

## APPRÉCIATION GLOBALE DE QUELQUES SYSTÈMES DE VENTILATION POUR UNE PORCHERIE

### Étude du principe d'entrée d'air par faux plafond

R. GRANIER (1), P. GUEZOU (2), P. MASSABIE (1), P. ROUSSEAU (3)

(1) I.T.P. - Station Expérimentale - Les Cabrières - 12200 Villefranche de Rouergue.

(2) ANAVELEC - Z.A. Penprat - 29600 Ste Sève.

(3) I.T.P. - Pôle Techniques d'Élevage - B.P. 3 - 35650 Le Rheu.

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence les circuits d'air et les gradients thermiques générés par différents systèmes de ventilation de porcheries d'engraissement. Les observations se sont déroulées dans un module expérimental conçu à cet effet où la présence des porcs est simulée.

Les principaux résultats montrent l'efficacité des gaines isolées d'admission de l'air neuf sur l'homogénéité thermique du bâtiment à condition que la variation de la section des bouches d'entrée soit asservie au taux de renouvellement. Par ailleurs, l'installation de plafonds diffuseurs à section d'entrée de l'air variable permet de mieux maîtriser la vitesse de l'air au niveau des animaux, les panneaux de fibres pouvant aussi créer un environnement climatique favorable.

De plus, une valeur explicative du fonctionnement physique de l'installation, noté E.D.H.C. et résultant des expérimentations est proposée. Elle exprime, en équivalent degré, l'Effet Dépressif dû à l'hétérogénéité thermique et à la vitesse de l'air induits pour chaque système étudié.

#### **Gross estimation of some ventilation systems in a piggery : general study about air intake through false ceiling.**

The aim of the study is to reveal air circuits and heat gradients generated by different ventilation systems in fattening piggeries. Observations are taking place in an experimental unit especially built where the presence of pigs is simulated.

The main results show the efficiency of insulated fresh air intake ducts on heat homogeneity inside the piggery, on condition that the variation of the opening valve area is adapted to the air make up rate. Moreover a plant with diffuser ceilings with variable air intake valve area allow better control of the air velocity around the animals ; fibre boards can also create favourable climatic environment.

Further on, an explanative value to estimate the plant physical running called E.D.H.C. - value and resulting from the experimentation is proposed. It gives in equivalent degree the Lowering Effect due to heat heterogeneity and to air velocity induced for each system concerned.

## INTRODUCTION

Lors d'une précédente étude, nous avons mis en évidence les règles qui régissent le cheminement de l'air et ses caractéristiques. De plus, dans un module physique conçu à cet effet, certains systèmes de ventilation de porcherie ont été abordés dans leur ensemble (GRANIER, 1989), notamment ceux qui mettent en oeuvre l'entrée de l'air par gaine isolée.

L'analyse de ces premiers résultats a fait apparaître plusieurs éléments importants déterminant le cheminement de l'air dans les porcheries. En effet, de simples trous percés dans la gaine d'admission induisent une hétérogénéité climatique non négligeable au niveau des animaux. Par contre, la variation de la surface d'admission en fonction du débit, qu'elle soit mécanisée ou non, apporte une amélioration certaine dans l'évolution des circuits d'air et des températures d'une porcherie.

Dans le présent rapport, nous abordons l'étude des systèmes dont le principe consiste à faire circuler l'air dans un comble et traverser un faux plafond, isolé ou non, afin de le diffuser sur une très grande surface.

Par ailleurs, nous analyserons globalement l'ensemble des systèmes étudiés afin de déterminer pour chacun d'eux les points faibles tant au niveau de l'homogénéité des températures que de la vitesse de déplacement de l'air, induites par l'installation, au niveau des animaux.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les expérimentations se sont déroulées à la station expérimentale de Villefranche de Rouergue dans le module physique conçu à cet effet.

### 1.1 Le laboratoire expérimental

Pour permettre la réalisation d'expérimentations sur les systèmes d'entrée de l'air par plafond diffuseur, le laboratoire expérimental simulant une salle transversale type de porcherie sur caillebotis intégral où il est possible de loger 60 porcs à l'engrais, les cases étant disposées sur un rang (figure 1), a fait l'objet de quelques modifications. Le plafond plat, isolé avec des plaques de mousse de polyuréthane (épaisseur égale à 5 cm) enrobées de papier aluminisé, a été rehaussé de 42 cm. Ainsi, la hauteur totale disponible est de 2,70 m à partir du caillebotis. Le plafond diffuseur est suspendu à 0,55 m des plaques d'isolant, ceci représentant l'espace libre pour la circulation de l'air neuf. Par conséquent, la distance séparant l'entrée de l'air et le caillebotis est égale à 2,15 mètres (figure 2).

### 1.2 Les équipements

Aucune modification n'a été apportée sur les équipements du laboratoire expérimental :

- ventilation par dépression avec le ventilateur placé en bout de la gaine d'extraction située sous le couloir,
- groupe de réfrigération situé à l'amont de l'admission de l'air permettant de maintenir la température de l'air neuf au niveau désiré pendant la durée d'une expérimentation (variation de 2 à 3°C),

- simulation de la présence des animaux à l'aide de bidons cylindriques remplis d'eau dont la température de surface est maintenue à 32°C (température cutanée moyenne du porc) grâce à des thermoplongeurs thermostatés.

### 1.3 Les mesures

- *Mesure des températures* : vingt quatre sondes supplémentaires ont été installées dans le laboratoire (sondes en verre nu, 100  $\Omega$  à 0°C, l = 10 mm,  $\phi$  = 1,6 mm, temps de réponse égal à 7 secondes pour atteindre la moitié de la valeur de l'écart de température). Au total quarante sept sondes sont reliées à un micro-ordinateur enregistrant en continu les températures sur la durée d'une expérimentation :
  - 19 sondes dans un carroyage régulier, à 20 cm au dessus des porcs artificiels,
  - 18 sondes à 1,20 m du caillebotis,
  - 2 sondes de contact sur un bidon pour contrôler la température de surface,
  - 4 sondes au niveau du plafond diffuseur,
  - 4 sondes près du caillebotis.

