écart par rapport au débit théorique)**

vitesses moyennes	section en cm <sup>2</sup> /porc	Vitesse en m/s	Débit maxi par porc	Ecart avec (3)
entrée de la gaine	60	2.36	51	44 %
trous gaine	22	5.10	42	54 %
aval du ventilat.	28	8.59	87	4 %

(3) débit théorique (voir tableau 8)

La mesure réalisée à la sortie du ventilateur donne une valeur proche du débit théorique obtenu à partir de tables et des pertes de charge. Malgré une bonne herméticité apparente du bâtiment les écarts observés à l'entrée de la gaine et à l'entrée du bâtiment sont dues aux entrées d'air parasites. Ces observations sont confirmées par les résultats mentionnés dans le tableau 10.

**Tableau 10 - Ecart entre débits théorique et mesuré à partir des vitesses pour quelques exemples d'installation Variations selon l'endroit où les vitesses d'air sont mesurées**

Vitesses mesurées à l'entrée (4 points de mesure)						
Surface m <sup>2</sup>	Vitesse maximale m/s	Débit mesuré m <sup>3</sup> /h	Pertes charges Pa	∅ Ventilateur mm	Débit théorique m <sup>3</sup> /h	Ecart %
0.44	3.50	5550	90	450	3400	60%
0.16	3.69	2120	70	400	3300	35%
0.53	2.40	4510	50	400	3850	17%

Vitesses mesurées en amont du ventilateur (4 à 5 points de mesure)						
Surface m <sup>2</sup>	Vitesse maximale m/s	Débit mesuré m <sup>3</sup> /h	Pertes charges Pa	∅ Ventilateur mm	Débit théorique m <sup>3</sup> /h	Ecart %
0.37	4.25	5660	60	450	4950	14%
0.36	4.60	6000	100	500	5000	20%
0.40	3.50	5070	90	450	4000	27%

Vitesses mesurées en aval du ventilateur (10 points de mesure)						
Surface m <sup>2</sup>	Vitesse maximale m/s	Débit mesuré m <sup>3</sup> /h	Pertes charges Pa	∅ Ventilateur mm	Débit théorique m <sup>3</sup> /h	Ecart %
0.19	13.20	9000	60	500	7500	20%
0.12	10.90	4750	60	400	3610	30%
0.12	9.40	4250	50	400	3850	10%

Les erreurs observées sur la mesure des débits à la sortie des systèmes de ventilation font apparaître des erreurs généralement comprises entre 0 et 20 % par rapport au débit théorique, avec des extrêmes pouvant aller jusqu'à 30 %. Cette approche par la méthode des vitesses est peu précise car celles-ci sont sujettes à d'importantes variations dans le temps, elles sont d'autre part très hétérogènes dans une section donnée, ce qui exigerait un nombre de points de mesure très importants, ce qui ne serait pas réalisable dans une pratique courante de diagnostic d'installation.

L'appréciation du débit maximum par lecture des tables et mesure des contre-pressions statiques nous semble donc plus judicieux.

Les contre-pressions statiques observées dans les élevages équipés par une même marque de ventilateurs sont mentionnés dans le tableau 11.

**Tableau 11** - Niveau de pertes de charges ou contrepressions statiques mesurées dans les élevages porcins. (ventilateurs Multifan)

Diamètre des ventilateurs	Débit maximum (220 Volts)	
	Pertes de charges mini	Pertes de charges maxi
400	30 Pa (4200)	75 Pa (3000)
450	30 Pa (5650)	100 Pa (3000)
500	30 Pa (7320)	120 Pa (4000)

( ) débits m<sup>3</sup>/h

Les pertes de charge observées varient entre 30 Pascals et 120 Pascals selon les freinages imposés au cheminement de l'air, avec des ventilateurs de 300 mm à 350 mm de diamètre, les contre-pressions statiques maxima ne dépassent pas 60 Pascals.

**Approche de la mesure du débit minimum.** Le débit minimum est obtenu en mesurant des vitesses en quelques points en amont ou en aval du ventilateur et ceci au régime maximum (220 Volts) et au régime minimum (75 à 80 volts).

Le débit maximum est obtenu par la méthode mentionnée précédemment selon la lecture de tables et mesures des contre-pressions statiques, le rapport débit maximum sur débit minimum étant le même que celui des vitesses à 220 V et à 75 ou 80 volts, il est alors possible de calculer le débit minimum. Des débits en d'autres points de la plage sont obtenus en utilisant la même technique.

Le rapport entre les débits maximum et les débits minimum observés lors de nos mesures sont mentionnés dans le tableau 12.