FIGURE 1  
VUE EN PLAN DU MODULE EXPÉRIMENTAL

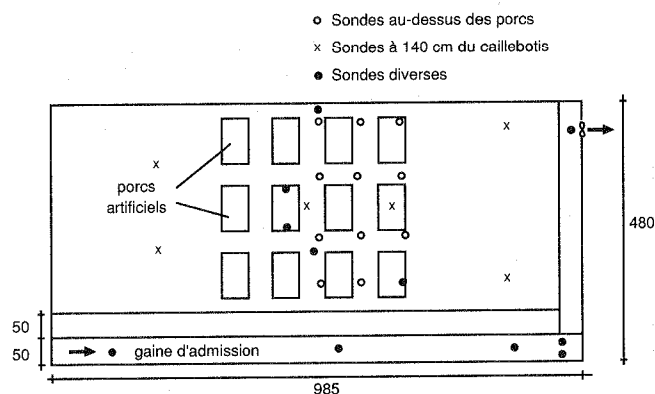
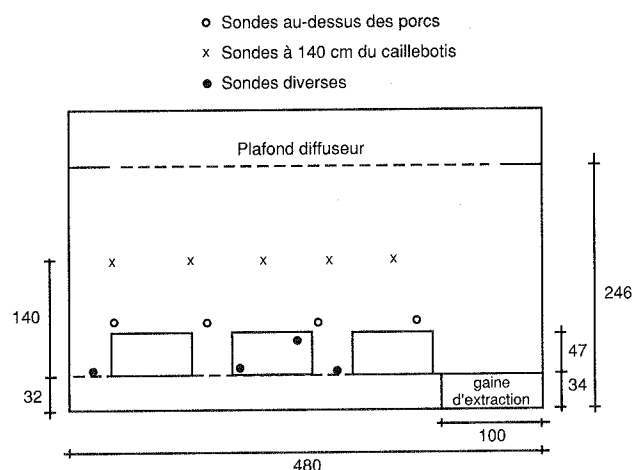


FIGURE 2  
VUE EN COUPE DU MODULE EXPÉRIMENTAL



**Nota :** Certaines sondes peuvent être déplacées et, en fonction du système étudié, positionnées dans la trajectoire du jet..

- *Appréciation du circuit et de la vitesse de l'air :* la trajectoire de l'air est matérialisée à l'aide de tubes fumigènes (marque DRAEGER BRANDT, type CA 25031). Sa vitesse est mesurée grâce à un appareil portable de type SOLOMAT auquel est reliée une sonde anémométrique à fil chaud (précision :  $\pm 5\%$  de la valeur lue).

#### 1.4 Déroulement expérimental

Deux principes de plafond diffuseur sont testés :

- Plafonds diffuseurs dont la surface d'entrée de l'air est constante :
  - plaques d'isolant perforées,
  - panneaux fibragglos de type FIBRALITH,
  - film aluminium perforé de type CELLOPLAST.
- Plafonds diffuseurs dont la surface d'entrée de l'air est variable :
  - plaques d'isolant sur lequel sont positionnées des réglettes PVC de type CUSTERS (deux positions),
  - plaques d'isolant raboutées par des réglettes de liaison PVC de type VENTISOL.

Pour chaque système, les manipulations sont réalisées à différents débits et différents  $\Delta t$  (écart entre la température de l'air ambiant et la température de l'air neuf). La surface de diffusion peut aussi varier.

La prise des mesures débute dès que les paramètres physiques sont stabilisés. Les températures mentionnées repré-

sentent la moyenne des valeurs enregistrées toutes les trois minutes.

#### 1.5 Présentation des résultats - Conventions

D	Renouvellement horaire de la salle (m <sup>3</sup> /h)
V	Vitesse initiale du jet à la bouche d'admission (m/s)
$\Delta t$	Ecart entre la température ambiante et la température de l'air neuf (°C)
$t_a$	Température ambiante représentant la moyenne des températures relevées aux sondes placées à 1,20 m du sol (°C)
$t_p$	Température moyenne au niveau des animaux (°C)
$\delta t$	Ecart entre la température moyenne du jet au point de chute et la température ambiante (°C)
stp	Ecart-type des températures recueillies au niveau des animaux
sta	Ecart-type des températures relevées à 1,20 m du sol
VM	Vitesse maximale du jet au point de chute (m/s).

## 2. RÉSULTATS

### 2.1 Les plafonds diffuseurs présentant une surface d'entrée de l'air constante

*Le plafond isolé et perforé :*

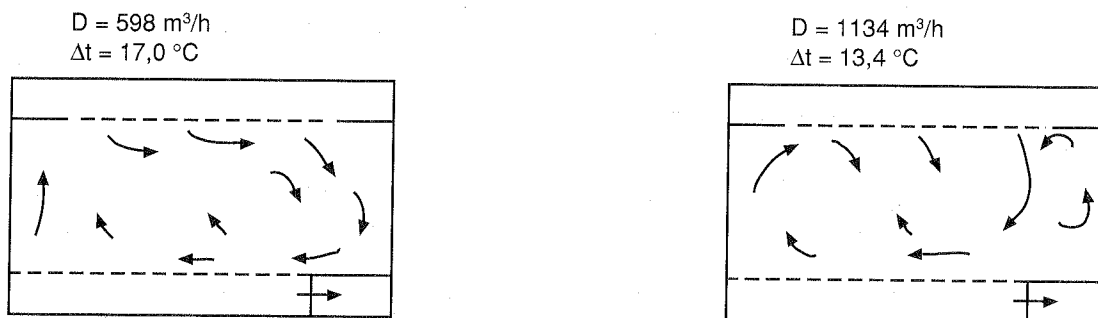
Il est constitué de plaques de mousse de polyuréthane d'épaisseur égale à 3 cm. Des trous d'un diamètre égal à 3 cm sont répartis sur toute la surface. Au total, 270 trous représentant une section de 32 cm<sup>2</sup> par porc matérialisent l'entrée de l'air. Pour un débit de 60 m<sup>3</sup>/h/porc, la vitesse maximale de passage de l'air à travers les trous est de 5,2 m/s. Sur toute la périphérie du plafond, une bande de 70 cm de large n'est pas perforée.

**TABLEAU 1**  
RÉSULTATS CLIMATIQUES

D (m <sup>3</sup> /h)	$\Delta t$ (°C)	$V_e^*$ (m/s)	VM (m/s)	$t_a$ (°C)	$t_p$ (°C)	sta	stp	$\delta t$ (°C)
598	17,0	0,87	0,23	22,0	22,1	1,00	1,30	-2,6
1237	6,2	1,80	0,23	23,6	23,4	0,69	0,68	-1,3
1134	13,4	1,65	0,36	23,2	22,7	1,20	1,40	-2,5
2280	7,5	3,30	0,34	21,4	21,7	0,68	1,00	-1,3

\* Vitesse moyenne de l'entrée de l'air

**FIGURE 3**  
ÉVOLUTION DES CIRCUITS D'AIR POUR UN PLAFOND PERFORÉ



Pour de faibles débits ( $\approx 600 \text{ m}^3/\text{h}$ ) l'analyse des résultats du tableau 1 fait apparaître une hétérogénéité importante des températures au niveau des porcs (stp = 1,30), la zone la plus froide se situant côté entrée d'air. Lorsque les débits sont plus élevés, on constate également une très forte hétérogénéité climatique (stp  $\geq 1,00$ ).

Le cheminement de l'air est différent selon le débit imposé. A faible renouvellement horaire, la chute de l'air est « amortie » par le dégagement de chaleur des animaux, l'air neuf se dirigeant alors vers le couloir pour ensuite circuler horizontalement au niveau des animaux. Mais le cheminement de l'air n'est pas homogène sur toute la profondeur de la salle. Près de l'entrée, il arrive plus rapidement sur les porcs, la vitesse de pénétration dans la salle diminuant au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'admission. Pour des débits plus élevés, les

circuits d'air deviennent plus homogènes. Remarquons que le réchauffement de l'air dans le comble est très faible (2 à 3°C.)

#### Le plafond de panneau fibragglo (type FIBRALITH) :

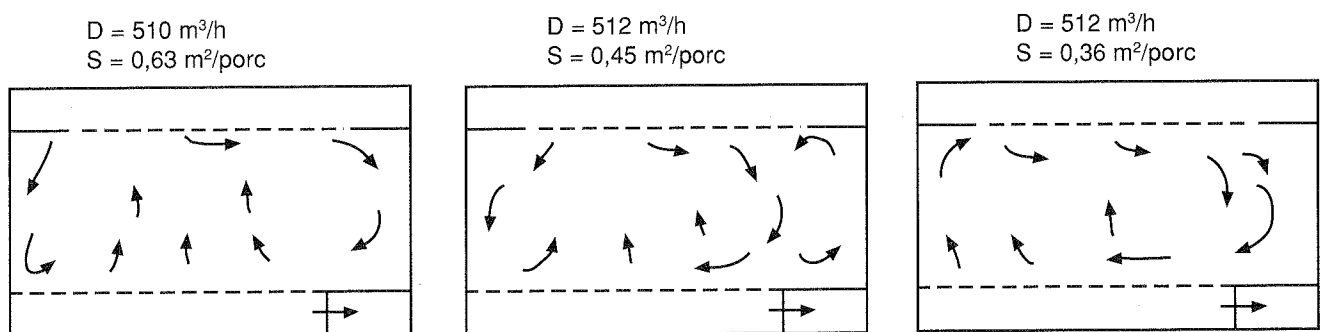
Il s'agit d'un matériau constitué de fibres fines de bois résineux, enrobées de liant ciment blanc dans lequel a été incorporé en fabrication un film régulateur de diffusion d'air. Les panneaux de 2,5 cm d'épaisseur sont posés bord à bord et le jointement réalisé à la mousse de polyuréthane injectée. Ce matériau nécessite un solivage susceptible de recevoir la surcharge occasionnée par le plafond diffuseur dont le poids est de 12,5 kg par m.

Au cours de cette expérimentation, la surface de plafond diffuseur par animal est un facteur de variation.

TABLEAU 2  
RÉSULTATS CLIMATIQUES

Surface de panneau (m <sup>2</sup> )/porc)	D (m <sup>3</sup> /h)	$\Delta t$ (°C)	VM (m/s)	ta (°C)	tp (°C)	sta	stp	$\delta t$ (°C)
0,63	510	13,9	0,10	25,5	25,6	0,25	0,31	-0,6
0,45	512	16,3	0,10	26,1	25,6	0,25	0,22	-0,4
0,36	512	18,0	0,26	25,2	25,3	0,28	0,33	-0,6
0,63	1084	11,7	0,10	24,3	24,6	0,39	0,44	-0,9
0,45	1054	12,1	0,22	24,5	24,6	0,40	0,30	-0,4
0,36	1064	14,7	0,29	23,7	23,8	0,38	0,54	-0,8
0,63	1995	8,1	0,23	20,8	21,0	0,31	0,28	-0,6
0,45	1944	8,0	0,43	24,3	24,4	0,38	0,45	-0,7
0,36	1944	9,5	0,29	22,1	22,3	0,60	0,64	-0,8

FIGURE 4  
ÉVOLUTION DES CIRCUITS D'AIR POUR UN PLAFOND DIFFUSEUR DE TYPE FIGRAGGLO



L'observation des résultats du tableau 2 montre que quelle que soit la surface de plafond diffuseur mise en oeuvre par animal, le climat au niveau des animaux reste homogène malgré une légère dégradation lorsque la surface est réduite.