**Tableau 12** - Rapport entre débits maximum (220 Volts) et minimum (75 Volts) pour des ventilateurs  $\varnothing$  400 à  $\varnothing$  500 mm. Mesure dans 20 élevages.

Montage ventilateurs	Débit minimum (75 Volts)	Débit maximum (220 Volts)
Simple/parallèle	sans freinage	4.5 (4.2/4.8)
	avec freinage	5.7 (4.9/6.7)
En «Duo»	sans freinage	8.0 (6.1/11.5)

(extrêmes)

Dans le cas d'un montage simple ou parallèle sans dispositifs de freinage, ce rapport est en moyenne de 4,5 et de 5,7 avec freinage aux entrées. Il passe à 8 dans le cas des montages en duo. Or, si nous considérons que les taux de renouvellement minimum pour l'évacuation de la vapeur d'eau se situe vers 8 m<sup>3</sup>/h/porc et que le débit maximum en période chaude vers 50 à 70 m<sup>3</sup>/h/porc selon les régions, ce rapport se situera entre 6,2 et 8,7. Les montages en duo ne donnent actuellement pas entière satisfaction, dans le cas de montage simple ou parallèle pour l'obtention du débit minimum un freinage par trappe à l'amont des ventilateurs est nécessaire.

### 2.3.3. Les taux de renouvellement de l'air maximum et minimum observés dans les élevages

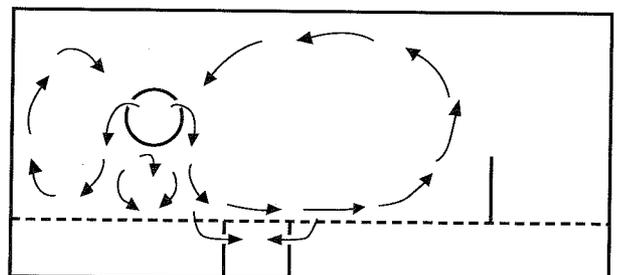
Les résultats observés sur 21 élevages sont mentionnés dans le tableau 13 (p. 284).

D'une manière générale les taux de renouvellement minimum observés sont trop élevés. Les freinages sont généralement réalisés aux entrées dans les gaines ou dans les combles et sont insuffisants. Une trappe à l'avant du ventilateur serait plus efficace.

### 2.3.4. Les circuits de l'air dans les salles

Comme l'indique la figure 3, le cheminement de l'air dans les salles est mentionné sur un croquis après avoir été matérialisé par des fumées, cette opération permet de localiser les points de chute de l'air neuf dans les cases, d'apprécier grossièrement les vitesses au niveau des animaux ainsi que la qualité du mélange air neuf air ambiant en se basant sur le cheminement des diverses «boucles». Les entrées d'air parasites sont également détectées lors de cette manipulation.

**Figure 3** - Circuit d'air : entrée par gaine souple



**Tableau 13** - Débits maximum et minimum mesurés dans 21 élevages.

			Débit en m <sup>3</sup> /h/porc	
			minimum	maximum
<b>Montage en DUO</b> (6 élevages)	Moyenne	Sans dispositif de freinage	12.5	81.0
	Variations		9 à 17	67 à 91
<b>Ventilateur unique</b> (8 élevages)	Moyenne	Sans dispositif de freinage	16.0	72.0
	Variations		13 à 17	59 à 76
	Moyenne	Avec dispositifs de freinage	11.0	50.0
	Variations		10 à 12	42 à 57
<b>Montage en parallèle</b> (7 élevages)	Moyenne	Sans dispositif de freinage	16.0	74.0
	Variations		13 à 21	54 à 109
<b>Comparaison aux recommandations</b>			8.0	60.0

## 2.4. Mesures sur le paramètre d'ambiance

### 2.4.1. Les températures

Les buts recherchés sont que les températures ressenties par les animaux soient supérieures à 22°C. Dans le tableau 14, nous avons mentionné les températures relevées à la mini centrale de mesure avec des capteurs placés à côté de la sonde de régulation généralement située au-dessus des animaux à 1,50 m du sol ainsi qu'au point de chute de l'air dans les cases à 0,20 m du sol, il s'agit des zones les plus froides des loges.

Les écart-types relevés sont faibles à la sonde, de l'ordre de 0,30°C, ils sont plus élevés au point de chute de l'air (de 0,45

à 0,71°C). Ceci dénote qu'au niveau des animaux on observe une hétérogénéité des températures supérieures à celles mesurées près de la sonde de commande du boîtier de régulation.

Mis à part le cas des plafonds perforés, les températures au point de chute sont de 0,3°C à 7°C inférieures à celles observées à la sonde de commande. Il sera nécessaire d'en tenir compte lors du choix de la température de consigne.