Pour de faibles débits (500 m<sup>3</sup>/h) et lorsque le  $\Delta t$  est élevé (18°C), le réchauffement de l'air neuf dans le comble est d'environ 8°C. Etant donné la structure du matériau, l'homogénéité de la répartition de l'air n'a pu être mesurée. Les vitesses de l'air relevées au niveau des animaux sont faibles.

Il est à noter que ces mesures ont été effectuées dans une atmosphère non poussiéreuse, ce qui n'est pas le cas en

porcherie d'engraissement. Le fait qu'un léger recyclage de l'air peut se mettre en place risque de modifier sensiblement le comportement de ce matériau en utilisation normale par le dépôt de micro-poussières à l'intérieur des fibres.

**Le film aluminium perforé de type CELLOPLAST :** Le plafond diffuseur est constitué d'un film aluminium perforé et tendu à 2,15 m du caillebotis. Deux types de film ont fait l'objet de mesures (ACC1 et ACC2).

D'après le constructeur, le film ACC1 offre une perméabilité à l'air de 1,2 %, alors que pour le ACC2 elle est de 2,3 %.

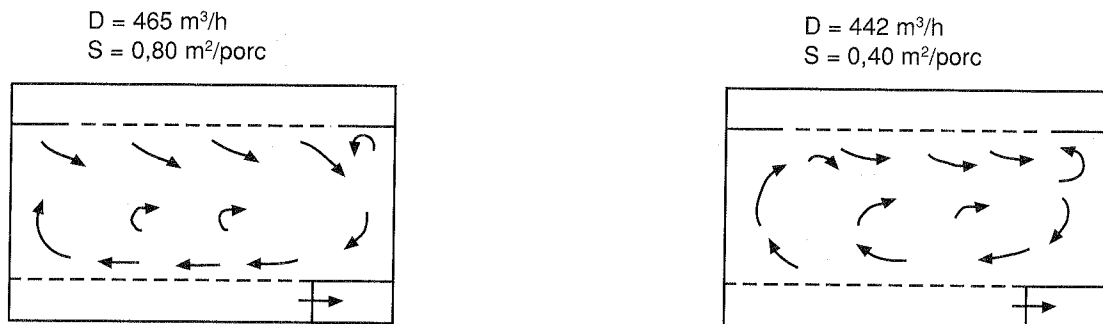
**TABLEAU 3**  
RÉSULTATS CLIMATIQUES - TYPE ACC1

Surface de panneau (m <sup>2</sup> /porc)	D (m <sup>3</sup> /h)	Δt (°C)	VM (m/s)	ta (°C)	tp (°C)	sta	stp (°C)	δt
0,80	465	18,3	0,35	23,9	23,9	0,88	0,75	-2,3
0,40	442	17,9	0,30	21,5	21,4	0,83	0,84	-1,4
0,80	900	15,6	0,39	21,0	21,0	1,30	1,25	-1,9
0,40	880	15,5	0,32	19,2	19,4	1,10	0,88	-2,3
0,80	1820	9,9	0,34	18,0	17,9	0,87	0,86	-1,0

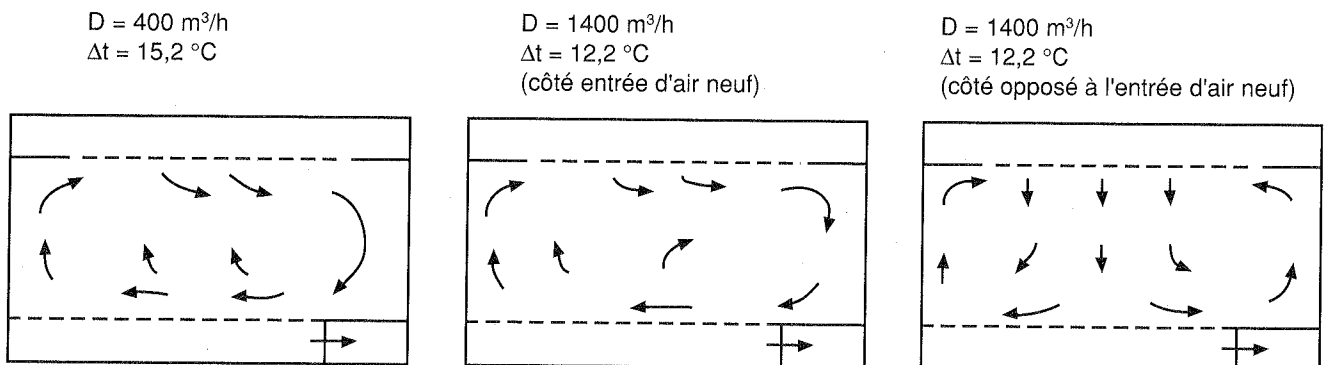
**TABLEAU 4**  
RÉSULTATS CLIMATIQUES - TYPE ACC2

Surface de panneau (m <sup>2</sup> /porc)	D (m <sup>3</sup> /h)	Δt (°C)	VM (m/s)	ta (°C)	tp (°C)	sta	stp	δt (°C)
0,40	400	15,2	0,15	20,8	21,2	0,90	0,90	-1,1
0,40	1400	12,2	0,25	19,5	20,0	1,29	1,34	-2,0
0,40	2860	7,7	0,40	18,6	18,9	1,33	1,50	-2,0

**FIGURE 5**  
ÉVOLUTION DES CIRCUITS D'AIR POUR UN PLAFOND DIFFUSEUR DE TYPE CELLOPLAST - ACC1



**FIGURE 6**  
ÉVOLUTION DES CIRCUITS D'AIR POUR UN PLAFOND DIFFUSEUR DE TYPE CELLOPLAST - ACC2



Quel que soit le type utilisé, à faible débit, les circuits d'air dans le bâtiment sont homogènes malgré une vitesse d'entrée hétérogène (0,4 m/s près de l'entrée et 0,2 m/s à l'opposé). Par contre, à débit plus élevé (1400 m<sup>3</sup>/h), le circuit d'air est différent d'un bout à l'autre du bâtiment, ceci étant nettement marqué pour le type ACC2 (figure 6).

L'analyse des résultats des tableaux 3 et 4 fait apparaître une hétérogénéité des températures importantes au niveau des animaux (stp > 0,8) pour toutes les situations étudiées.

Cela est dû à une vitesse d'entrée de l'air neuf hétérogène ainsi qu'au réchauffement de l'air au fur et à mesure de son avancement dans le comble. La conjonction de ces deux paramètres accentue l'hétérogénéité climatique au niveau ambiant et près des porcs. De plus, le type ACC1 engendre des vitesses élevées près du caillebotis.

## 2.2 Les plafonds diffuseurs isolés présentant une surface d'entrée de l'air variable grâce à des réglettes de ventilation PVC

Les réglettes de ventilation type CUSTERS : à 2,15 m du caillebotis, des grilles de ventilation de type CUSTERS sont installées sur le plafond de panneaux isolants d'épaisseur égale à 3 cm.

Deux positions, une hiver une été, permettent la variation de la section d'entrée de l'air de 1 à 4 (respectivement 5 mm et 20 mm).

Au total, six longueurs de 3,28 m de grilles de ventilation sont également réparties sur le plafond, soit 0,33 ml par porc, représentant une section d'entrée de l'air égale à 16,5 cm<sup>2</sup> par porc en position hiver et 66 cm<sup>2</sup> par porc en position été.

FIGURE 7  
SCHÉMA DE LA GRILLE DE VENTILATION DE TYPE CUSTERS

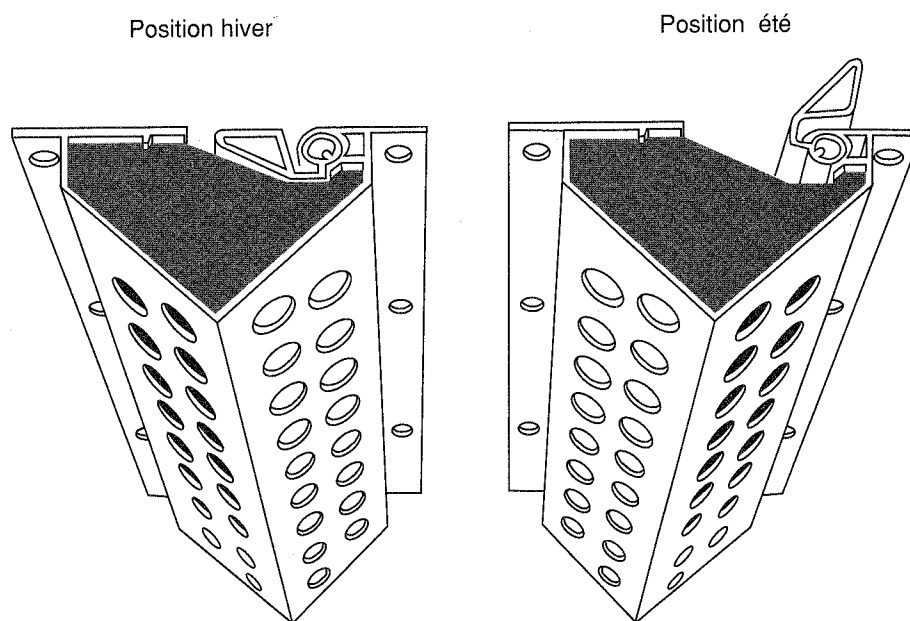
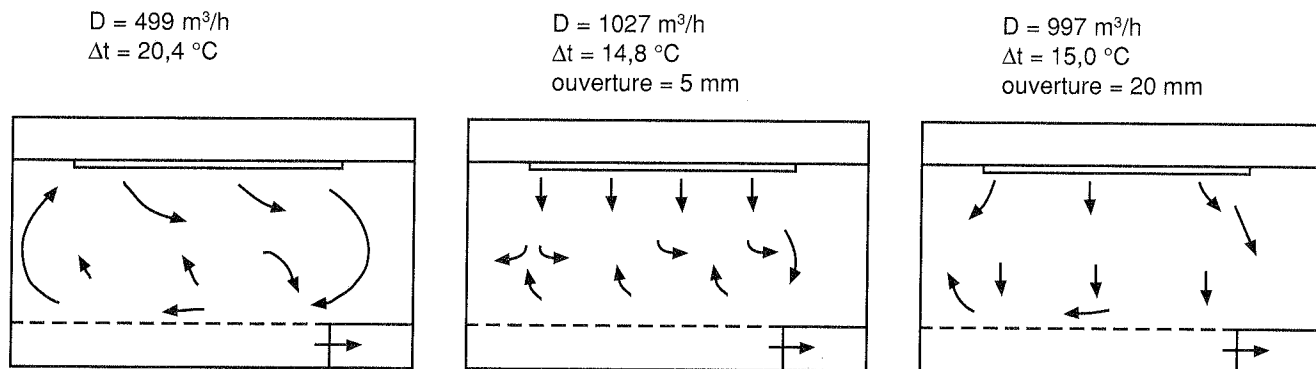