### 2.4.2. Les vitesses d'air maximum au point de chute de l'air dans la case

Les observations concernant les vitesses maximum de l'air au point de chute sont mentionnées dans le tableau 15.

**Tableau 14** - Températures moyennes relevées dans les salles entre 21h00 et 7h00.

	Ts	T	δT	δT v	δT total
<b>Gaines</b> (3 élevages)	23.4 (0.33)	23.1 (0.67)	-0.3°C	-2.1°C	-2.4°C
<b>Faux-plafonds</b> (7 élevages)	23.80 (0.33)	24.70 (0.71)	+0.9°C	-0.8°C	+0.1°C
<b>Autres fentes</b> (2 élevages)	22.6 (0.16)	20.1 (0.45)	-2.5°C	-2.7°C	-5.2°C
<b>Entrée par le bas de la porte</b> (1 élevage)	<b>24.95</b> (0.36)	<b>17.4</b> (0.55)	<b>-7.5°C</b>	<b>-2.6°C</b>	<b>-10.1°C</b>

Ts : Température dans la salle.

T : Température au niveau des animaux.

δT = Ts - T

δTv : Effet dépressif de la vitesse d'air sur la température.

δTtotal : Écart entre température ressentie par les animaux et température de la salle.

**Tableau 15** - Vitesses maximales mesurées au point de chute (cm/s)

	HEURE	9h00	10h30	12h00	14h00
<b>Faux-plafonds</b> (6 élevages)	V mini	15	16	15	11
	V moy.	27	25	22	21
	V maxi	36	39	27	27
<b>Gaines</b> (3 élevages)	V mini	26	25	19	26
	V moy.	31	28	27	32
	V maxi	39	31	37	40
<b>Autres systèmes</b> (4 élevages)	V mini	22	31	43	21
	V moy.	31	36	47	35
	V maxi	40	43	51	50
<b>Global</b>	V mini	15	16	15	11
	V moy.	29	29	31	28
	V maxi	40	43	51	50

V mini : Pointe de vitesse minimale enregistrée.

V moy. : Pointe de vitesse moyenne.

V maxi : Pointe de vitesse maximale.

Un air est considéré comme calme si sa vitesse n'excède pas 20 cm par seconde. La moyenne des vitesses maximum mesurée se situe vers 30 cm/s avec des cas se situant vers 40 cm/s, or une augmentation de la vitesse de l'air se traduit pour l'animal comme s'il s'agissait d'une baisse de la température.

Dans le tableau 14, sont mentionnés l'effet refroidissement  $\delta T_v$  établi à partir du schéma de CLARK, cet effet est faible pour les plafonds perforés, mais supérieur à 2°C pour les autres systèmes.

Si, avec les plafonds perforés la température ressentie par les animaux au point de chute de l'air est proche de la température mesurée à la sonde de commande pour les autres systèmes

elle est de 2°C à 5°C inférieure.

#### 2.4.3. Mesure de l'hygrométrie et des gaz

Les résultats de nos observations sont mentionnés dans le tableau 16.

Ces diverses observations sont réalisées dans des salles avec des porcs de 60 à 80 kg.

D'une manière générale, les valeurs de ces paramètres vont décroître au fur et à mesure que la température extérieure croît dans la journée et donc que le taux de renouvellement de l'air augmente.

**Tableau 16** - Paramètres d'ambiance

	HEURE	9h00	10h30	12h00	14h00
<b>Hygrométrie</b> HR en %	Tx mini	66	56	50	49
	Tx moy.	76	72	69	64
	Tx maxi	90	90	85	71
<b>Ammoniac</b> NH <sub>3</sub> en ppm	Tx mini	5	2	2	1
	Tx moy.	16	17	15	14
	Tx maxi	35	50	30	25
<b>Dioxyde de carbone</b> CO <sub>2</sub> en ppm	Tx mini	1500	1000	1000	1000
	Tx moy.	3100	2900	2400	2600
	Tx maxi	6000	5500	4000	5000

Tx mini : Taux minimal enregistré.

Tx moy. : Taux moyen.

Tx maxi : Taux maxi.

Pour l'hygrométrie, les valeurs moyennes observées sont proches des recommandations. Avec des salles situées en pignon et présentant une isolation thermique insuffisante, avec température extérieure basse le jour des observations, le maintien des températures exigeait de faibles taux de renouvellement de l'air, donc le taux d'hygrométrie pouvait aller jusqu'à 90 % et ceci avec des zones de condensation au niveau des parois.