TABLEAU 5  
RÉSULTATS CLIMATIQUES

Ouverture de la grille (mm)	D (m <sup>3</sup> /h)	$\Delta t$ (°C)	VM (m/s)	$t_a$ (°C)	$t_p$ (°C)	sta	stp	$\delta t$ (°C)
5	499	20,4	0,26	21,2	21,3	0,30	0,49	-1,0
20	997	15,0	0,25	24,9	25,1	1,20	1,03	-1,8
5	1027	14,8	0,28	25,0	25,1	0,90	0,90	-1,5
20	1955	6,8	0,25	28,4	28,8	0,93	1,03	-1,0

**FIGURE 8**  
ÉVOLUTION DES CIRCUITS D'AIR POUR UN PLAFOND DIFFUSEUR AVEC DES RÉGLETTES PVC DE TYPE CUSTERS



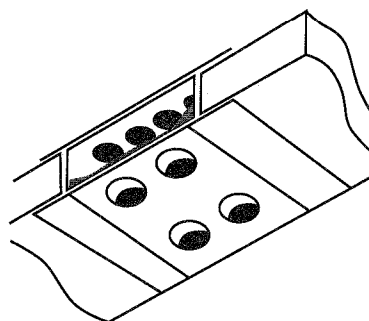
Dans ce résultat d'essai, la température au niveau des porcs est homogène ( $stp = 0,49$ ) pour des débits de renouvellement d'air de  $500 \text{ m}^3/\text{h}$  (tableau 5). A débit plus élevé ( $\approx 1000 \text{ m}^3/\text{h}$ ), les températures deviennent hétérogènes ( $stp \geq 0,90$ ). Remarquons la constance des vitesses d'air quel que soit le débit.

Toutefois, pour des débits de  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ , l'hétérogénéité climatique s'accroît lorsque la surface d'ouverture augmente. De plus, l'air tombe directement sur les animaux (figure 8). Le passage de la position hiver (5 mm) à la position été (200 mm), ou inversement, doit être rigoureusement contrôlé afin de bien maîtriser les conditions climatiques de l'environnement du porc. L'automatisation de ce système est à envisager et pourrait être pilotée par un dépressomètre.

Les réglettes de ventilation type VENTISOL : c'est un profil perforé en matière plastique qui permet d'introduire l'air dans le bâtiment en maîtrisant la vitesse par la variation de la section

des orifices (figure 9). Dans le même temps, il sert de support au faux plafond de mousse de polyuréthane de 3 cm d'épaisseur. Les profils sont disposés tous les 1,20 m. Le constructeur recommande d'utiliser 0,4 ml de profil par porc. Ainsi 30 mètres linéaires ont été installés dans le faux plafond à 2,15 m du caillebotis.

**FIGURE 9**  
SCHÉMA DU PROFILÉ VENTISOL



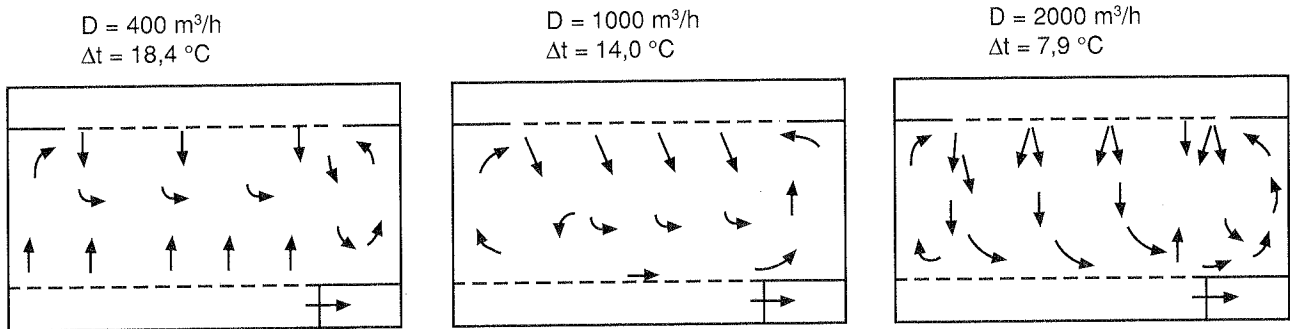
**TABLEAU 6**  
RÉSULTATS CLIMATIQUES

Longueur de ventisol (ml/porc)	Ouverture de ventisol (mm)	D ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	$\Delta t$ ( $^\circ\text{C}$ )	VM (m/s)	$t_a$ ( $^\circ\text{C}$ )	$t_p$ ( $^\circ\text{C}$ )	$sta$	$stp$	$\delta t$ ( $^\circ\text{C}$ )
0,50	1*	503	17,6	0,15	21,3	21,5	0,58	0,55	-1,4
0,40	1*	400	18,4	0,20	21,2	21,4	0,77	0,56	-1,0
0,33	1*	410	17,3	0,25	22,0	22,2	0,43	0,37	-0,9
0,50	15**	1000	16,2	0,33	21,3	21,5	0,72	0,76	-1,8
0,40	6	1000	14,0	0,15	19,0	19,6	0,45	0,48	-1,1
0,50	9	2336	7,4	0,35	17,4	17,6	0,39	0,55	-0,6
0,40	9	2000	7,9	0,25	19,1	19,1	0,55	0,54	-1,3
0,50	15**	2000	14,4	0,36	18,9	19,3	1,00	0,95	-1,3
0,50	9	2336	12,0	0,35	17,0	17,2	0,60	0,84	-1,1

\* Profilé Ventisol fermé

\*\* Profilé Ventisol totalement ouvert

**FIGURE 10**  
ÉVOLUTION DES CIRCUITS D'AIR POUR UN PLAFOND DIFFUSEUR ÉQUIPÉ DE PROFILS PVC TYPE VENTISOL



A faibles débits ( $\approx 400 \text{ m}^3/\text{h}$ ), lorsque la longueur de ventisol par porc augmente, la lecture du tableau 6 montre que la vitesse de l'air au niveau des animaux diminue. Mais on constate par ailleurs une légère détérioration de l'homogénéité thermique, certainement due à un mauvais équilibre des débits au niveau des profilés PVC.

Pour des débits équivalents à  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ , l'ouverture totale du profilé entraîne une augmentation de la vitesse d'air et de l'hétérogénéité climatique au niveau des porcs.

Lorsque les débits de renouvellement se situent aux environs de  $2000 \text{ m}^3/\text{h}$ , la vitesse près du sol est sensiblement identique quelle que soit l'ouverture, mais l'hétérogénéité climatique est augmentée avec une ouverture maximum (sta = 1,00 au lieu de 0,60).

Ces résultats montrent l'intérêt de la mise en place d'une régulation automatique de la variation de la section d'entrée de l'air en relation avec le débit de renouvellement.

### 3. ANALYSE GLOBALE DES RÉSULTATS - DISCUSSION

Pour apprécier un système de ventilation dans son ensemble, caractérisé «in fine» par l'environnement climatique (température et vitesse de l'air) qu'il génère au niveau de l'animal, il nous

est apparu nécessaire de mieux préciser la notion d'Effet Dépressif évoquée lors de la précédente étude.

En effet, chaque système induit, près des animaux, à la fois une hétérogénéité des températures plus ou moins importante selon les installations (et leur qualité de mise en oeuvre) matérialisée par l'écart type, et des zones où la vitesse d'écoulement de l'air est différente.

Par ailleurs, une ambiance isotherme peut être concomitante avec un déplacement de l'air néfaste pour les porcs ou inversement, mais aussi cumuler les deux défauts ou les deux qualités.

Ces deux paramètres doivent donc être intégrés dans la notion d'Effet Dépressif.

A partir des données de CLARK (1981) traduisant l'influence de l'augmentation de la vitesse sur le confort thermique des porcs, il est possible d'exprimer la vitesse maximale au point de chute en Equivalent Degré. La figure 11 représente ces différentes valeurs pour des animaux vivant en groupe et d'un poids moyen de 20 kg et de 60 kg.

Notons qu'une augmentation de la vitesse d'air de 0,1 m/s a proportionnellement plus d'effet à 0,2 m/s qu'à 1 m/s et que la sensibilité de l'animal diminue avec l'augmentation du poids.

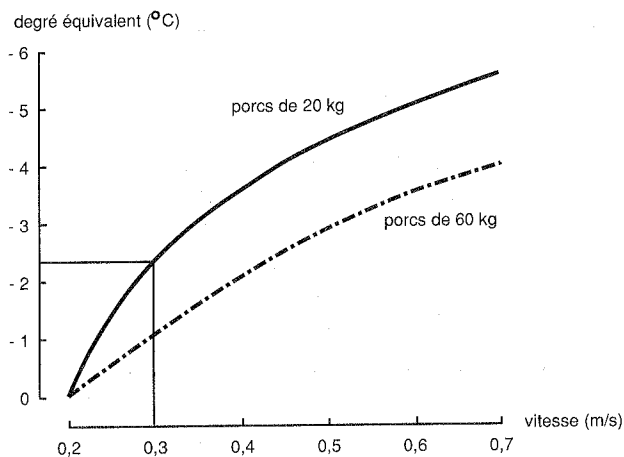
L'effet dépressif s'entend pour des animaux vivant dans la zone de neutralité thermique. Ce raisonnement peut donc s'appliquer essentiellement pour un faible débit (minimum de renouvellement d'air), son augmentation étant liée à l'élévation de la température ambiante, le rôle de la ventilation étant alors d'évacuer la production de chaleur sensible du porc.

Ainsi, un système de ventilation caractérisé par une vitesse de l'air au point de chute de 0,3 m/s induira un effet dépressif de 2,3 E.D. (équivalent degré) pour des animaux entrant en phase d'engraissement.

Si ce même système, pour les températures mesurées au niveau des porcs, présente un écart-type égal à 0,5, l'hétérogénéité thermique prise en compte sera égale à 2 (quatre fois l'écart-type).

Dans nos conditions expérimentales, nous avons constaté qu'aux zones froides étaient associées des vitesses de déplacement de l'air élevées. Donc il convient, pour apprécier globalement un système de ventilation dans son ensemble, d'additionner les effets dépressifs dus à la vitesse et à la température. Par conséquent, dans l'exemple choisi, l'effet dépressif du système sera égale à 4,3 ED (2,3 + 2,0).

**FIGURE 11**  
ÉVOLUTION DE L'EFFET DÉPRESSIF (en équivalent degré) EN FONCTION DE LA VITESSE D'AIR POUR DES PORCS VIVANT EN GROUPE DE 15 SUR FLAT DECK (porcelets) OU SUR BÉTON NU (porcs charcutiers) ET RECEVANT TROIS FOIS LA RATION D'ENTRETIEN PAR JOUR (adapté de CLARK, 1981)





Le tableau 7 présente la synthèse des résultats climatiques de différentes situations expérimentées en module physique (entrée d'air par gaine avec un jet horizontal et entrée d'air par plafond), dans le cadre des deux études menées à la station expérimentale.

L'examen de ces résultats permet de distinguer deux éléments d'appréciation des systèmes de ventilation : l'hétérogénéité climatique due à la température d'une part et l'hétérogénéité climatique due à la vitesse d'air d'autre part.