Des teneurs en  $\text{NH}_3$  élevées : au-dessus de 30 ppm, ont été observées dans quelques élevages et ceci notamment dans le cas de salle avec stockage du lisier sous les animaux sur de longue période (supérieure à la bande) ou dans une salle avec recyclage de l'air.

Alors que la teneur de l'air en  $\text{NH}_3$  ne constitue par un bon indicateur du niveau de ventilation, le taux de  $\text{CO}_2$  reflète assez bien ce critère, une salle ayant de fortes chances d'être sous ventilée quand le taux dépasse 5000 ppm.

Il est à noter que si nous calculons les valeurs du taux d'hygrométrie et de  $\text{CO}_2$ , en nous basant sur les données de la Commission Internationale du Génie Rural (CIGR) et des taux de renouvellement de l'air observé, les valeurs calculées sont inférieures à celles mesurées. Ceci est lié aux faits que :

- les données de la CIGR sont des valeurs moyennes sur 24 h alors que nos mesures ont été réalisées après les repas alors que les animaux sont en activité,
- le  $\text{CO}_2$  et la vapeur d'eau émanant des lisiers ne sont pas pris en compte dans les tables de la CIGR.

Le taux minimum de renouvellement de l'air doit permettre le maintien des températures à des valeurs supérieures à 22/ 23°C sans qu'il y ait de la condensation sur les parois, ce qui exige une bonne isolation sans présence de ponts thermiques.

### 3. CONCLUSIONS ET PROPOSITIONS D'UNE METHODE DE DIAGNOSTIC D'UNE SALLE D'ENGRASSEMENT

Lors de cette étude, il ne nous a pas été possible de lier nos observations aux performances zootechniques des animaux étant donné que celles-ci n'étaient pas connues avec précision et que les conditions d'obtention étaient très différentes les unes des autres. La mesure des affections pulmonaires par le biais de comptages de toux aurait pu constituer un critère judicieux, mais mis à part deux élevages le nombre de quintes de toux enregistré était insignifiant.

Néanmoins, la comparaison des mesures de certains paramètres physiques à des valeurs par ailleurs connues nous

permet de proposer une démarche pour juger de la qualité d'une salle d'engraissement et d'y apporter des remèdes dans le cas d'un mauvais fonctionnement.

Les observations et mesures minimales vont porter sur :

- l'aire de vie : surface affectée par animal et longueur d'auge ;
- l'isolation thermique par le calcul des déperditions surfaciques par porc ;
- le boîtier de régulation de la ventilation :
  - comparaison de la température mesurée au thermomètre près de la sonde à celle lue au boîtier,
  - contrôle de la linéarité des pourcentages de ventilation,
  - réalisation de la courbe indiquant l'évolution de la tension aux bornes du ventilateur en fonction de la plage,
  - détermination du débit maximum par lecture de tables établies au ban d'essais et mesures des pertes de charges au manomètre ou au dépressomètre,
  - mesures des vitesses moyennes en amont ou en aval des ventilateurs au minimum, au maximum et en quelques points de la plage et détermination des débits correspondants ;
- observations sur les circuits d'air à l'aide de fumigènes et mesures des sections d'entrée d'air dans la salle, détection des entrées parasites ;
- mesures sur les paramètres d'ambiance :
  - mesures des températures maxi et mini à 1,50 m du sol sur quelques jours,
  - mesures au psychromètre fronde de la température auprès de la sonde de commande et au point de chute,
  - mesures à l'anémomètre à fil chaud des vitesses maximum de l'air au point de chute.

La mesure de l'hygrométrie des taux de  $\text{NH}_3$  et surtout de  $\text{CO}_2$  sont des observations facultatives permettant d'apprécier le niveau du taux de renouvellement de l'air.

La principale difficulté réside dans la détermination des débits des ventilateurs, l'originalité de la méthode proposée réside dans l'approche par la mesure des contre-pressions statiques.

### REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ANDA pour son soutien financier qui a permis de mener à bien ce travail ainsi que les éleveurs des groupements de producteurs ARCO, COOPERL, COOPAGRI, DYNAL et PRESTOR qui nous ont permis de réaliser des observations dans leurs élevages.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- PETHERICK J.C., BAXTER S.H., 1981. CIGR Section II Seminar - 75-82.
- CLARK J.A. 1981, Environmental of housing for animal production. Butterworth.
- GRANIER R. CHOSSON C., RETIF E., ROUSSEAU P., 1989. Journées Rech. Porcine en France, 21, 245-252.
- GRANIER R., GUEZOU P., MASSABIE P., ROUSSEAU P., 1991. Journées Rech. Porcine en France, 23, 1-10.
- WOODS 1969, Guide pratique de ventilation DUNOD. Ed. PARIS.