*Hétérogénéité climatique due à la température* : elle est fonction de l'écart type observé lors des expérimentations. L'analyse des résultats du tableau 7 montre une variation relativement importante de l'hétérogénéité thermique selon les principes étudiés (0,9 à 5,2). Les systèmes qui mettent en oeuvre une gaine d'entrée de l'air isolée paraissent mieux répartir l'air dans le bâtiment (HCT compris entre 0,9 et 1,7) que les types d'entrée d'air par plafond diffuseur (HCT compris entre 0,9 et 5,2). Seuls le plafond isolé muni de réglettes Ventisol et le plafond de fibres type Fibralth présentent des variations de températures similaires (HCT égal respectivement à 0,9 ou 1,3 et 1,7). Les plafonds mettant en oeuvre de simples orifices induisent une hétérogénéité thermique importante. C'est la conséquence d'une mauvaise distribution du

débit d'entrée de l'air. Il en est ainsi pour les installations de type Celloplast (HCT = 3,0 ou 3,6) ou pour le plafond percé de trous de diamètre égal à 3 cm (HCT = 5,2). En fait la perte de charge créée par l'entrée de l'air n'est pas suffisante pour permettre une bonne répartition de l'air, la surface d'ouverture étant trop élevée pour les faibles débits. De plus, le réchauffement de l'air au fur et à mesure de son avancement dans le comble pour des plafonds non isolés peut-être un élément défavorable.

*Hétérogénéité climatique due à la vitesse* : elle est fonction du maximum de vitesse observé lors des expérimentations. A l'inverse de l'hétérogénéité thermique, on note, en règle générale, une hétérogénéité climatique due à la vitesse, plus élevée pour les installations avec gaine d'entrée d'air que pour les plafonds diffuseurs (HCV variant respectivement de 2,3 à 3,6 et de 0,2 à 3,0). En fait, dans le cas de gaines, le flux d'air est beaucoup plus important à la bouche : il a donc une portée plus grande et il conserve une partie de sa vitesse initiale. Il est à remarquer que certains systèmes génèrent des vitesses d'air au niveau des animaux très faibles, bien souvent inférieures à 0,20 m/s. C'est le cas notamment des plafonds de type Fibralth, Celloplast (0,4 m de ACC2 par porc) et Ventisol (0,5 mètre linéaire par porc).

**TABLEAU 7**  
EFFETS DÉPRESSIFS DUS À L'HÉTÉROGÉNÉITÉ CLIMATIQUE POUR DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE VENTILATION

Type d'entrée d'air	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Δt (°C)	stp	(1) HCT (ED)	VM (m/s)	(2) HCV (ED)	(3) EDHC (ED)
<b>Entrée d'air par gaine</b>							
Bouches à section constante	400	18,5	0,42	1,7	0,4	3,6	5,3
Volets LEP	435	14,7	0,23	0,9	0,3	2,3	3,2
Bouches à section variables (moté réducteur)	585	15,3	0,41	1,6	0,3	2,3	3,9
<b>Entrée d'air par plafond diffuseur</b>							
Plafond isolé perforé (Øtrous = 3 cm)	598	17,0	1,30	5,2	0,23	0,2	5,4
Plafond de fibres type FIBRALITH (0,36 m <sup>2</sup> /porc)	512	18,0	0,33	1,3	0,26	1,6	2,9
Plafond de fibres type FIBRALITH (0,45 m <sup>2</sup> /porc)	512	16,3	0,22	0,9	0,10	0,0	0,9
Film aluminium CELLOPLAST type ACC1 (0,8 m <sup>2</sup> /porc)	465	18,3	0,75	3,0	0,35	3,0	6,0
Film aluminium CELLOPLAST type ACC2 (0,4 m <sup>2</sup> /porc)	400	15,2	0,90	3,6	0,15	0,0	3,6
Plafond isolé avec réglettes type CUSTERS (0,33ml/porc)	499	20,4	0,49	2,0	0,26	1,6	3,6
Plafond isolé avec réglettes type VENTISOL ((0,5ml/porc)	503	17,6	0,55	2,2	0,15	0,0	2,2
Plafond isolé avec réglettes type VENTISOL (0,33ml/porc)	410	17,3	0,43	1,7	0,25	1,4	3,1

(1) HCT : hétérogénéité climatique due à la température exprimée en équivalent degré

(2) HCV : hétérogénéité climatique due à la vitesse de l'air exprimée en équivalent degré

(3) EDHC : effet dépressif d'un système de ventilation dû à l'hétérogénéité climatique exprimé en équivalent degré.

EDHC = HCT + HCV

## CONCLUSION

La réponse zootechnique des animaux aux différents cas étudiés n'étant pas connue, la note EDHC (Effet Dépressif dû à l'hétérogénéité climatique, exprimé en Equivalent degré) ne peut être utilisée comme élément de comparaison ou de classification des systèmes, mais doit être considérée comme étant une valeur explicative du fonctionnement physique du système de ventilation dans son ensemble. De plus, les expérimentations s'étant déroulées à l'intérieur d'un module sans animaux, les résultats ne préjugent en rien du comportement dans la durée de certaines installations en porcherie, notamment pour les plafonds non isolés qui peuvent être générateurs de condensations, ou les plafonds de fibres dont la sensibilité à la poussière et à l'humidité n'a pas été étudiée.

En conclusion cette étude apporte des éléments de réponse sur la mise en oeuvre, le fonctionnement et la conduite de quelques systèmes de ventilation. Nous retiendrons l'efficacité des gaines d'admission de l'air sur l'homogénéité thermique du bâtiment à condition que la variation de la section des bouches soit asservie au taux de renouvellement d'air de la porcherie. L'installation de plafonds diffuseurs à section d'entrée de l'air variable permet de mieux maîtriser la vitesse de l'air au niveau des animaux, les panneaux de fibres pouvant eux aussi apporter un environnement climatique favorable.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les sociétés ANAVELEC, CELLOPLAST, FIBRALITH, RECTICEL, pour la mise à disposition de leur matériel.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CLARK J.A., 1981. Environmental of housing for animal production. Butterworths, 511 p.

- GRANIER R., CHOSSON C., RETIF E., ROUSSEAU P., 1989. Journées Rech. Porcine en France, 21, 245-252.